

# Scuola di speleologia di Cagliari della **CNSS-SSI**



**Speleo Club di Cagliari**

## *Meteorologia per escursionisti*

*Paolo Salimbeni*



**Comitato  
Esecutivo  
Regionale  
Sardegna**

**Commissione  
Nazionale  
Scuole  
di Speleologia**



**Edizione 7E8<sub>11</sub>**

## Testi Tecnici

Prima edizione: 10 / 2019

Ultima edizione: 11 / 2024



### ***Da leggere***

Questa Dispensa, indirizzata agli escursionisti, oltre le informazioni di base che già sono presenti in numero credo adeguato (si possono sempre ed aumentare, introducendone alcune mancanti, e completare, perfezionando quelle già presenti), contiene anche e nozioni e riflessioni e valutazioni e consigli sulla previsione del tempo; questi ultimi aspetti, si stanno lentamente ampliando.

L'Autore sarà grato a tutti quelli che gli segnaleranno eventuali od *errori* od *imprecisioni* (sono graditi anche e *consigli* e *opinioni*).

Paololuigi Salimbeni via P. Cavarò, 73 09131 Cagliari  
cellulare: +39 3493897629  
e-mail: [p.salimba@gmail.com](mailto:p.salimba@gmail.com)

Questa ed altre dispense, sempre dello stesso Autore, nel sito di **Paolo Salimbeni** «<http://www.paolosalimbeni.it>»; vedi in: **Dispense**.

Dello stesso Autore, e nel medesimo sito, alcune presentazioni in **PowerPoint**; vedi in: **Presentazioni**.



Paolo Salimbeni

### **Copyright © Paolo Salimbeni**

Tutti i diritti sono riservati, a norma di legge ed a norma delle convenzioni internazionali; nessuna parte dell'opera può essere riprodotta, tradotta o diffusa, in qualsiasi forma o sistema (per fotocopia, microfilm, supporti magnetici, o qualsiasi altro procedimento), o rielaborata o trasmessa, con l'uso di sistemi elettronici, senza l'autorizzazione scritta dell'autore. . . . **o no ?!**

All rights reserved, no part of this book may be reproduced, who may quote brief passages or reproduce illustrations in un review with appropriate credit; nor ay any part of this book be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means electronic, photocopying, recording, or other without permission in writing from the Author. . . . **or not ?!**

# Meteorologia per escursionisti

## Definizione

La **meteorologia**, [dal greco μετεωρολογία, composizione di (τὰ) μετέωρα «i fenomeni celesti» (*metéōros* meteora) e -λογία «-logia» (*lógos* discorso)], è il ramo delle scienze dell'atmosfera che studia i fenomeni fisici che avvengono nella troposfera terrestre e che sono responsabili del tempo atmosferico; lo studio dell'atmosfera è lo studio sia dei suoi parametri fondamentali sia delle leggi fisiche sia dei processi che intercorrono tra essi come e temperatura ed umidità e pressione atmosferiche e radiazione solare.

Questi parametri sono i responsabili dell'originarsi delle correnti d'aria che si registrano nella troposfera e che prendono il nome di **vento**.

In dorgalese **meteorologia** si chiama: **metereologia**.

## Un poco di storia

Tralasciamo i primi tentativi di prevedere il tempo, compiuti dagli antichi babilonesi nel «III ÷ II» millennio a.C., poiché si sono fermati alla *protoscienza*.

Nel 340 a.C. il e scienziato e filosofo e logico greco **Aristotele** (o 384 a.C. o 383 a.C. – 322 a.C.), in greco antico: Ἀριστοτέλης, Aristotélēs, scrisse il libro *Μετεωρολογικά* (in italiano **Meteorologica**), che possiamo considerare il primo tentativo, di cui abbiamo traccia scritta, di spiegare, con ed osservazioni e speculazioni, i fenomeni ed *atmosferici* e *celesti*.

Il e filosofo e botanico greco e discepolo di Aristotele **Teofrasto** (371 a.C. – 287 a.C.), in greco antico: Θεόφραστος, *Theóphrastos*, scrisse il primo trattato, a noi noto, dal titolo: **Il libro dei segni**, sui segni della pioggia, dei venti, delle tempeste e del bel tempo (*De signis, περὶ σημείων ὑδάτων καὶ πνεμάτων καὶ χειμῶνων εὐδιῶν*).

Il suo nome era in realtà **Tirtamo**, ma fu Aristotele stesso a chiamarlo Teofrasto per la grazia e la soavità del suo eloquio.

Il suo fu, quasi sicuramente, il primo testo sulle previsioni del tempo ed egli, può essere considerato, a ragione, il precursore di tutti i meteorologi.

All'epoca dell'antica Roma, lo e scrittore e naturalista e filosofo naturalista e comandante militare romano **Gaio Plinio Secondo** (23 d.C. - 79 d.C.), in latino *Gaius Plinius Secundus*, conosciuto come **Plinio il Vecchio**, scrisse il **Libro II** della **Naturalis Historia**, un trattato naturalistico in forma enciclopedica; il e geografo e scrittore romano **Pomponio Mela** (I secolo d.C. – 43 d.C.) introdusse il sistema delle zone climatiche.

Da segnalare anche i tentativi, da parte del e filosofo e drammaturgo e politico romano **Lucio Anneo Seneca** (4 a.C. – 65 d.C.), in latino *Lucius Annaeus Seneca*, di interpretare e gli arcobaleni ed i tuoni ed i venti ed i fulmini.

Ai tempi della dinastia cinese **Han** (80 d.C.) il e meteorologo ed astronomo e filosofo cinese **Wang Chong** (27 a.C. 97 d.C.), cinese 王充 pinyin *Wáng Chōng*, effettuò una serie di studi sui fenomeni e meteorologici e fisici di una certa rilevanza.

Nel Medioevo le previsioni del tempo venivano elaborate utilizzando come riferimento la posizione e di pianeti e di stelle.

In questo periodo storico nacquero gli *almanacchi* che, in un primo tempo, erano tavole astronomiche utili per ottenere il giorno della settimana riferito a qualunque era, ma che, in seguito, divennero pubblicazioni *multi-settoriali* con annesse previsioni per gli agricoltori.

Tra gli scritti più significativi si ricordano i trattati sulla meteorologia del e fisico e astronomo e matematico e filosofo ed astrologo arabo **Abū Yūsuf Ya'qūb ibn Ishāq al-Kindī** (801 – 873), in arabo أبو يوسف يعقوب بن اسحاق الكندي (nome latinizzato **Alchindus**).

Si ricordano altresì i trattati del e fisico e matematico e logico e filosofo persiano **Ibn Sīnā** (980 – 1037), alias **Abū 'Alī al-Ḥusayn ibn 'Abd Allāh ibn Sīnā** o **Pur-Sina**, più noto in occidente come **Avicenna**, in persiano ابن سینا.

**Avicenna** fu il primo a impiegare un termometro, per misurare la temperatura dell'aria nei suoi esperimenti scientifici.

Merita di essere menzionato l'esperimento, compiuto nel 1025, del e fisico ed astronomo e matematico e filosofo e medico arabo **Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham** (965 – 1039), in arabo أبو علي الحسن بن الحسن بن الهيثم, per misurare l'altezza dell'atmosfera; nell'Europa medievale era conosciuto col nome di **Alhazen**.

Egli comprese che la penombra che si osserva e prima e dopo il e sorgere e tramontare del Sole è causata dalla riflessione dei raggi solari da parte delle particelle che compongono l'atmosfera.

Effettuo, pertanto, la misura della durata di tale fenomeno e, attraverso semplici calcoli trigonometrici, giunse alla conclusione, *molto* errata, che lo spessore dell'atmosfera fosse di soli «74 km».

Si deve altresì citare l'opera del reverendo inglese **William Merle**, rettore di Driby, che eseguì le prime registrazioni meteorologiche giornaliere che andarono dal *gennaio 1337* al *gennaio 1344*; il Merle, oltre a ciò, scrisse un trattato, sulla previsione del tempo, rifacendosi a varie fonti esistenti, da Aristotele a Virgilio, da Plinio a Tolomeo.

Ulteriori progressi in campo meteorologico si verificarono tra ed il *Cinquecento* ed il seicento, quando furono disponibili strumenti più accurati.

Nel 1648 il francese **Florin Périer** (1605 – 1672) scoprì la dipendenza della pressione atmosferica dall'altitudine con un esperimento effettuato secondo le indicazioni fornitgli e da **Cartesio** e da suo cognato, il e fisico e matematico e scrittore francese **Blaise Pascal** (1623 – 1662).

Nel 1654 il Granduca di Toscana **Ferdinando II de' Medici** (1610 - 1670), istituì la prima rete meteorologica al mondo comprendente stazioni di rilevamento ed italiane e straniere; si trattava del primo tentativo di raccolta sistematica di dati ed osservativi e descrittivi e strumentali provenienti da luoghi geografici diversi.

Nel 1657 (il 19 giugno) venne fondata a Firenze l'**Accademia Fiorentina del Cimento**, nella quale un gruppo di scienziati, finanziati da **Ferdinando II de' Medici**, iniziò a indagare l'atmosfera con il *metodo scientifico-sperimentale* organizzando, per la prima volta, un osservatorio meteorologico internazionale in cui una rete di studiosi, sparsi su tutto il territorio europeo, ricevuta la necessaria strumentazione dagli scienziati fiorentini, si assunse il compito di registrare le informazioni riguardanti i parametri atmosferici fondamentali (pressione, temperatura, umidità, vento, stato del cielo) e di inviarli successivamente a Firenze.

Nel 1686 il e climatologo e geofisico e meteorologo e fisico e matematico ed astronomo inglese **Edmond Halley** (1656 - 1742), a volte scritto **Edmund**, pubblicò la prima mappa dei venti alisei e approfondì la relazione tra pressione atmosferica ed altitudine che era stata scoperta da **Florin Périer**; Halley fu il primo a fare la connessione tra riscaldamento solare e circolazione atmosferica globale.

Alcuni anni dopo, fu il e fisico e matematico svizzero **Leonhard Euler**, noto in Italia come **Eulero** (1707 - 1783), a riscrivere le equazioni sul moto dei corpi, elaborate dal e fisico e matematico ed astronomo e filosofo naturale e teologo e alchimista inglese **Isaac Newton** (1642 – 1726), ponendole in una forma idonea a descrivere anche i moti atmosferici.

In questi anni, e la **Royal Society** in Gran Bretagna e l'**Accademia delle Scienze** in Francia realizzarono altri due osservatori internazionali.

Nel 1730 il e cartografo ed esploratore danese **Vitus Jonassen Bering** (1681 - 1741), noto anche come **Ivan Ivanovič Bering**, impiantò stazioni di rilevamento anche in Siberia.

Nel 1735 il e meteorologo e avvocato inglese **George Hadley** (1685 – 1768), eseguì uno studio sugli alisei con cui poté, in seguito, fornire una corretta spiegazione generale della circolazione atmosferica globale,

#### Curiosità

Questo è il motivo per cui la particolare circolazione atmosferica, che si presenta nella cella tropicale, prende il nome di cella di Hadley.

Nel 1787 il e scienziato e matematico ed inventore francese **Jacques Alexandre César Charles** (1746 – 1823), anticipò di alcuni anni la scoperta della relazione tra e temperatura e volume e pressione dei gas che sarebbe poi diventata universalmente nota come **legge di Gay-Lussac**, dal nome del suo scopritore e fisico e chimico francese **Joseph Louis Gay-Lussac** (1778 – 1850).

Nel XIX secolo fu compresa la piena estensione dell'interazione a larga scala tra la forza del gradiente di pressione e la deflessione prodotta dalla forza di Coriolis, dal nome del fisico francese **Gaspard-Gustave de Coriolis** (1792 – 1843), che causa il movimento delle masse d'aria lungo le isobare.

#### Curiosità

La **deflessione** prese questo nome con riferimento a una pubblicazione di Gaspard-Gustave Coriolis che nel 1835 descriveva i risultati di uno studio sull'energia prodotta da macchine con parti in rotazione, come le ruote ad acqua dei mulini

Nel 1856, il meteorologo statunitense **William Ferrel** (1817 – 1891) ipotizzò l'esistenza di una *cella di circolazione* alle latitudini intermedie, in cui l'aria veniva deflessa dalla forza di Coriolis creando i principali venti occidentali; questa cella fu, in seguito, battezzata cella di Ferrel.

Sempre nel XIX secolo, il meteorologo olandese **Christophorus Henricus Diedericus Buys Ballot** (1817 – 1890) formulò la regola, che poi prese il nome di **legge di Buys Bal-**

**lot**, la quale afferma che un osservatore nell'emisfero boreale piazzato spalle al vento si trova l'area di depressione davanti a sinistra e di alta pressione dietro a destra,

Nel 1922 il matematico ed astronomo e statistico inglese **Harold Jeffreys** (1891 - 1989) propose una classificazione delle masse d'aria atmosferiche, distinguendole in cicloni e brezze locali.

Nello stesso anno, il meteorologo e fisico e matematico e psicologo inglese **Lewis Fry Richardson** (1881 - 1953) pubblicò l'articolo ***Weather prediction by numerical process*** (Previsioni del tempo per processi numerici), che descriveva come eliminare le varianti meno importanti nelle equazioni di dinamica dei fluidi che regolano i flussi atmosferici per permettere di trovare facilmente soluzioni numeriche; purtroppo inutilizzabili prima dell'evento dei calcolatori elettronici.

Nel 1947 il meteorologo statunitense **Jule Gregory Charney** (1917 - 1981) suggerì il meccanismo noto come instabilità baroclina, che spiega la ciclogenesi; il modello venne perfezionato da Eric Eady nel 1949.

Nel 1949 si ottennero le prime previsioni del tempo attendibili, elaborando i dati meteorologici tramite il colossale computer Eniac.

#### Curiosità

L'ENIAC è stato il primo calcolatore ad e valvole termoioniche ed interruttori a releis; costituito da «18 000» valvole termoioniche, collegate da «500 000» contatti saldati a mano, «1 500» releis e una dissipazione termica di «200  $\text{kW/h}$ ».

Occupava uno spazio di «180  $\text{m}^2$ » e pesava «30 t» (t = tonnellate).

Era in grado di memorizzare solo 20 numeri di 10 cifre, ma possedeva una notevole capacità di calcolo; al suo primo test riuscì, in meno di un secondo, a moltiplicare il numero «97 367» per se stesso per «5 000» volte.

Negli anni sessanta, il meteorologo e matematico statunitense **Edward Norton Lorenz** (1917 - 2008) comprese la natura caotica dell'atmosfera; da allora divenne noto come il fondatore dell'odierna teoria del caos.

Gli avanzamenti matematici ottenuti in questo campo furono ripresi dalla meteorologia e aiutarono a stabilire il limite di *predicibilità* del modello atmosferico; questo limite è riassunto nella nota locuzione di *effetto farfalla* (*butterfly effect*)

Dagli Anni sessanta in poi l'evoluzione della meteorologia è tutta nell'affinamento dei modelli meteorologici e delle relative tecniche numeriche e statistiche di elaborazione (*ensemble forecasting*) fino all'ottenimento dei risultati attuali nell'odierna previsione meteorologica divenuta via via sempre più affidabile.

Attualmente, possiamo affermare che tra tutte le previsioni numeriche quelle valide tra le «24» e le «48» ore possono considerarsi abbastanza attendibili, quelle valide da tre fino a sette giorni sono sicure, ma pur sempre utilizzabili, in linea di massima, quanto meno come linea di tendenza.

### I primi strumenti meteorologici

A seguire, una breve cronologia sulla storia dei primi strumenti atti a misurare i parametri basilari dell'atmosfera.

Intorno al 1430, il matematico e umanista e filosofo e giurista tedesco **Nicola Cusano** (1401 - 1464), noto anche o come **Niccolò Cusano** o **Niccolò da Cusa**, in latino o *Nicolaus Cusanus* o *Nicolaus de Cusa*, in tedesco *Nikolaus Krebs von Kues* o *Nikolaus Chrypffs*, propose di misurare l'umidità dell'aria mediante la differenza di peso di una balla di lana: l'igroscopio.

Nel 1450 il matematico e umanista e filosofo e crittografo e linguista e scrittore italiano **Leon Battista Alberti** (1404 - 1472), ha inventato l'anemometro; era costituito da una tavoletta mobile, la cui inclinazione forniva una misura dell'intensità del vento.

Nel 1500 il fisico ed astronomo e matematico e filosofo ed accademico italiano **Galileo Galilei** (1564 - 1642), inventò il termometro ad acqua.

Intorno al «1500» lo scienziato ed inventore ed artista italiano **Leonardo di Vinci** (1452 - 1519) costruì un igrometro meccanico.

Nel «1643» il fisico e matematico italiano **Evangelista Torricelli** (1608 - 1647), inventò il *tubo di Torricelli*, definito poi barometro dal fisico e presbitero francese e abate e priore di Saint-Martin-sous-Beaune **Edme Mariotte** (1620 - 1684).

Qualche anno più tardi sia il fisico e matematico e filosofo e teologo francese Blaise Pascal (1623 - 1662) sia il matematico e filosofo francese **René Descartes**, in Italia noto come **Cartesio** (1596 - 1650), scoprirono la legge della diminuzione della pressione atmosferica con l'altezza.

Nel 1639 il fisico e matematico ed accademico e monaco benedettino italiano **Benedetto Castelli** (1578 - 1643), al secolo **Antonio Castelli**, descrisse, in una lettera indirizzata all'amico Galileo Galilei il primo pluviometro (utilizzato poi anche come evaporimetro).

*Preso un vaso di vetro, di forma cilindrica, alto un palmo in circa e largo mezzo palmo, notai*

*diligentemente il segno dell'altezza dell'acqua del vaso, e poi l'esposi all'aria aperta a ricevere l'acqua della pioggia, che ci cascava dentro . . .*

Nel 1664 il medico e filosofo italiano **Giuseppe Folli** (1624 – 1685) inventò uno strumento per misurare l'umidità che chiamò: **Mostraria**.

Nel 1719 il fisico ed ingegnere tedesco **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686 – 1736), propose la prima scala di temperature.

Nel 1742 il fisico ed astronomo svedese **Anders Celsius** (1701 – 1744), propose la scala centigrada delle temperature.

Nel 1780 il fisico e geologo svizzero **Horace Bénédict de Saussure** (1740 - 1799), realizzò il primo igrometro a capello, utilizzando capelli umani.

Nel 1837 l'inventore e storico e pittore statunitense **Samuel Finley Breese Morse** (1791 – 1872) inventò e brevettò il telegrafo che, anche se non è uno strumento meteorologico, permetteva di potersi scambiare informazioni su *tempo* e *clima* con velocità prima ineguagliata.

Nel 1926 il fisico e meteorologo canadese **John Patterson** (1872 - 1956) costruì l'anemometro a tre coppette attualmente in uso.

Nel 1930 il meteorologo russo sovietico **Pavel Alexandrovich Molchanov** (1893 -1941), in russo Павел Александрович Молчанов, inventò la radiosonda che fu portata ad alta quota da un pallone sonda per raccogliere informazioni meteorologiche; la radiosonda presentava il vantaggio di rendere subito disponibili i dati, senza dovere attendere il recupero del pallone.

Nel 1959 venne lanciato per la prima volta il razzo Arcas, un razzo-sonda per lo studio dell'alta atmosfera, che poteva portare una radiosonda ad una quota non raggiungibile dai palloni sonda.

Nel 1960 (1° aprile), il lancio del TIROS-1, il primo satellite meteorologico funzionante, di una serie di dieci satelliti, segnò l'inizio di un'era di diffusione globale delle informazioni meteorologiche; l'ultimo fu posto in orbita nel 1965.

Negli anni settanta hanno cominciato ad essere usati sempre più i radar meteorologici.

### **Alcuni fra gli eventi meteo estremi più letali della storia**

Il **ciclone tropicale** che ha mietuto più vittime è stato il ciclone che ha colpito il Bangladesh tra il «12 ÷ 13» novembre del 1970.

In questo caso le vittime sono state 300 000; questo ciclone prese il nome di *Great Bho-la Cyclone* e provocò così tante vittime principalmente per l'**effetto storm surge** associato che travolse le coste affacciate sul Golfo del Bengala.

#### **Precisazioni**

L'effetto **storm surge** è l'aumento anomalo del livello marino (può interessare anche i grandi laghi) associato, tipicamente, ad un ciclone tropicale.

Tale crescita del livello del mare è causata, in primo luogo, dall'effetto dei fortissimi venti che determina il sovrapporsi delle onde in prossimità della costa.

Il **tornado** più violento si è verificato in Bangladesh il 26 aprile del 1989, quando perse la vita «1 300» persone, con «12 000» feriti e più di 80 mila senza casa.

Le vittime associate ad un **fulmine diretto**, caduto il 23 dicembre 1975 nel distretto di Manikganj, in Bangladesh, sono state 21.

Circa il «90%» delle abitazioni nelle zone a sud del Sahara non sono a prova di fulmine; per questo migliaia di persone dentro e case e scuole restano vulnerabili alle intemperie.

Il numero sale se si considerano le vittime associate agli **effetti indiretti di un fulmine**; in questo caso morirono 469 persone a Dronka, in Egitto, il 2 novembre 1994.

Qui un fulmine colpì tre taniche contenenti «5 000 tonnellate» di carburante ognuna; subito dopo, queste taniche collassarono sulla ferrovia, per effetto dell'alluvione lampo provocata dai forti temporali, ed il materiale in fiamme fu trasportato dall'acqua nel vicino villaggio di Dronka, dove persero la vita «469» persone.

Infine, la **grandinata** più violenta della storia si è verificata nei pressi di Moradabad, India, il 30 aprile 1888 quando per i *chicchi di grandine grandi quanto arance* persero la vita «246» persone e «1 600» capi di bestiame.

Lo **tsunami** nell'Oceano Indiano del «2004» è stato un evento catastrofico che ha colpito diversi paesi che si affacciano sull'Oceano Indiano; il 26 dicembre 2004, un terremoto sottomarino di magnitudo «9.1 ÷ 9.3» si è verificato al largo della costa di Sumatra, in Indonesia.

Il terremoto ha causato una serie di potenti onde che si sono propagate verso l'esterno, causando devastazione nelle regioni costiere di paesi come ed Indonesia e Sri Lanka ed India e Thailandia e Somalia; lo tsunami ha ucciso oltre «230,000 persone» e ha causato ingenti danni ed alle infrastrutture ed alle case ed ai mezzi di sussistenza.

Il **temporale** più potente del mondo è avvenuto nel «2014» in India, e precisamente nella città di Ooty; a documentarlo sono stati i ricercatori del **Tata Institute of Fundamental Research** di Mumbai che, nel loro studio pubblicato sulle pagine di **Physical Review Letters**, hanno dimostrato come il temporale abbia prodotto un potenziale elettrico di «1,3 miliardi di volt» ( $1,3 \bullet 10^9$  V).

Un vero e proprio record, dato che corrisponde a un valore di «10 volte» superiore a quello del temporale più potente registrato in precedenza.

# L'atmosfera

## Premessa

L'**atmosfera** (dal greco *ἀτμός* - *atmòs* - "vapore" e *σφαῖρα* - *sphàira* - "sfera") è un involucro gassoso che circonda un corpo celeste, le cui molecole sono trattenute dalla forza di gravità del corpo stesso; l'atmosfera terrestre è, ovviamente, lo strato gassoso che circonda la nostra Terra, l'unico che sarà soggetto di questa Dispensa.

La massa totale dell'atmosfera terrestre è di « $\approx 5.14 \cdot 10^{18}$  kg» di cui « $\approx 1,25 \cdot 10^{16}$  kg» di vapor d'acqua.

Oltre il «99%» dell'atmosfera, che ci protegge dalle radiazioni ultraviolette, grazie alla fascia dell'ozono ( $O_3$ ), si trova entro i primi «30 km» dalla superficie terrestre.

## Gli strati atmosferici

L'atmosfera viene comunemente suddivisa in regioni determinate dalla variazione locale della temperatura con la quota.

➤ **La troposfera:** è lo strato più basso dello spessore di circa «8 km ÷ 18 km», a seconda e della latitudine e della stagione (ai poli circa «8 km ÷ 10 km», alla latitudine di 45° circa «11 km ÷ 12 km», all'equatore circa «16 km ÷ 18 km»), in cui è presente una quantità di vapor d'acqua sufficiente a permettere la formazione di nubi ed in cui avvengono tutti i fenomeni atmosferici osservabili dalla superficie terrestre.

Il gradiente termico, ovvero la variazione della temperatura con la quota, è mediamente di 6,5 °C (o parimenti 6,5 K) ogni chilometro « $6,5 \text{ }^\circ\text{C}/1 \text{ km}$ ».

Il confine della *troposfera* con lo strato ad essa superiore, la *stratosfera*, è chiamato **tropopausa**.

**La tropopausa:** è l'interstrato, in cui vi è una temperatura di -50 °C ÷ -55 °C, con un massimo in corrispondenza dei poli ed un minimo in corrispondenze dell'equatore; segna il limite delle formazioni nuvolose che provocano precipitazioni e da esso inizia il fenomeno dell'inversione termica

➤ **La stratosfera:** è lo strato che si estende fino a circa «50 km» d'altezza ed in cui l'aria è notevolmente più rarefatta rispetto a quella della troposfera; i suoi componenti chimici presentano lo stesso rapporto percentuale, ma la quantità e di pulviscolo e di vapor d'acqua diminuisce progressivamente.

A partire dai «20 km» d'altezza, la temperatura aumenta all'aumentare della quota, producendo un'inversione termica, e finendo per essere una barriera alla penetrazione dei moti verticali che si generano all'interno della *troposfera*; a «30 km» di quota la temperatura è di circa «-45 °C».

Sono, comunque, sempre possibili alcuni rimescolamenti sia in alcune regioni sia in alcuni periodi (o primaverili o invernali); questi rimescolamenti modificano la geometria delle correnti a getto (jet stream) in cui la velocità dell'aria supera i «180 km • h<sup>-1</sup> km/h».

Alle quote intorno ai «24 km», o subito prima dell'alba o subito dopo il tramonto, si possono osservare le *nubi madreperlacee*; tali nubi sembra siano associate a venti in quota particolarmente violenti ed a profonde depressioni.

Il confine della *troposfera* con lo strato ad essa superiore, la *mesosfera*, è chiamato **stratopausa**.

**La stratopausa:** è l'interstrato al cui limite, «50 km» di quota, la temperatura può raggiungere anche «+17 °C»; questo riscaldamento è dovuto all'assorbimento dei raggi ultravioletti da parte dell'ozono (per questa ragione la *stratopausa* viene chiamata anche *ozonosfera*).

➤ **La mesosfera:** raggiunge «80 km» di quota; in essa gli elementi gassosi sono estremamente rarefatti e la pressione scende a valori irrilevanti ed anche l'ozono diminuisce fino a scomparire.

La temperatura ricomincia a calare con l'aumentare della quota fino a raggiungere i circa «-90 °C» nella *mesopausa*, dove ha inizio una nuova inversione termica.

A queste quote l'aria è troppo secca per permettere la formazione delle normali nubi, tuttavia, a latitudini molto elevate, ed all'alba ed al tramonto, è possibile, talvolta, osservare una rara varietà di nubi: le *nubi nottilucenti*, formate probabilmente da cristalli di ghiaccio che rifrangono la luce del tramonto, visibili alle alte latitudini e che si presentano come lunghe bande parallele di colore variante fra l'argento ed il bianco azzurro.

Il confine della *mesosfera* con lo strato ad essa superiore, la *termosfera*, è chiamato **mesopausa**.

➤ **La termosfera:** si innalza fino a « $\approx 800$  km» di quota in cui la percentuale dei suoi componenti varia sensibilmente rispetto agli strati precedenti con una diminuzione della densità e un aumento della temperatura con l'aumento della quota dovuto alla maggiore intensità della radiazione solare fino a raggiungere i «1 500 °C» nella *termopausa*.

L'**esosfera**: è lo strato più esterno dell'atmosfera, che si estende fino a « $\approx 1\,000\text{ km}$ » di quota, in cui l'aria raggiunge il massimo e di rarefazione (si può incontrare una molecola ogni chilometro cubo « $\frac{1\text{ molecola}}{\text{m}^3}$ ») e di temperatura.

➤ **La frangia**: si estende oltre l'*esosfera* ed è la zona in cui le particelle gassose tendono a sfuggire dal campo gravitazionale terrestre.

### Riepilogando

Strati	Quota
Frangia	$> 1\,000\text{ km}$
Esosfera	$800\text{ km} \div 1\,000\text{ km}$
Termosfera - Termopausa	$80\text{ km} \div 800\text{ km}$
Mesosfera - Mesopausa	$50\text{ km} \div 80\text{ km}$
Stratosfera - Statopausa	$18\text{ km} \div 50\text{ km}$
Troposfera - Tropopausa	$0\text{ km} \div 18\text{ km}$

### In alternativa

Vi è un altro modo di classificare gli strati atmosferici, sulla base della loro composizione; si parlerà, quindi, di:

**Omosfera**: o **turbosfera** compresa fra « $0\text{ km} \div 100\text{ km}$ ».

È uno strato praticamente omogeneo di gas dove la composizione dell'aria in termini percentuali rimane pressoché costante a causa dei rimescolamenti turbolenti.

L'*ommosfera* include, in generale, e la *troposfera* e la *stratosfera* e la *mesosfera*, oltre le relative zone di separazione: la *tropopausa*, la *statopausa*, la *mesopausa*.

**Eterosfera**: compresa fra « $80\text{ km} \div 1\,000\text{ km}$ ».

È uno strato in cui predomina la diffusione a causa della elevata rarefazione dell'aria e, pertanto, della sua bassissima densità; gli atomi più pesanti stanno più in basso e quelli più leggeri più in alto.

L'*eterosfera* include, in generale, e la *termosfera* e l'*esosfera*, oltre le relative zone di separazione: la *termopausa*, l'*esopausa*; l'*eterosfera* include anche la *frangia*.

**Ionosfera**: compresa fra « $60\text{ km} \div 450\text{ km}$ ».

È la fascia dell'atmosfera nella quale le radiazioni del Sole, e in misura molto minore i raggi cosmici provenienti dallo spazio, provocano la ionizzazione dei gas componenti; appartiene parzialmente sia alla *mesosfera* sia alla *termosfera* o, parimenti, sia alla *ommosfera* sia alla *eterosfera*.

**Elettrosfera**: compresa fra « $15\text{ km} \div 20\text{ km}$ ».

In condizioni di instabilità, il **campo elettrico atmosferico** subisce delle forti fluttuazioni che portano generalmente a disporre le cariche positive al suolo e le cariche negative alla base delle nubi sovrastanti.

**Chemosfera**:

È la regione dell'atmosfera terrestre in cui si verificano reazioni fotochimiche ed inizia da una quota di circa « $20\text{ km}$ ».

Per alcuni meteorologi sarebbe limitata alle regioni e della *troposfera* e della *mesosfera*, inclusa la parte più bassa della *termosfera*, fino ad arrivare ad una quota di circa « $150\text{ km}$ ».

Per altri, per contro, comprenderebbe tutta la restante parte dell'atmosfera.

Riportiamo i valori medi della composizione chimica volumetrica percentuale dell'**aria secca e pulita** dell'atmosfera, pubblicati in **Airconditioning and ventilation of buildings** di **D. J. Croome-Gale & B. M. Roberts**.

componenti	simbolo	% in volume
<b>Azoto</b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>78,084*</b>
<b>Ossigeno</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>20,946*</b>
<b>Argon</b>	<b>Ar</b>	<b>0,934*</b>
<b>Anidride carbonica</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>0,033*</b>
Neon	Ne	0,001 80
Elio	He	0,000 53
(CH <sub>4</sub> ), (K), (Kr)	-	0,000 10
Idrogeno	H <sub>2</sub>	0,000 05
Protossido d'azoto	N <sub>2</sub> O	0,000 03
Altri elementi		solo tracce

\* La precisione raggiungibile, nelle determinazioni, consente di fornire solo le prime tre cifre decimali

Lo strato dell'atmosfera che interessa la meteorologia è la troposfera la cui composizione è riportata in **Meteorologia** di **Raffaele Salerno**.

gas e particelle	simbolo	% in volume	ppm
Vapore acqueo	H <sub>2</sub> O	0 ÷ 4	
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	0,037	368
Metano	CH <sub>4</sub>	0,000 17	1,7
Ossido nitroso	N <sub>2</sub> O	0,000 03	0,3
Ozono	O <sub>3</sub>	0,000 004	0,04
Particelle		0,000 001	0,01 ÷ 0,15
Clorofluorocarburi	(CFC)	0,000 000 02	0,000 2

### Proprietà dell'atmosfera

Aria secca a «0 °C» ed alla di pressione di una atmosfera (101 325 Pa)

Temperatura standard	0 °C = 273,15 K
Pressione standard	1 013,25 hPa (mb)
Gravità standard	9,806 65 m • s <sup>-2</sup>
Massa volumica (277,15 K = 4 °C)	999,973 kg • m <sup>-3</sup> <sup>(1)</sup>
Volume specifico (277,15 K = 4 °C)	0,001 000 027 m <sup>3</sup> • kg <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>
Densità dell'aria (0 °C – 101 325 Pa)	1,292 8 kg • m <sup>-3</sup>
Densità dell'aria (15 °C – 101 325 Pa)	1,225 kg • m <sup>-3</sup>
Peso molecolare	28,97 u <sup>(3)</sup>
Velocità del suono a 0 °C	331,5 m • s <sup>-1</sup>
Calore specifico a pressione costante «C <sub>p</sub> »	1 005 J • kg <sup>-1</sup> • K <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup>
Calore specifico a volume costante «C <sub>v</sub> »	717,4 J • kg <sup>-1</sup> • K <sup>-1</sup> <sup>(5)</sup>
Rapporto Cp/Cv	1,401
Numero di molecole per cm <sup>3</sup> a 273 K	2,688 • 10 <sup>19</sup>
Numero di molecole per cm <sup>3</sup> a 298 K	2,463 • 10 <sup>19</sup>
Conducibilità termica	0,026 W • m <sup>-1</sup> • K <sup>-1</sup>
Massa molare	28,964 5 kg • kmol <sup>-1</sup>
Costante specifica ( $\bar{R}$ )	287,05 J • kg <sup>-1</sup> • K <sup>-1</sup>
Temperatura critica	-140,6 °C <sup>(6)</sup>
Pressione critica	3 769,290 kPa <sup>(7)</sup>
Viscosità dinamica (20 °C)	1,81 • 10 <sup>-5</sup> Pa • s
Viscosità cinematica (20 °C)	1,50 • 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> • s

<sup>1)</sup> Approssimato a 1 000 kg • m<sup>-3</sup> per la maggior parte delle applicazioni.

<sup>2)</sup> Approssimato a 0,001 m<sup>3</sup> • kg<sup>-1</sup> per la maggior parte delle applicazioni.

<sup>3)</sup> «u» è l'**unità di massa atomica unificata**, detta anche **dalton (Da)**, è un'unità di misura di massa che non fa parte del Sistema Internazionale di unità di misura, ma è da esso riconosciuta in virtù del largo impiego che ne viene fatto, specialmente ed in chimica ed in biochimica ed in biologia molecolare.

<sup>4)</sup> per temperature comprese tra i «20 °C ÷ 40 °C»

<sup>5)</sup> per la temperatura di «20 °C»

<sup>6)</sup> La **temperatura critica**, nel caso della transizione di fluidi è la temperatura al di sopra della quale una sostanza non può esistere allo stato liquido.

<sup>7)</sup> La **pressione critica** definisce il campo in cui l'aria atmosferica può trasformarsi in vapore in presenza del liquido corrispondente.

Il rapporto  $C_p/C_v$  (tra il calore specifico a pressione costante «C<sub>p</sub>» ed il calore specifico a volume costante «C<sub>v</sub>») è definito anche come il **coefficiente di dilatazione adiabatica** o **indice adiabatico** o **rapporto tra i calori specifici**

In dorgalese l'**atmosfera** si chiama: **aera**, **chelu**.

## Indice di rifrazione dell'aria

L'espressione per l'indice di **rifrazione** dell'aria alle *condizioni standard* è:

$$n_s = 1 + 643,28 \cdot 10^{-7} + \frac{294\,981 \cdot 10^{-7}}{(146 - \sigma^2)} + \frac{2\,554 \cdot 10^{-7}}{(41 - \sigma^2)}$$

In cui: « $\sigma$ » (*sigma*) è il reciproco della **lunghezza d'onda** in nanometri, ed è valida per aria secca con (0,03%) di anidride carbonica ad una pressione di (101 325 Pa) ed una temperatura di (15 °C).

Esistono, peraltro, delle formule di correzione per ottenere l'*indice di rifrazione* a diverse o temperature o pressioni.

Il termine **aria** deriva dal latino *aer* e dal greco *ἀήρ*, probabilmente correlato da una radice *awer*.

In *dorgalese* l'**aria** si chiama: **aera**.

## Atmosfera standard

Quota m	K	K/K <sub>0</sub>	Pa	Pa/Pa <sub>0</sub>	Densità d = kg/m <sup>3</sup>	d/d <sub>0</sub>	Viscosità μ = Pa · s	Velocità suono m/s
0	288,16	1,000 0	101 325	1,000 0	1,225 0	1,000 0	1,79 · 10 <sup>-5</sup>	340,29
500	284,91	0,988 7	954 61	0,942 1	1,167 2	0,952 8	1,77 · 10 <sup>-5</sup>	338,40
1 000	281,65	0,977 4	898 76	0,887 0	1,111 7	0,907 5	1,76 · 10 <sup>-5</sup>	336,44
5 000	255,68	0,887 3	540 48	0,533 4	0,736 4	0,601 1	1,63 · 10 <sup>-5</sup>	320,55
10 000	223,25	0,774 7	265 00	0,261 5	0,413 5	0,337 6	1,46 · 10 <sup>-5</sup>	299,53
15 000	216,66	0,751 9	121 11	0,119 5	0,194 7	0,158 9	1,42 · 10 <sup>-5</sup>	295,07
20 000	216,66	0,751 9	54 69	0,054 0	0,088 0	0,071 8	1,42 · 10 <sup>-5</sup>	295,07
25 000	221,55	0,768 8	25 49	0,025 2	0,039 0	0,031 8	1,45 · 10 <sup>-5</sup>	298,39

Le caratteristiche dell'Atmosfera Standard Internazionale ICAO seguono un modello ideale dell'atmosfera media reale, considerata ad una latitudine di 45°:

Aria secca (umidità relativa: 0%) e priva di impurità.

Pressione atmosferica al livello medio del mare: 1 atm = 1013,25 hPa.

Temperatura al livello medio del mare: 15 °C, ovvero 288,15 K.

Densità dell'aria al livello medio del mare: 1,225 kg · m<sup>-3</sup>.

Gradiente barico verticale: -1 hPa ogni 27 ft di altitudine.

In realtà il valore del Gradiente barico verticale può assumersi valido solo fino ad una quota di «900 m ÷ 1 200 m», in quanto la variazione non segue una legge lineare.

Gradiente termico verticale:

«-6,5 °C» ogni «1 000 m» di altitudine fino a «11 000 m».

nullo da «11 000» a «20 000 m» di altitudine.

irregolare oltre i «20 000 m» di altitudine.

**L'atmosfera standard può essere rappresentata da tre equazioni:**

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

l'equazione dei gas perfetti

$$dP = -\rho g dz$$

l'equilibrio idrostatico

$$dT = a dz$$

il gradiente di temperatura

## Velocità del suono

La **velocità del suono** è la velocità con cui un suono si propaga in un certo ambiente, detto *mezzo*; varia a seconda e del mezzo e delle sue proprietà, specialmente al mutare della sua temperatura.

In *dorgalese* il **suono** si chiama: **sonu, toccu**.

La velocità del suono in un gas, alla pressione di «101 325 Pa», può essere calcolata con la:

$$v_T = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$$

In cui:  $v_T$  = velocità del suono in un determinato gas e ad una certa temperatura -  $\gamma$  = coefficiente di dilatazione adiabatica del gas, pari al rapporto fra il calore specifico a pressione costante « $C_p$ » e il calore specifico a volume costante « $C_v$ » ( $\gamma = C_p \cdot C_v^{-1}$ ) -  $R$  = costante caratteristica del gas =  $T$  = temperatura assoluta espressa in kelvin (K).

Per l'aria abbiamo:

$$\gamma = C_{pa} \cdot C_{va}^{-1} = 1,4$$

$$C_{pa} = 1\,005 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \text{ (per temperature fra i } 20 \text{ °C e i } 40 \text{ °C)}$$

$C_{v,a} = 717,8 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  (per temperature fra i 20 °C e i 40 °C)

$R_a = R_0 \cdot \mu_a^{-1} = 287,05 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  (la dipendenza da «T» è trascurabile)

$R_0 = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  (Costante dei gas perfetti)

$\mu_a = 0,028 \text{ 965 kg} \cdot \text{mol}^{-1}$  (Massa molecolare dell'aria)

Pertanto si ha:

$$v_{a,T} = \sqrt{\gamma \cdot R_a \cdot T} = 20,05 \cdot \sqrt{T} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**In cui:**  $v_{a,T}$  = velocità del suono in aria alla temperatura «T» -  $\gamma$  = coefficiente di dilatazione adiabatica dell'aria -  $R_a$  = costante caratteristica dell'aria - T = temperatura assoluta espressa in kelvin (K).

Da cui si ottiene che la velocità del suono in aria, alla pressione di «101 325 Pa», risulta, ad alcune temperature, pari a:

0 °C (273, 15 K);  $v_{a,0} = 331,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (1 193 km · h).

15 °C (288, 15 K);  $v_{a,15} = 340,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (1 225 km · h).

20 °C (290, 15 K);  $v_{a,20} = 343,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (1 236 km · h).

Considerando come valore di riferimento quello che si rileva alla temperatura di «0 °C», pari a «331,45 m · s<sup>-1</sup>», si può utilizzare, per la velocità del suono nell'aria alle varie temperature, un'altra formula ugualmente semplice:

$$v_{a,t} = 331,45 + (0,62 \cdot t)$$

**In cui:**  $v_{a,t}$  = velocità del suono in aria - t = temperatura espressa in gradi Celsius (°C).

#### Curiosità

La scala Celsius fu ideata nel 1742 dal e fisico ed astronomo svedese **Anders Celsius** (1701 – 1744).

Considerando un'aria tipo internazionale, possiamo calcolare la velocità del suono ad una determinata quota, con l'equazione:

$$v_{a,z} = 340,2 \cdot \sqrt{1 - 0,0000226 \cdot z}$$

**In cui:**  $v_{a,z}$  = velocità del suono, espressa in (m · s<sup>-1</sup>), alla quota «z», - z = quota espressa in metri (m).

Conoscendo « $v_{a,z}$ » si può conoscere a quale numero di Mach (Ma) viaggia un aereo che si trova, in aria tipo internazionale, ad una certa quota «z».

## Il numero di Mach

Il **numero di Mach** (Ma) è un numero adimensionale definito come il rapporto tra la velocità di un oggetto in moto in un fluido e la velocità del suono nel fluido considerato; il termine *Mach* deriva dal nome del e fisico e filosofo austriaco **Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach** (1838 – 1916).

Nella seguente tabella qualche esempio per alcuni materiali alla temperatura di 20 °C ed alla pressione di un'atmosfera (101 325 Pa).

Materiale	m · s <sup>-1</sup>
Acqua	1 484
Piombo	2 160
Vetro	5 770
Acciaio	5 900
Calcestruzzo	6 100

Materiale	m · s <sup>-1</sup>
Titanio	6 100
Granito	6 200
Alluminio	6 300
Peridotite	7 700

Le **peridotiti** sono rocce *ultrafemiche* caratteristiche del mantello superiore.

In *dorgalese* la **velocità** si dice: **lestresa, fua**.

# Sull'atmosfera

## Il geopotenziale

Consideriamo una particella d'aria, con massa pari a « $m_a = 1 \text{ kg}$ », costretta a risalire un dislivello di « $d = 1\,000 \text{ m}$ »; per calcolare l'energia totale spesa dalla particella d'aria, è sufficiente moltiplicare il dislivello « $d$ » per l'accelerazione di gravità « $g$ ».

L'energia necessaria per sollevare « $1 \text{ kg}$ » d'aria, dalla quota zero fino alla quota « $z = 1\,000 \text{ m}$ » si chiama **energia potenziale** « $E_g$ » ed è espressa dalla relazione:

$$E_g = m_a \cdot z \cdot g \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \quad (\text{massa} \cdot \text{velocità}^2)$$

In cui:  $E_g$  = energia geopotenziale –  $m_a$  = massa della particella –  $z$  = quota –  $g$  = accelerazione di gravità.

In pratica, al posto dell'**energia geopotenziale** « $E_g$ », si usa una grandezza ad essa proporzionale, detta **altezza geopotenziale** « $Z$ » ottenuta dividendo « $E_g$ » per l'accelerazione di gravità alla quota zero « $g_0$ »; una particella d'aria di « $m_a = 1 \text{ kg}$ » che, dal livello marino medio, raggiunga la quota di « $z = 1\,000 \text{ m}$ » ha un'altezza di « $Z = 1\,000 \text{ m}$ » geopotenziali (un valore molto prossimo all'altezza geometrica, in quanto « $g/g_0 \sim 1$ » e, pertanto « $Z \sim z$ »).

L'altezza geopotenziale « $Z$ » trova un'importante applicazione nella rappresentazione delle superfici isobariche; quest'ultime sono superfici ideali che, nello spazio, contengono tutti i punti che hanno la medesima pressione atmosferica.

## Il gradiente di pressione orizzontale

Le variazioni di **pressione orizzontali**, pur essendo di parecchi ordini di grandezza inferiori rispetto a quelle verticali, sono le più importanti per la determinazione della dinamica atmosferica.

In verticale, esiste una specie di equilibrio fra la gravità ed il gradiente di pressione; in orizzontale, il gradiente di pressione è in una situazione di disequilibrio che porta a moti orizzontali dell'aria, vale a dire a venti.

A parità di massa, nella colonna in cui avvenisse un riscaldamento l'aria diverrebbe meno densa e, quindi, più leggera generando una zona di bassa pressione; viceversa, nel caso avvenisse un raffreddamento l'aria diverrebbe più densa e, quindi, più pesante generando una zona d'alta pressione.

Nella colonna d'aria più fredda, la pressione atmosferica decresce più rapidamente, con la quota, di quella della colonna d'aria più calda; si evince, pertanto, che differenze orizzontali di temperatura comportano differenze orizzontali di pressione che generano una forza la quale spinge l'aria a spostarsi dalla zona a pressione più alta verso la zona a pressione più bassa.

Presso la superficie marina, la pressione varia di circa « $10 \text{ hPa}$ » ogni « $100 \text{ m}$ » in verticale, ma soltanto di « $10 \text{ hPa}$ » ogni « $100 \text{ km}$ » in orizzontale; nonostante ciò, un gradiente orizzontale così esiguo può produrre venti alla velocità di « $100 \text{ km/h}$ » o più.

## L'atmosfera stabile

L'atmosfera è stabile quando la decrescita della temperatura con la quota, variazione generalmente negativa (eccetto che nelle inversioni termiche) è un valore relativamente basso; in uno strato stabile l'inibizione dei moti verticali porta a condizioni di ristagno.

L'aria si raffredda o per *irraggiamento notturno* o per *avvezione fredda* o per *trasferimento dell'aria su una superficie fredda*; in una condizione di inversione termica, l'aria è, naturalmente stabile.

Si può generare anche una situazione di inversione termica prodotta dal riscaldamento per compressione durante il moto discendente.

### Precisazioni

In *meteorologia*, con il termine **avvezione fredda**, si intende il fenomeno per cui i moti dell'atmosfera convogliano, in una determinata area geografica, una massa d'aria più fredda rispetto a quella preesistente; analogamente si parla di **avvezione calda** se l'aria in arrivo ha una temperatura superiore.

Ad un'avvezione si associa un sensibile rimescolamento con moti d'aria orizzontali ed un cambiamento dei parametri atmosferici, generalmente in termini di temperatura e umidità; e le **isopse** e le **isoterme** non sono parallele, ma si intersecano con un angolo significativo fino a essere anche perpendicolari.

## L'atmosfera instabile

Quando la temperatura decresce rapidamente con la quota, l'aria, nell'ascendere, diventa instabile.

Il riscaldamento dell'aria, che porta al suo sollevamento, può essere dovuto a tre possibili cause: il riscaldamento della superficie dovuto all'irraggiamento solare, un apporto di aria calda dovuto al vento (avvezione calda), una massa d'aria che si muove su una super-

ficie calda; quando l'aria presso la superficie si riscalda, durante il giorno, diventa instabile.

Quando vi sono riduzioni sensibili della temperatura, e nel caso che si superi il punto di rugiada, si ha la formazione delle nubi per la condensazione, in goccioline, dell'eccesso del vapor d'acqua oltre la saturazione.

### Qualche considerazione

Una pressione atmosferica in aumento indica generalmente aria in moto discendente e un tempo tendente al miglioramento; per contro, una pressione atmosferica in diminuzione indica generalmente in moto ascendente e un tempo tendente al peggioramento, con possibile formazione di nubi e, quindi, di pioggia.

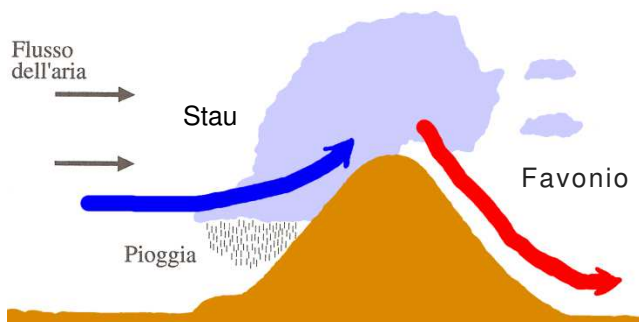
Una diminuzione di pressione di un paio di «hPa» ogni tre ore, indica una leggera tendenza al peggioramento che si attuerà entro le prossime «12 ÷ 24» ore; se la diminuzione è di «4 hPa» o più ogni tre ore, il peggioramento è già in atto ed i suoi effetti si avvertiranno nel giro di qualche ora.

### L'influenza della topografia

Una massa d'aria umida, incontrando una barriera montuosa, è costretta a sollevarsi, e innalzandosi si raffredda formando le nubi; queste nuvole sono generalmente denominate nubi orografiche.

Quando la catena del rilievo si estende trasversalmente alla direzione del vento, il vapor d'acqua contenuto nell'aria ascendente si raffredda e facilmente condensa dando luogo a precipitazioni sul pendio sopravvento.

Se il vento è sufficientemente intenso e l'angolo d'impatto pressoché perpendicolare, si possono generare le così dette condizioni e di **Stau**, sopravvento, e di **favonio** (detto anche o **Föhn** o **foehn** in tedesco), sottovento.



#### Curiosità

**Archimede di Siracusa** (in greco antico: Ἀρχιμήδης, *Archimédēs*; (287 a.C. - 212 a.C.) è stato e fisico e matematico e inventore greco antico, siceliota.

I **Sicelioti** (o **Sicilioti**, o ancora **Greci di Sicilia**, in greco antico Σικελιώται, erano gli abitanti delle poleis (città-stato) greche di Sicilia.

#### Osservazioni

Il **Favonio** deriva dal latino *favōnius* (da *favēre*, *far crescere*), nome con il quale i Romani chiamavano il vento di ponente (il greco *zefiro*); anche *Föhn* ha lo stesso etimo, ma attraverso l'alto-tedesco antico: *phōnno*.

Il nome italiano è comune nella Svizzera italiana e tra gli appassionati italiani di meteorologia; nei testi stampati in Italia prevale il germanismo *Föhn* (scritto anche *Foehn*).

#### Precisazioni

L'**alto-tedesco antico** (in antico tedesco: *diutisk*) indica la forma scritta più antica di tedesco a noi nota, il cui arco temporale si estende all'incirca dal 750 d.C. al 1050 d.C..

Seguiamo una bolla d'aria, prossima alla saturazione che s'innalza lungo un pendio.

Si può spiegare il fenomeno in questo modo: la massa d'aria più calda, per il principio di **Archimede**, sale verso l'alto perché meno densa di quella circostante e, quindi, più leggera, e lo fa così velocemente da non permettere scambi di calore (*adiabaticamente*).

La particella d'aria salendo aumenta di volume, perché la pressione diminuisce; ed espandendosi produce lavoro e consuma energia interna, raffreddandosi.

L'umidità relativa all'interno della particella d'aria è rimasta, fino ad ora, inferiore al 100% e la particella si è raffreddata secondo il *gradiente adiabatico secco*, ma a causa delle temperature via via minori, l'umidità relativa sale sino al raggiungimento del 100%.

#### Chiarimenti

Il **gradiente adiabatico secco** è la velocità con cui una particella d'aria secca che si muove verticalmente o si scalda o si raffredda; corrisponde sempre a «0,976 °C» ogni «100 m», ed è un coefficiente ideale, in quanto non dipende dalla temperatura esterna, ma dalla pressione, che diminuisce con l'aumentare della quota.

Quando la particella d'aria raggiunge il punto di rugiada, cioè la temperatura che permette al vapor d'acqua, che si trova ancora nel suo stato aeriforme (e quindi invisibile a occhio nudo) di condensare e passare allo stato liquido sotto forma di minute gocce di acqua, si formano le nubi che danno origine a piovvaschi; il sollevamento a questo punto procede secondo il *gradiente adiabatico saturo*, che è inferiore (l'aria, cioè, si raffredda più lentamente).

#### Chiarimenti

Il **gradiente adiabatico saturo** è la velocità con cui una massa d'aria che sale di quota si raffredda una volta raggiunta la condizione di saturazione ovvero umidità relativa del 100%, ed in

genere vale circa «0,65 °C» ogni «100 m»; questo valore, però, aumenta al diminuire della temperatura, e perché l'aria fredda può contenere meno vapore e perché a parità di umidità assoluta diminuisce via via il contenuto di vapor d'acqua che può condensare, essendo in parte già condensato.

Il *gradiente adiabatico saturo* è minore del *gradiente adiabatico secco* perché l'aria satura salendo si raffredda e il vapor d'acqua in essa contenuto condensa cedendo il calore latente. Intorno ai -40 °C il gradiente adiabatico saturo è simile al gradiente adiabatico secco: a questa temperatura l'aria non può quasi contenere umidità.

Sia il *gradiente adiabatico secco* sia il *gradiente adiabatico saturo* non devono essere confusi con il *gradiente termico verticale*, che è la variazione effettiva della temperatura sopra un determinato luogo in un determinato momento.

Prima di giungere alla sommità e scavalcare la catena montuosa, l'aria si è liberata di molta della sua umidità grazie alle precipitazioni, quindi le nubi sul lato a sottovento si dissolveranno a una quota superiore che sul lato a sopravvento.

A questo punto la bolla d'aria ormai limpida, inizia a discendere lungo il pendio sottovento; I venti discendenti, altrimenti detti *venti catabatici*, si riscaldano secondo il gradiente adiabatico secco, vale a dire si riscalderà in maniera maggiore di quando si sia raffreddata salendo.

I venti caldi di *Föhn* che si formano in queste condizioni, noti localmente come o il *Chinook* (nord America) o il *Berg wind* (sud Africa) o *Diablo wind* (california del nord), possono avere temperature anche di «30 °C» superiori a quella dell'aria all'inizio della risalita lungo il pendio sopravvento.

Il *Chinook* è un vento di tipo Föhn che si trova sul lato est delle *Montagne Rocciose* in Nord America quando la circolazione atmosferica nello strato al di sotto degli «8 km» di altitudine è o più o meno perpendicolare alla catena e abbastanza forte da superare qualsiasi inversione che sarebbe su il lato ovest.

## La micrometeorologia

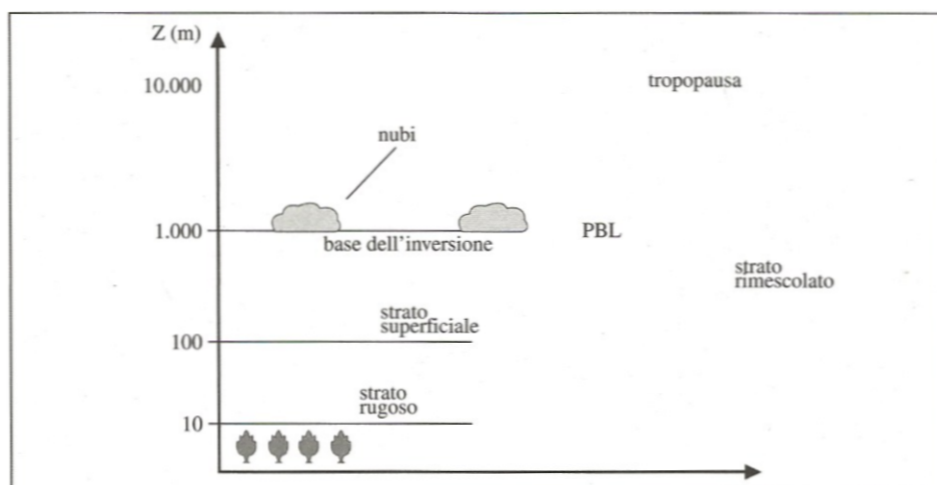
### Premessa

La **micrometeorologia** è lo studio dettagliato di quella porzione dell'atmosfera fino alla quota di «1 km» dove avvengono e i principali fenomeni meteorologici e dove vivono le specie sia animali sia vegetali e dove si svolgono le attività umane; questo spessore coinvolge lo strato limite, l'interno del quale è fortemente condizionato dalla *turbolenza atmosferica*.

La **turbolenza** è il meccanismo che permette il trasferimento di calore e nei gas (atmosfera) e nei liquidi (e mari e laghi e fiumi) e che permette la vita sulla Terra uniformando le temperature; maggiore è la turbolenza o il valore del gradiente, maggiore sarà l'instabilità e, di conseguenza, il ritmo con il quale avverrà il trasferimento o il mescolamento.

### Lo strato limite

Lo spessore immediatamente a contatto della superficie terrestre, denominato **strato limite** o **PBL** (*Planetary Boundary Layer*) è, come già detto, turbolento per sua natura, specialmente nelle ore diurne e in presenza o di vento o di nubi; nelle ore notturne si riduce a qualche centinaia di metri, mentre con venti o molto deboli o assenti può ridurre anche a meno di «100 m».



### Lo strato rimescolato

Spesso ci si riferisce all'altezza « $h_{PBL}$ » del «PBL» come allo spessore della regione turbolenta presso il suolo, nel quale le proprietà dell'atmosfera sono ben rimescolate; per tale ragione ci si riferisce, spesso, al «PBL» come allo **strato rimescolato**.

#### a) Condizioni neutre

La profondità dello strato rimescolato, in condizioni neutre, dipende sia dalla direzione ed intensità del vento sia dalla rugosità superficiale; le condizioni di stratificazione neutra si verificano e a temperatura decrescente isentropicamente con l'altezza (in pratica 0,98 °C ogni 100 m) e in situazioni o di forte vento o con cielo nuvoloso, o con ambedue.

##### Chiarimenti

In termodinamica, un **processo isoentropico**, dalla combinazione del prefisso **iso** (uguale) ed il termine **entropico** (relativo all'entropia), è una trasformazione che avviene a entropia costante.

#### b) Condizioni instabili

In presenza e di Sole e di vento si formano condizioni e convettive e di turbolenza meccanica.

Mentre la turbolenza meccanica decade rapidamente con l'altitudine, essendo proporzionale allo *shear* del vento, maggiore al suolo e minore in quota, la convezione varia molto lentamente con l'altezza, ed il limite diurno del «PBL» è determinato dai parametri che descrivono la convezione ed, in particolare, dal flusso di calore verticale alla superficie.

#### c) Condizioni stabili

Nelle notti e serene e con o poco o nulla vento, solo la parte più bassa dello strato di inversione rimane completamente turbolento.

Lo strato immediatamente al di sopra ha turbolenza od intermittente o nulla ed il calore è trasferito attraverso energia radiante; nello strato ancora più in alto, molto sottile, la turbolenza torna ad essere presente a causa dello *shear* del vento.

##### Chiarimenti

In **meteorologia aeronautica** lo *shear* del vento (o *wind shear* o *gradiente del vento*) è un fenomeno atmosferico che consiste in una variazione improvvisa del vento in intensità e direzione.

### Lo strato superficiale

La parte più bassa de «PBL» è chiamata **strato superficiale** o **SL** (*Surface Layer*); qui le caratteristiche della turbolenza sono relativamente ben definite.

Normalmente si intende per «SL» quella parte del «PBL» a contatto con la superficie nella quale le variazioni verticali di certe grandezze fisiche possono essere trascurabili, così che i flussi di calore e d'umidità possono essere considerati costanti.

Lo spessore dello «SL» è circa il «10%» di quello del «PBL», per cui, la variazione dello spessore del «PBL» implica la variazione dello spessore del «SL», specialmente tra giorno e notte.

### Lo strato intermedio o strato di transizione

Al di sopra dello strato superficiale, la turbolenza meccanica diventa trascurabile, durante il giorno, rispetto alla convezione; lo strato compreso fra i «10 m ÷ 150 m» è denominato, in letteratura, strato di convezione libera.

### Lo strato stabile

L'atmosfera terrestre, di notte, è generalmente stabile; in questa situazione, lo spessore dello strato stabile è sensibile ed al vento ed alla rugosità ed al flusso di calore superficiale, variando da qualche decina di metri a più di un chilometro.

Le onde di gravità hanno, in questo strato, un ruolo rilevante generando delle fluttuazioni trasferendogli energia ed aumentandone lo spessore; le onde gravitazionali, per contro, subiscono uno smorzamento.

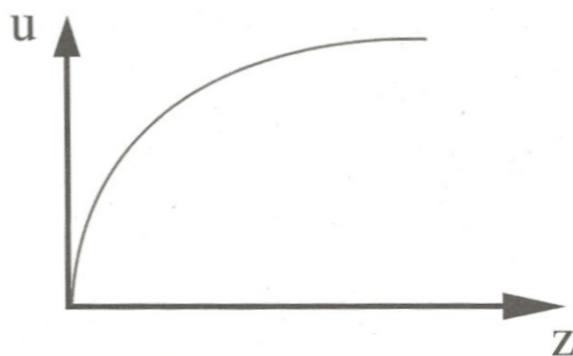
### Il flusso nello strato limite

All'interno dello **strato limite**, la turbolenza diviene sempre meno intensa e l'attrito della superficie terrestre sull'atmosfera diviene meno forte mano a mano che la quota aumenta; entro qualche decina di metri dal suolo, la velocità del vento decresce rapidamente avvicinandosi alla superficie.

Oltre lo strato limite, oltre, quindi, quel chilometro di atmosfera dalla superficie terrestre, i moti dell'aria producono un moto essenzialmente geostrofico (vedi: *Il vento geostrofico*, a pagina 32) praticamente liberi dall'attrito superficiale e poco condizionati dalla turbolenza atmosferica.

### Il vento su una superficie uniforme

Se si guardasse il profilo verticale del vento, a partire da una superficie ed orizzontale e liscia ed uniforme, la velocità del vento si comporterebbe come illustrato nella figura a sinistra.



Il suo profilo (quello della velocità del vento) sarebbe rappresentato da una curva logaritmica della forma:

$$u_z = \frac{u_*}{k} \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)$$

In cui:  $u_z$  = velocità del vento alla quota «z» -  $u_*$  = velocità d'attrito -  $k = 0,4$  (costante di **von Karman**) -  $z$  = altezza alla quale viene misurata « $u_z$ » -  $z_0$  = altezza caratteristica alla quale la velocità del vento « $u_z$ » sembra andare a zero.

#### Precisazioni

Lo stress superficiale è di solito espresso tramite il parametro « $u_*$ », che rappresenta la variazione della velocità del fluido per effetto dell'attrito superficiale, dipende sia dallo sforzo superficiale di taglio « $T_w$ » al limite del flusso sia dalla densità « $\rho$ » dell'aria, ed è pari a:

$$u_* = \sqrt{\frac{T_w}{\rho}}$$

In fluidodinamica, la **costante di von Kármán** o **costante di Kármán**, chiamata così in onore del ed ingegnere e fisico e matematico ungherese **Theodore von Kármán** (1881 – 1963), è una costante adimensionale coinvolta nella legge logaritmica che descrive la distribuzione della velocità longitudinale in direzione normale di un flusso di un fluido turbolento nei pressi di un bordo sotto la **condizione antiscivolo** (*no slip*)

In fluidodinamica, la **condizione antiscivolo** per i fluidi viscosi presuppone che, contro un limite solido, il fluido avrà velocità zero rispetto al limite stesso.

Un fluido che si muove su una superficie esercita su di essa una forza orizzontale, denominata **sforzo superficiale**, nella direzione del moto del fluido; per contro, la superficie esercita una forza ed uguale ed opposta sul fluido.

Questa forza non agisce globalmente sul fluido, ma e sullo strato direttamente a contatto con la superficie e in quelli immediatamente al di sopra.

Nello strato limite, i moti turbolenti si estendono fino ad una distanza caratteristica «h», nota come lunghezza di rimescolamento, che rappresenta il cammino medio di una particella di fluido, con particolari caratteristiche, prima di rimescolarsi col fluido circostante e perdere, quindi, la propria identità.

### **L'attrito superficiale ed il vento**

Il valore di « $z_0$ », detta **lunghezza di rugosità**, dipende, per l'appunto, dalla rugosità della superficie ove viene eseguita la misura, intesa in senso aerodinamico; diverso, pertanto, dalla sensazione di rugosità che si avrebbe in termini o visuali o toccando una determinata superficie.

#### **Osservazioni**

Un mare molto mosso, è *aerodinamicamente* rugoso quanto il prato di un campo di calcio.

### **La rugosità**

Nella tabella seguente presentiamo alcuni valori tipici della rugosità al variare del tipo di ostacolo sulla superficie.

<b>Tipo di copertura superficiale</b>	<b>Rugosità (m)</b>
Gruppo di edifici elevati	1 ÷ 10
foresta	0,8
Gruppo di edifici di media altezza	0,7
sobborgo	0,5
Alberi isolati od arbusti	0,2
Campi coltivati	0,05 ÷ 0,1
prati	0,008
Terreno nudo senza vegetazione	0,005
neve	0,001
Sabbia fine	0,0003
acqua	0,0001

Maggiore è la rugosità, minore è la velocità del vento vicino alla superficie; maggiore, per contro, è la turbolenza che si genera.

In *dorgalese* **attrito** si dice: **cuntatu**, **frichizonzu**.

In *dorgalese* **rugoso** si dice: **apricau**, **atzichirronau**.

## Concetti e di divergenza e di vorticità

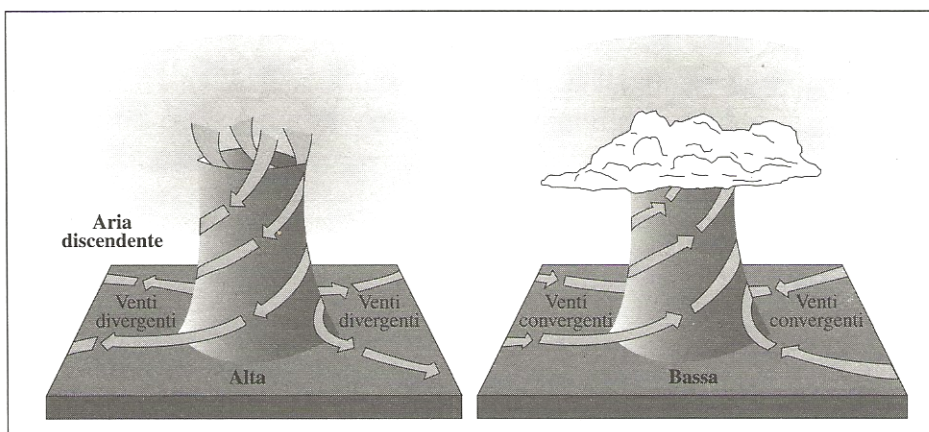
### La divergenza (e la vorticità)

In meteorologia, si definisce **divergenza** la variazione percentuale del volume d'aria nell'unità di tempo; si ha **divergenza positiva** se il volume si dilata, si ha **divergenza negativa**, o **convergenza**, se il volume si restringe.

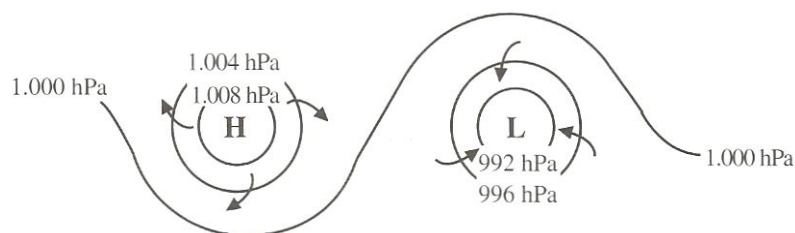
Se un certo volume d'aria o si espande o si contrae, allora, considerando che la massa d'aria in esso contenuta resti invariata, la densità dell'aria, al suo interno, deve o diminuire od aumentare; una dilatazione implica una diminuzione della densità, mentre una contrazione implica un aumento della densità.

In una colonna d'aria e la **divergenza orizzontale** e la **convergenza orizzontale** misurano il flusso od *uscente* od *entrante* orizzontalmente ad un dato livello di pressione; sia ad ogni uscita sia ad ogni entrata orizzontale d'aria deve corrispondere od un flusso od un deflusso d'aria lungo la verticale.

### Isobare alla superficie



### Isobare alla superficie come appaiono in una mappa



Si ha **divergenza** quando l'aria che abbandona il volumetto di atmosfera è in quantità superiore a quella che vi entra; questo succede quando il flusso è **diffuente**, oppure quando il vento aumenta di intensità nel verso del moto.

Si ha **convergenza** quando l'aria che abbandona il volumetto di atmosfera è in quantità inferiore a quella che vi entra; questo succede quando il flusso è **confluente**, oppure dove il vento tende a rallentare nella direzione del moto.

Sia la **divergenza** sia la **convergenza**, ad un dato livello, assumono, in genere, valori dell'ordine da « $10^{-6} \text{ s}^{-1}$ »; in «1 kg» d'aria della colonna od esce od entra un milionesimo di chilogrammo ogni secondo.

Consideriamo una zona vicino al suolo in cui vi sia convergenza.

L'aria che confluisce, e non potendosi accumulare indefinitamente e non potendo muoversi verso il basso, a causa della presenza del suolo, inizierà a salire; i moti ascendenti arriveranno al più fino al limite della troposfera, dove la tropopausa stabile rappresenta un limite invalicabile.

Qui si genererà divergenza orizzontale e l'aria si allontanerà dalla colonna di atmosfera considerata, ma in questo modo, tramite i moti ascendenti, si avrà un calo di pressione al suolo che a sua volta genera convergenza, richiamando altra aria negli strati bassi.

Lo stesso fenomeno si può vedere partendo da una divergenza in quota, la quale, sempre per conservazione della massa, richiama aria dai bassi strati.

La risalita di aria produce un calo di pressione al suolo e conseguente convergenza; in questo modo alla convergenza o divergenza a grande scala è associato un moto verticale ascendente responsabile del brutto tempo.

Si può fare il discorso inverso per moti verticali discendenti associati al bel tempo.

Come verrà mostrato in seguito, la divergenza in quota, legata alla corrente a getto, è responsabile della formazione dei cicloni extratropicali

Nel caso vi sia e convergenza in quota e divergenza al suolo, la pressione aumenta andando dal suolo verso l'alto, lungo la colonna d'aria, si generano moti verticali discendenti; nel caso vi sia e divergenza in quota e convergenza al suolo, la pressione diminuisce andando dal suolo verso l'alto, lungo la colonna d'aria, si generano moti verticali ascendenti.

### La vorticità

La vorticità è una grandezza vettoriale che esprime la variazione e/o d'intensità e/o direzione del vento fra due punti prossimi; in quanto vettore può essere suddiviso in una componente orizzontale e verticale.

La *vorticità* può essere intuitivamente vista come la rotazione di un fluido (lo spin in inglese); per convenzione è positiva la vorticità di un fluido che ruota in senso antiorario (ciclonico), negativa se la rotazione avviene in senso orario (anticiclonico).

La vorticità viene quindi individuata da isobare curve e in tal caso è tanto maggiore quanto più è accentuata la curvatura; si genera vorticità, inoltre, anche a causa di shear di vento, ovvero quando l'intensità del vento varia nella direzione perpendicolare al vento stesso.

### Tipi di vorticità

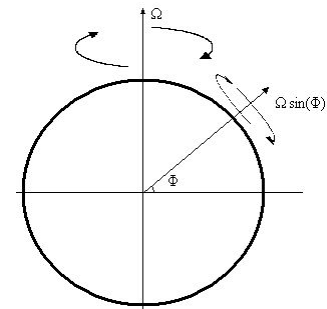
Possiamo distinguere:

La **vorticità relativa** « $\zeta$ » rispetto alla superficie terrestre, espressa dalla relazione « $\zeta = 2 \cdot \omega$ » ( $\omega$  è la velocità angolare dell'intero sistema)

La **vorticità planetaria** o **vorticità ambientale** o **vorticità di trascinamento** « $f$ » è associata al moto di rotazione terrestre; se il pianeta ruota su se stesso con velocità angolare « $\Omega$ », a una certa latitudine « $\phi$ » la superficie ruota con velocità angolare pari a « $\omega = \Omega \cdot \sin \phi$ », per cui « $f = 2 \cdot \omega$ » ( $\omega$  è la velocità angolare di trascinamento)

La **vorticità assoluta** o **vorticità totale** « $\eta$ » rappresenta la componente verticale, espressa dalla relazione « $\eta = 2 \cdot \omega_A$ » ( $\omega_A$  indica la velocità angolare della particella intorno all'asse di rotazione).

Secondo il *principio di conservazione della vorticità assoluta* « $\zeta + f = \text{costante}$ ».



### Conclusione

**Vorticità, convergenza, divergenza** e moti verticali fanno parte dello stesso meccanismo dinamico alla base dei moti in atmosfera; quando si ha convergenza al suolo (ad esempio dovuta od alla divergenza in quota o al riscaldamento dell'aria vicino al suolo, che produce un calo di pressione), a causa della *forza di Coriolis* il flusso d'aria viene deviato verso destra.

Ne consegue che laddove ci sia convergenza il moto venga ad avere una rotazione antioraria, ovvero **vorticità ciclonica** o **vorticità positiva**; a questa circolazione è associato poi un moto verticale ascendente che spiega la dinamica di un ciclone.

Al contrario, nel caso di divergenza al suolo, la *forza di Coriolis* produrrà **vorticità anticiclonica** o **vorticità negativa**, si avranno moti verticali discendenti e convergenza nell'alta atmosfera.

## Le nubi

### Definizione

In meteorologia una nuvola (nel linguaggio scientifico chiamata più propriamente **nube**) è un'idrometeora costituita da minute particelle e d'acqua condensata (goccioline) e/o cristalli di ghiaccio, o sospesi nell'atmosfera grazie a correnti ascensionali o in stato di galleggiamento e solitamente non a contatto con il suolo; la branca della meteorologia che studia e la formazione e l'evoluzione delle nuvole, e i fenomeni ad esse collegati, è detta: **nefologia** [dal greco: *néphos* (nuvola) e *-λογία* «-logia» (discorso)].

*Aeras ruías bentu annuntiat.* (Sardegna)

*Nubi rosse annunciano vento.*

Nel 1802, il naturalista francese **Jean-Baptiste Lamarck**, il cui nome completo è **Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet cavaliere di Lamarck** (1744 – 1829), elaborò un primo tentativo di classificazione delle nubi basato su cinque tipi di nube che, successivamente, tre anni dopo portò a dodici.

Nel 1803, il farmacista inglese **Luke Howard** (1772 – 1864) ha pubblicato un libro nel quale presentava una sua classificazione delle nubi introducendo molti nomi in latino, ancor oggi in uso, e distinguendo le nubi in tre diverse categorie: **nubi alte** (oltre i 5 000 m), **nubi medie** (fra i 2 500 m e i 5 000 m), **nubi basse** (sotto i 2 500 metri).

La classificazione delle nuvole, proposta nel 1887 e dal meteorologo britannico **Hon Ralph Abercromby** (1842 – 1897) e dal meteorologo svedese **Hugo Hildebrand Hildebrandsson** (1838 – 1925), in vigore a tutt'oggi, è basata e sulla forma e sulla consistenza con cui appaiono ad un osservatore al suolo.

Si distinguono quattro tipi base:

- **le nubi a strati**
- **i cumuli**
- **i cirri**
- **i nembi**

Le altre tipologie sono una combinazione di questi quattro tipi base.

Classificando le nubi in base alla propria altezza, con i criteri attuali, abbiamo invece.

**a) Nubi alte:** si formano tra i «6 000 m» e i «12 000 m» di quota e sono costituite da cristalli di ghiaccio; comprendono.

- **Cirrus (Cirri):** sono le nubi più alte ed hanno una struttura fibrosa a strisce biancastre e spesso terminanti con un ricciolo ad uncino; se sono disposti irregolarmente nel cielo sono chiamati *cirri di bel tempo*, se, per contro, sono od a bande o connessi o con cirrostratus o altostratus, spesso preannunciano l'arrivo di una perturbazione.
- **Cirrocumulus (Cirrocumuli):** sono le nubi associate al famoso **cielo a pecorelle**; formate da piccoli o fiocchi o batuffoli bianchi disposti o in file o in gruppi; ricordano gli *altocumulus*, ma sono più alti e sono sempre accompagnati e/o da *cirri* e/o da *cirrostrati*.

La loro altezza varia tra i «5 000 m» e i «7 000 m»; solitamente annunciano l'arrivo della pioggia.

*In s'aria brebéis*

*abba finzas a peis* (Sardegna)

*Pecore in cielo*

*acqua fino ai piedi*

- **Cirrostratus (Cirrostrati):** sono nubi molto alte e sottili, biancastre e quasi trasparenti, tendendo a conferire al cielo un aspetto lattiginoso; i loro cristalli di ghiaccio diffondono luce e creano od un alone od un velo sottile attorno o al Sole od alla Luna.

Se si presentano dopo i cirri, indicano l'arrivo di una perturbazione.

- **Cirrus uncinus:** devono il loro nome dall'estremità uncinata dei filamenti molto stirati che si dispongono in elementi paralleli; si generano oltre i «5 000 m» a ragione di forti venti che spirano sotto lo strato atmosferico dove si generano i cristalli di ghiaccio.

Si potrebbe anche aggiungere:

- **Cirri di Kelvin-Helmholtz (Cirrus Kelvin-Helmholtz):** Sono, forse, le nubi più difficili da osservare con la loro esile forma a spirale orizzontale, in quanto hanno la tendenza a dissolversi appena dopo od uno o due minuti dalla loro formazione.

### Curiosità

Il fisico irlandese **William Thomson Kelvin** (1824 – 1907), fu autore di fondamentali scoperte e di elettrologia e di termodinamica, fu inventore di molti strumenti di misura; nel «1892» fu insignito del titolo di **Pari**, per cui è noto come **Lord Kelvin**.

Il fisico e medico e fisiologo tedesco **Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz** (1821 – 1894), fu uno degli scienziati più poliedrici del suo tempo e venne soprannominato **Cancelliere della fisica**.

**b) Nubi medie:** si formano tra i «2 000 m» e i «7 000 m» di quota e sono costituite da cristalli di ghiaccio; comprendono.

- **Altostratus (Altostrati):** sono costituiti da nubi distinte molto vicine tra loro a costituire strati di aspetto solitamente ed ondulato e fibroso che assumono forme bizzarre di colore bianco o grigio; sono in realtà formati da estese file di cumuli, collocati a quote medie e con la parte inferiore più scura.

Si sviluppano tra i «2 500 m» e i «5 000 m» di altitudine.

Quando un altostratus passa davanti od al sole od alla luna può prodursi il fenomeno della **corona**, visibile più spesso di notte.

Si potrebbero anche aggiungere:

- **Altostratus lenticularis:** così chiamati per il loro aspetto e affusolato e smussato, molto simile ad una lente.
- **Altostratus castellanus:** è una nube che deve la sua denominazione alle protuberanze frastagliate che si stagliano nel cielo come le merlature di un castello medioevale.
- **Altostratus stratiformis radiatus:** è detta *stratiformis* per la disposizione compatta su un vasto piano orizzontale e *radiatus* perché sembra convergere verso un punto all'orizzonte.
- **Altostratus undulatus:** si presenta in bande parallele di cumuli sottili che possono o raggrupparsi o stendersi su un vasto settore del cielo visibile.
- **Altostratus (Altostrati):** si presentano come una distesa nuvolosa più o meno densa di colore grigio o blu, liscia inferiormente. Poiché velano il Sole e la Luna, possono sembrare macchie luminose, ma, diversamente dai cirrostrati, non creano aloni. Queste nubi producono neve leggera o pioggia fine e fitta, ma di solito sono così alte che le loro precipitazioni evaporano prima di raggiungere il terreno.

Si potrebbero anche aggiungere:

- **Altostratus undulatus:** si sviluppano, generalmente, in sottili strisce di altostrati; il suo aspetto singolare è dovuto al movimento ondulatorio in atto nella massa d'aria..

**c) Nubi basse:** la loro base si trova sotto i «2 000 m» di quota e sono costituite da goccioline d'acqua e generano abbondanti o piogge o nevicate; comprendono.

- **Stratus (stati):** gli strati sono nubi basse, poco spesse e grigie, che si formano ad altitudini di circa «610 m».

Si possono vedere, pertanto, a pochi metri dall'orizzonte con la base estesa ed uniforme; si possono presentare a banchi o coprire totalmente il cielo, spesso derivano dalla nebbia formatasi al suolo.

Dato il loro limitato spessore, di norma non danno luogo ad alcun fenomeno, se non ad una riduzione di visibilità quando la loro base è molto bassa.

Si potrebbero anche aggiungere:

- **Nembostratus:** si tratta di nubi stratificate basse, generalmente di color grigio scuro dalla base spesso non ben definita; il cielo si presenta buio e tetro e spesso per la loro presenza si devono accendere le luci; quando giungono al suolo si parla di nebbia.

**d) Nubi a sviluppo verticale:** fanno parte di questa famiglia di nubi e i *cumulus* e gli *stratocumulus* e i *cumulonimbus*; nascono e si evolvono in seguito ai moti convettivi atmosferici, cioè ai movimenti e ascendenti e discendenti dell'aria, grazie alla rapida ascesa dell'aria calda che può raggiungere anche o i «10 000 m» o i «12 000 m» di quota (nel caso dei *cumulonimbus*).

- **Cumulus (cumuli):** sono una massa isolata di una nube bianca simile a *panna montata*, che non lascia filtrare la luce solare: possono essere e bianchi e soffici, con cime arrotondate e basi appiattite, che si formano a basse quote nei giorni e caldi e soleggiati ed indicano solitamente la persistenza del bel tempo, oppure e scuri ed espansi con la sommità sagomata a cupola e protuberanze estese sopra, quando portano il brutto tempo.

Sono costituiti da goccioline d'acqua in sospensione nell'aria.

Possiamo distinguere tre tipi di *cumulus*:

- **Cumulus congestus o Cumulus castellatus:** può apparire anche scuro inferiormente, in genere.
- **Cumulus mediocris:** simile al precedente.
- **Cumulus humilis:** è una nube poco spessa ed arrotondata, legata alla variazione diurna della temperatura, appare al mattino e scompare la sera.  
Ha la superficie inferiore appiattita mentre superiormente assume un aspetto definito a ca-

*volfiore*; al termine della sua evoluzione si trasforma in genere in un cumulonimbus.

- **Pyrocumulus:** è un tipo di cumulo il cui sviluppo è dovuto a cause non propriamente meteorologiche; il suo nome deriva dal greco *pyr* che significa fuoco, infatti, è proprio il fuoco ad innescare il processo convettivo che, insieme al vapor acqueo, dà origine alla nube.  
Un incendio che si propaga in una foresta e produce intense correnti d'aria ascendenti e libera, con la combustione della vegetazione, ingenti quantità di vapor d'acqueo che, sollevandosi, si condensa ad una certa quota formando un cumulo le cui dimensioni, molto variabili, possono andare da un *cumulus humilis* a *cumulus congestus*.
- **Stratocumulus (Stratocumuli):** si presentano come una distesa continua di masse cumuliformi (rotondeggianti) oscure, generalmente allungate, il cui aspetto somiglia a rotoli senza una forma precisa, connessi tra loro mediante nubi sottili, attraverso le quali è talvolta possibile scorgere l'azzurro del cielo; Inizialmente potrete scambiargli, avendo una forma abbastanza simile, con gli altocumulus.  
Alcuni possono avere aspetto minaccioso, anche se in genere non accompagnano precipitazioni.
- **Cumulonimbus (Cumulonembi):** sono nubi ad elevato sviluppo verticale, che si presenteranno imponenti sul cielo, a forma di torri o di montagne o di cupole; la sommità è generalmente bianca e spesso assume una forma di incudine od a carciofo, la base invece è orizzontale e di colore scuro intenso.  
I cumulonimbus sono formati da masse di cumuli scuri e si possono estendere per tutta l'altezza della troposfera, ossia quella parte dell'atmosfera in cui si determina il tempo atmosferico; accompagnano manifestazioni temporalesche, portano forti piogge, o grandine o neve, oltre a fulmini ed in alcune circostanze, tornado.

Si potrebbero anche aggiungere:

- **Cumulonimbus capillatus incus:** nella sua espansione verticale, il cumulonimbus trova un limite nei «12 000 m», quota alla quale si abbandona la troposfera per passare alla stratosfera, il secondo dei cinque strati dell'atmosfera.  
Raggiunta quell'altitudine, l'aria inizia a farsi più calda man mano che si sale e il vapore acqueo non riesce più a condensarsi: il cumulonimbus inizia ad espandersi orizzontalmente, generando, pertanto, una particolare quanto inconfondibile nube chiamata **Incus**, vale a dire **Incudine**.
- **Cumulonimbus con pileus:** si tratta di un cumulonimbus che presenta sulla sua sommità una particolare nuvola chiamata **Pileus** dal latino *cappello*, che gli conferisce un aspetto *incappucciato*.  
Tale nube tende a cambiare forma molto rapidamente e si genera a causa delle forti correnti ascensionali che portano l'aria umida a raggiungere il punto di rugiada a causa della compressione adiabatica; un pileus che appare al di sopra di un cumulo può segnalare la sua tendenza a trasformarsi in un cumulonimbus, perchè segnala appunto la presenza di forti correnti ascensionali.
- **Cumulonimbus Incus:** nella sua espansione verticale, il cumulonimbus trova un limite nei «12 000 m», quota alla quale si abbandona la troposfera per passare alla stratosfera, il secondo dei 5 strati dell'atmosfera. Raggiunta quell'altitudine, l'aria inizia a farsi più calda man mano che si sale e il vapore acqueo non riesce più a condensarsi: il cumulonimbus inizia ad espandersi orizzontalmente, generando, pertanto, una particolare quanto inconfondibile nube chiamata **Incus**, vale a dire **Incudine**.
- **Cumulonimbus calvus:** è uno dei *cumulonimbus* più potenti ed il nome «calvus» deriva dalla sua forma «calva senza incudine» tipica dei cumulonimbus normali.
- **Cumulonimbus mamma o Mammatus clouds:** sono nubi rarissime caratterizzate da forme mammellonari tondeggianti sospesi alla parte inferiore dell'incudine del sistema temporale; sono spettacolari specie se osservati alla luce radente del tramonto.  
Si formano in presenza di correnti ascensionali molto intense e con un'umidità molto elevata negli strati bassi; è possibile, pertanto, scorgerle in situazioni di forte instabilità o dopo il passaggio di un violento temporale.

**e) Nubi lenticolari:** possiamo distinguere tre tipologie di *nubi lenticolari*; il loro nome dipende dalla posizione che esse assumono nell'atmosfera:

- **Stratocumulus Lenticularis:** possono comparire al di sotto dei «2 000 m» di quota, occupando pertanto la parte più bassa dell'atmosfera.
- **Alto cumulus Lenticularis:** sono nubi non portatrici di pioggia e compaiono tra i «2 000 m» e i «6 000 m» di quota.
- **Cirrus Lenticularis:** si formano a quote intorno ai «7 000 m».

Le *nubi lenticolari*, appartenenti ad ognuna delle tre categorie, si formano prevalentemente accanto a catene montuose di differenti altezze.

I loro avvistamenti nei cieli che sovrastano terreni pianeggianti indicano che le nubi sono state spostate in tali direzioni dalle correnti ventose.

Le nubi lenticolari si formano e si dissolvono molto rapidamente, rima-

nendo statiche per pochi secondi.

Esse compaiono maggiormente in inverno ed in primavera, periodi dell'anno in cui i venti soffiano più forti; la comparsa di differenti sfumature sulla superficie delle nubi è determinata da fenomeni di rifrazione della luce proveniente dai raggi solari.

Per avere l'opportunità di avvistare nubi lenticolari direttamente con i propri occhi, ci si dovrebbe avventurare in località montuose durante giornate di forte vento; le nubi lenticolari, con particolare riferimento agli *altocumulus*, si formano prevalentemente, infatti, durante il giorno ed in condizioni di vento favorevole.

**f) nubi madreperlacee:** sono particolari tipi di nube che si formano nella stratosfera, ad altezze comprese tra «15 000 m ÷ 25 000 m» sul livello del mare, raramente arrivano a «30 000 m»; si formano esclusivamente nelle regioni polari ed hanno l'aspetto o di *cirri* dal colore pallido o di *altocumulus lenticularis*.

**g) nubi nottilucenti:** note anche come nubi *mesosferiche*, sono un fenomeno atmosferico nuvoloso visibile durante il crepuscolo inoltrato; si possono osservare con maggiore frequenza nei mesi estivi a latitudini tra i «50° ÷ 70°», sia a nord sia a sud dell'equatore, alla quota di circa «85 km».

Le *nubi nottilucenti* sono correlate con i *minimi solari*, ossia il loro numero aumenta al diminuire delle macchie solari, e viceversa.

**h) Nubi ad altezza variabile:** possono formarsi a quote diverse della troposfera e sono del tutto indipendenti dalle precedenti.

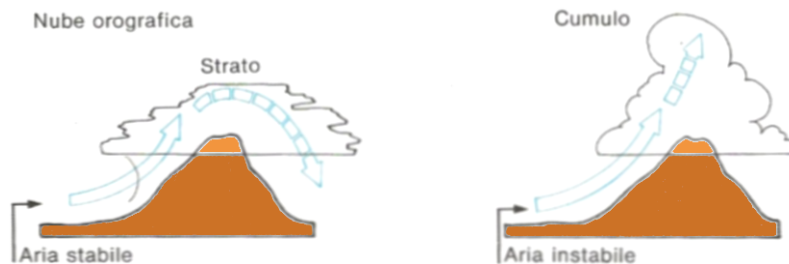
### Le Nubi orografiche

Le **Nubi orografiche**: si formano quando l'aria al suolo sia costretta a risalire sul versante sottovento di un pendio.

Durante il suo movimento ascendente, l'aria si raffredda e la sua temperatura può abbassarsi al di sotto della temperatura di saturazione adiabatica dando origine a nubi sulla cresta del rilievo.

In condizioni di stabilità dell'aria, risultano di tipo stratiforme oltrepassando la cresta ed estendendosi verso il pendio sottovento per poi dissolversi ad una certa distanza.

In condizioni di instabilità dell'aria, per contro, risultano di tipo cumuliforme, di notevole sviluppo verticale ed osservabili solo sulla sommità del rilievo.



In *dorgalese* la **nube** si chiama: **nue**

Quando l'aria scorre sopra una barriera montuosa, il sollevamento orografico può generare una varietà di effetti d'onda che producono movimenti d'aria verticali; se l'aria è vicina al punto di rugiada, l'onda può produrre nubi di sottovento:

- Le **nubi lenticolari** sono nubi stazionarie d'alta quota a forma di lente, normalmente allineate lungo la direzione del vento; il sollevamento orografico crea un vento d'onda che fornisce le condizioni necessarie alla formazione delle nubi.
- Le **nubi iridescenti** sono nubi e multicolori e luminescenti, generate dall'incidenza dei raggi solari o con cristalli di ghiaccio particolarmente piccoli o con goccioline d'acqua.
- La **nube sommitale** è una forma particolare di nube lenticolare, che si forma su una montagna a una quota tale da toccarne la cima.
- Le **nubi d'onda** sono gruppi di nubi lenticolari che si formano quando una massa d'aria passa sopra una catena montuosa, ciò genera una corrente ascensionale sul lato sottovento che si muove in modo sinusoidale.

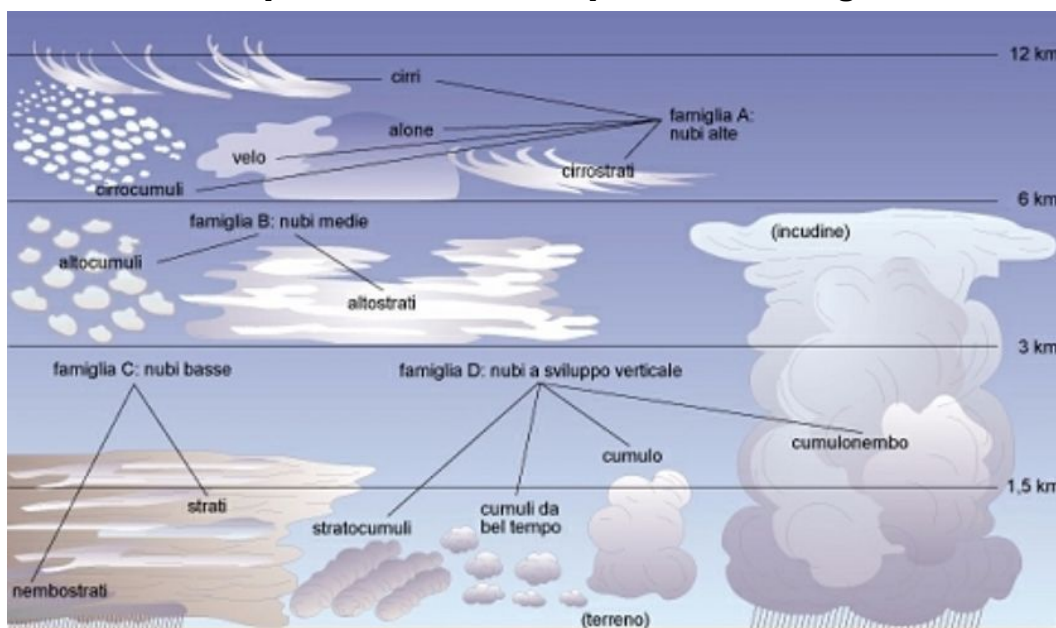
- Una **nube a bandiera** è una nube che si forma sottovento a un picco isolato particolarmente ripido; si forma in maniera simile alle scie di condensazione sulle estremità alari degli aerei in condizioni di elevata umidità. L'esempio più famoso di nube a bandiera si forma attorno al monte Cervino.
- Un **muro di Föhn** è una nube massiccia che si forma parallelamente alla catena montuosa che causa il sollevamento orografico; il muro appare stazionario mentre il vento gli passa attraverso, in quanto l'umidità condensa durante il sollevamento e torna a evaporare durante la discesa (vedi **L'influenza della topografia**, a pagina 14).
- Un **arco di Chinook** si forma al disopra di una catena montuosa, normalmente all'inizio di un fenomeno *favonico* come risultato del sollevamento orografico; da sottovento appare come un arco che scavalca la catena montuosa, con uno strato di aria limpida che separa la nube dalle montagne.

In *dorgalese* la **nuvola** si chiama: **nue**.

### Abbreviazioni per la tipologia di nubi

Sigla	Significato
Ac	Alto cumulus
As	Alto stratus
Cb	Cumulonimbus
Cc	Cirrocumulus
Ci	Cirrus
Cld	Nuvola (Cloud)
Cs	Cirrostratus
Cu	Cumulus
Ns	Nembostratus
Sc	Stratocumulus
St	Stratus
TCu	Cumulus imponenti (Towering Cumulus)

### Riepilogo visivo semplificato di alcuni tipi di nubi e della quota a cui si generano



**Abbreviazioni per lo stato del cielo**

<b>Sigla</b>	<b>Significato</b>
BKN	Nuvoloso
SKC / CLR	Sereno
FEW / SCT	Poco nuvoloso
OVC	Coperto

# Il vento

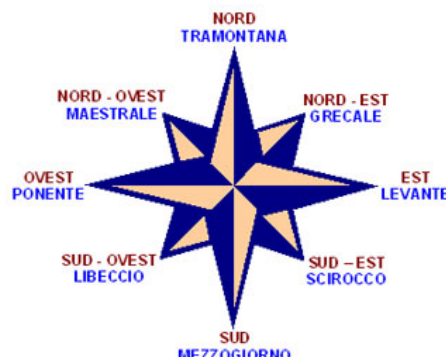
## Definizione

Il vento è il movimento di una massa d'aria atmosferica da un'area con alta pressione (anticiclonica) ad una di bassa pressione (ciclonica).

## Rosa dei venti

Si prenderà come riferimento la Rosa dei Venti che, per gli antichi greci era centrata sull'isola di Zante, mentre per la tradizione romana era posizionata al Centro del Mediterraneo; noi Utilizzeremo, come riferimento, la tradizione greca.

Come possiamo vedere dall'immagine, si possono considerare ben **otto venti** che soffiano in Italia, e questi cambiano nome a seconda della direzione da cui provengono; le loro etimologie sono svariate, qui elenchiamo le principali.



## La direzione dei venti

**Tramontana**; soffia da Nord [N – 0°]

La *tramontana* di etimologia incerta, forse deriva da una locuzione latina (intra montes o trans montes, ovvero al di là dei monti), o dal paese di Tramonti (vicino ad Amalfi, i paesani costruttori delle prime bussole utilizzate in occidente), o considerando il punto originale della Rosa (isola di Zante, in Grecia), indicherebbe i monti dell'Albania e del Nord della Grecia.

*Tramontanin non buzzica  
se marin non lo stuzzica.* (Toscana)

*La tramontana non si muove  
se non la stuzzica il vento marino.*

**Grecale** (o **Greco** o **Bora**); soffia da Nord-est [NE – 45°]

Il *grecale* spira dai settori Nord-orientali, e dal punto originale della Rosa dei Venti, la Grecia.

*Quando la bora si move  
o uno o tre o cinque o nove* (Veneto).

Indica quanti giorni dura.

**Levante** (od **Oriente** o **Euro**); soffia da Est [E – 90°]

Il *levante* spira dai quadranti Orientali, sopraggiunge dal punto da cui ha origine, l'Est.

*Vento di levante  
se non piove è un gran brigante.*

**Sirocco** (o **Garbino umido**); soffia da Sud-Est [SE – 135°]

Lo *scirocco* spira dalla Repubblica araba ed è appellativo dalla Siria, ossia da dove proviene.

*Scirocco  
Ogghi tiru, domani scrocco.* (Marche)

*Scirocco  
oggi soffio, domani scroscio*

**Mezzogiorno** (od **Ostro** od **Austro**); soffia da Sud [S – 180°]

Il *mezzogiorno* spira dalle zone Meridionali; deriva dall'emisfero Australe da dove proviene (riferito al termine o *Austro* o *Ostro*), ed è anche detto **Noto**, dal nome di un personaggio mitologico.

**Libeccio**; soffia da Sud-Ovest [SW – 225°]:

Il *libeccio* spira da Sud-ovest e si ritiene provenga dall'arabo **Lebeg** che significa portatore di pioggia; viene chiamato anche **Garbino** sulle coste e del Veneto e dell'Emilia Romagna e delle Marche e dell'Abruzzo.

*Garbi  
Sotto lo braccio porta lo barri.* (Marche)

*Garbino  
porta il barile sotto il braccio.*

**Ponente** (od **Occidente** o **Zefiro** o **Espero**); soffia da Ovest [W – 270°]

Il *ponente* spira da Occidente ed il suo appellativo deriva da dove ha origine; è il **Favonio** (detto anche **Föhn**, per chi ama i termini tedeschi).

Così canta il e scrittore e poeta italiano **Francesco Petrarca** (1304 – 1374) nel sonetto CCCX del **Canzoniere**.

*Zephro torna, e 'l bel tempo rimena,  
e i fiori et l'erbe, sua dolce famiglia,  
et garrir Progne et pianger Philomena,  
et primavera candida et vermiglia.  
Ridono i prati, e 'l ciel si rasserena  
Giove s'allegra di mirar sua figlia;  
l'aria et l'acqua et la terra è d'amor piena;  
ogni animal d'amar si riconsiglia.*

**Maestrale:** soffia da Nord-ovest [NW – 315°]

Il *maestrale* spira da Nord-ovest; le possibilità di etimologia sono varie, o perché spira direttamente su Roma (Magistra mundi), o anche Venezia (la via maestra dal porto di origine), oppure perché è il "principale di tutte le correnti, il maestro della navigazione".

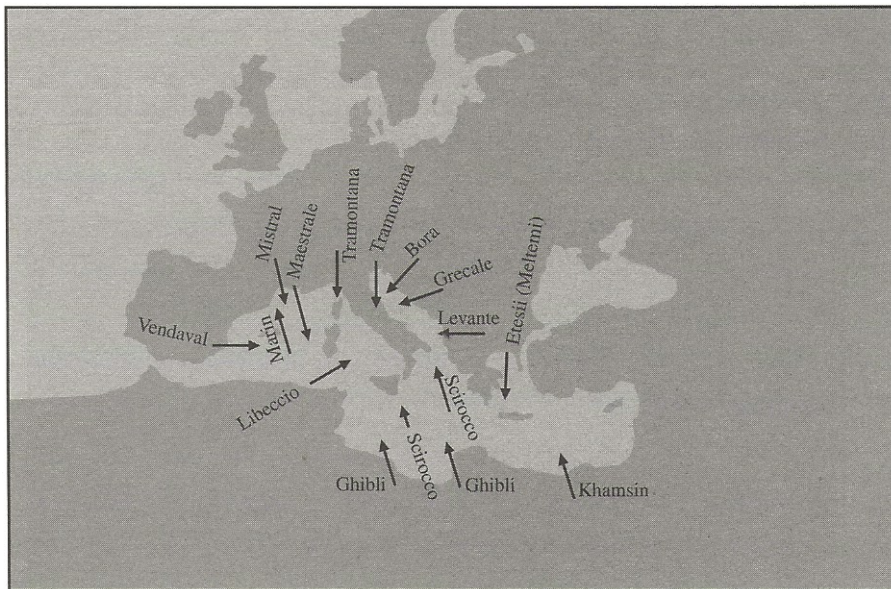
*Maistrali*  
*Unchia e sdunchia.* (Sicilia)

*Maestrale*  
*Gonfia e sgonfia.*

Il teologo domenicano ed umanista italiano **Leonardo Dati** (1360 – 1425), in **La sfera**, offre in versi queste equivalenze dei nomi dei venti antichi con quelli che conosciamo.

*Zefiro è quel che noi diciam Ponente  
e Coro Maestrale; ed Aquilone  
Tramontana si chiama, e pio seguente  
Borea detto Greco. Euro si pone  
per lo Levante e Noto incontinente:  
Scilocco ha nome e seguita Affricone  
ch'è Mezzodi; e l'ultimo è del chiostro  
Libeccio ovver Garbin, che si dice Ostro*

## I venti del mediterraneo



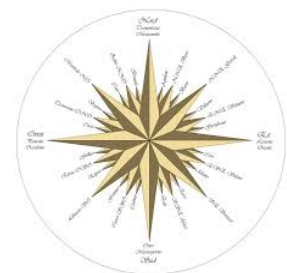
### Curiosità

Il **khamsin**, o **camsin**, deriva dall'arabo خمسين (khamsīn) e significa 50 (cinquanta), che è il numero di giorni consecutivi in cui il vento, secondo la tradizione, spirerebbe con una certa costanza è uno dei venti caratteristici del deserto del Sahara.

Soffia da sud-sudest portando caldo e sabbia in tutta la zona orientale del *Nor-d'africa* e sulla penisola araba; pur non essendo un vento ciclico (stagionale come ad esempio i monsoni), compare per lunghi periodi di tempo tra il tardo inverno e l'inizio estate (tra aprile e giugno la frequenza più alta).

Nella sua estensione massima la rosa dei venti si suddivide in:

- ♦ quattro **quadranti** da 90°, che porta ad una suddivisione in 4 punti
- ♦ ogni quadrante si divide in due **venti** di 45°, arrivando così a 8 punti
- ♦ ogni *vento* si divide in due **mezzi venti** da 22°30' arrivando così a 16 punti
- ♦ ogni *mezzo vento* si divide in due **quarte** (o **rombi**) da 11°15', arrivando così a 32 punti
- ♦ ogni *quarta* si divide in due **mezze quarte** da 5°37'30", arrivando così a 64 punti
- ♦ ogni *mezza quarta* si divide in due **quartine** da 2°48'45", arrivando così a 128 punti



Anticamente ogni bussola recava, sullo sfondo, l'immagine di una rosa dei venti a 32 punte come nel disegno appena sopra.














L'orizzonte veniva così suddiviso in trentadue parti, che prendevano il nome di **quarte** o, per la forma che si viene a determinare nel disegnarle, il nome di **rombi**; esse servivano come unità di misura approssimativa nelle manovre di accostamento (es: *accosta due quarte a dritta*).

In *dorgalese* il **vento** si chiama: **bentu**, **aeredda**.

Per indicare l'intensità del vento si utilizza la scala empirica di Beaufort, ideata dal e cartografo ed esploratore britannico **Sir Francois Beaufort** (1774 – 1857), costituita da

dodici gradi.

### La scala Beaufort, in ordine d'intensità

		Velocità del vento				Denominazione Descrizione	
		Km / h	m / s	nodi	mph		
0		< 1	< 0,2	< 1	< 1	<b>Calma (calm):</b> <i>Il fumo ascende verticalmente; il mare è uno specchio</i>	
1		1 ÷ 5	0,3 ÷ 1,5	1 ÷ 3	1 ÷ 3	<b>Bava di vento (light air):</b> <i>Il vento devia il fumo, la banderuola resta ferma; increspature d'acqua</i>	
2		6 ÷ 11	1,6 ÷ 3,3	4 ÷ 6	4 ÷ 7	<b>Brezza leggera (light breeze):</b> <i>Le foglie stormiscono, la banderuola si muove; onde piccole ma evidenti</i>	
3		12 ÷ 19	3,4 ÷ 5,4	7 ÷ 10	8 ÷ 12	<b>Brezza tesa (gentle breeze):</b> <i>Le lenzuola ondeggiano, il vento tende la banderuola</i>	
4		20 ÷ 28	5,5 ÷ 7,9	11 ÷ 16	13 ÷ 18	<b>Vento moderato (moderate breeze):</b> <i>Il vento solleva i fogli di carta, si muovano i rami più sottili</i>	
5		29 ÷ 38	8,0 ÷ 10,7	17 ÷ 21	19 ÷ 24	<b>Vento teso (fresh breeze):</b> <i>I piccoli alberelli si agitano ed iniziano ad oscillare</i>	
6		39 ÷ 49	10,8 ÷ 13,8	22 ÷ 27	25 ÷ 31	<b>Vento fresco (strong Breeze):</b> <i>Si muovono i grossi rami, è difficile usare l' ombrello</i>	
7		50 ÷ 61	13,9 ÷ 17,1	28 ÷ 33	32 ÷ 38	<b>Vento forte (near gale):</b> <i>I grossi alberi si muovono, è difficile camminare controvento</i>	
8		62 ÷ 74	17,2 ÷ 20,7	34 ÷ 40	39 ÷ 46	<b>Burrasca (gale):</b> <i>I rami degli alberi si rompono, è molto difficile camminare all'aperto</i>	
9		75 ÷ 88	20,8 ÷ 24,4	41 ÷ 47	47 ÷ 55	<b>Burrasca forte (strong gale):</b> <i>Lievi danni ai fabbricati: si staccano tegole e comignoli</i>	
10		89 ÷ 102	24,5 ÷ 28,4	48 ÷ 55	56 ÷ 64	<b>Tempesta (storm):</b> <i>Sradica i piccoli alberi, sensibili danni ai fabbricati</i>	
11		103 ÷ 117	28,5 ÷ 32,6	56 ÷ 63	65 ÷ 73	<b>Fortunale (violent storm):</b> <i>Sradica i grandi alberi, danni gravi ai fabbricati</i>	
12		> 118	> 32,7	> 64	> 74	<b>Uragano (hurricane):</b> <i>Danni ingentissimi generalizzati</i>	

In dorgalese:

la **tramontana** si chiama **travuntana**.

il **grecale** si chiama **marinu areste**.

il **levante** si chiama **bentu marinu areste**.

lo **scirocco** si chiama **marinu**.

il **mezzogiorno** si chiama **mesudie**.

il **libeccio** si chiama **ozastresu**.

il **ponente** si chiama **bentu 'e susu**.

il **maestrale** si chiama **traessarzu**.

Ignoranti quem portum petat nullus suus ventus est (Nessun vento e favorevole per il marinaio che non sa a quale porto vuol approdare).

Lucio Anneo Seneca (4 a.C. – 65 d.C.)

## La forza di Coriolis

### Definizione

La **forza di Coriolis**, dal nome del e matematico e fisico ed ingegnere francese **Gaspard Gustave de Coriolis** (1792 – 1843), che lo descrisse per la prima volta in maniera dettagliata nel «1835».

È una forza *apparente o fittizia o inerziale*, a cui risulta soggetto un corpo quando si osserva il suo moto da un sistema di riferimento che sia in moto rotatorio rispetto ad un sistema di riferimento inerziale; dipende, anche come direzione, dalla velocità del corpo rispetto al sistema di riferimento rotante (non inerziale).

### Precisazioni

Una forza apparente è una forza che agisce su un corpo anche se non vi viene applicata direttamente.

### Trattazione

La **forza di Coriolis** agisce solo sui corpi in movimento ed agisce sui corpi in direzione perpendicolare al loro moto.

Un corpo che si trovasse su una superficie circolare rotante e si muovesse, dal centro verso l'esterno, lungo un suo raggio su un piano che si muovesse in senso antiorario, avverirebbe una spinta verso destra.

La **forza di Coriolis** è alla base della formazione dei sistemi e **ciclonici** ed **anticiclonici** nell'atmosfera ed ha effetti non trascurabili in tutti i casi in cui un corpo sulla Terra si muova ad alta velocità su lunghi percorsi, come per esempio nel caso o di proiettili d'artiglieria o di missili a lunga gittata o di masse d'aria in movimento.

Sulla superficie terrestre tutti i punti ruotano alla stessa velocità angolare, ma i punti della sua superficie non ruotano sempre alla stessa velocità tangenziale.

Un punto all'equatore percorre la circonferenza terrestre, di circa «40 000 km», in «24 ore» con una velocità di circa «1 670  $\text{km/h}$ », un punto alla latitudine di « $\varphi = 45^\circ$ » percorre, nelle «24 ore», una circonferenza di circa «28 380 km» con una velocità di circa «1 183  $\text{km/h}$ », la velocità tangenziale di un corpo all'equatore è maggiore di quella di un corpo alla latitudine di « $45^\circ$ »; la velocità tangenziale di un corpo, pertanto, decresce andando dall'equatore verso i poli.

La **forza di Coriolis** nasce dal fatto che un vento che vada dai poli verso l'equatore tenderà a mantenere la stessa velocità che aveva all'origine, quindi a spostarsi, dal punto di vista di chi è vincolato alla superficie, verso ovest; al contrario, un vento che spiri verso i poli tenderà a spostarsi verso est.

La circonferenza del parallelo alla latitudine « $\varphi$ » è data dall'equazione:

$$C_{C\varphi} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{a \cdot \cos \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi}}$$

**In cui:**  $a$  = semiasse maggiore terrestre -  $\varphi$  = latitudine

Vedi, dello stesso Autore la Dispensa *Formule di Geodesia* nel sito di **Paolo Salimbeni** «<http://www.paolosalimbeni.it>».

### Curiosità

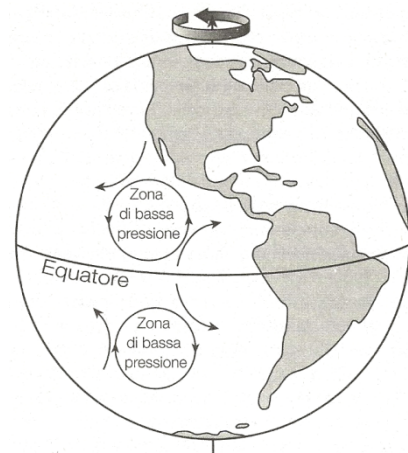
La **forza di Coriolis** deve essere considerata nel calcolo delle traiettorie di razzi, proiettili di artiglieria e anche di pallottole a lungo volo, dove per queste ultime l'effetto, sebbene spesso trascurabile, è anche in grado di produrre una deviazione di alcuni centimetri su obiettivi distanti un chilometro.

### Frequenza di Coriolis

La **frequenza di Coriolis** « $f$ », nota anche come o **parametro di Coriolis** o **coefficiente di Coriolis**, è uguale a due volte la velocità di rotazione terrestre « $\Omega$ » moltiplicata per il seno della latitudine « $\varphi$ ».

$$f = 2 \cdot \Omega \cdot \sin \varphi$$

La velocità di rotazione della Terra ( $\Omega = 7,2921 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$ ) può essere calcolata come « $2\pi / T$ » radianti al secondo, dove « $T$ » è il periodo di rotazione della Terra, pari a un giorno siderale (23 hr 56 m 4,1 s).



Alle medie latitudini il valore tipico di « $f$ » è circa « $10^{-4} \text{ rad/s}$ ». Le oscillazioni inerziali sulla superficie terrestre hanno proprio questa frequenza e sono il risultato dell'effetto Coriolis.

### **Fra leggenda e realtà**

È un'idea diffusa che l'**effetto Coriolis** determini il senso di rotazione dei vortici che si creano quando si stappa lo scarico di un lavandino: nell'Emisfero boreale la rotazione sarebbe in senso antiorario, mentre sarebbe opposta, quindi orario, nell'Emisfero australe.

Dal punto di vista teorico l'affermazione è corretta, ma lavorando analiticamente è possibile valutare la rilevanza dell'effetto Coriolis sul verso di rotazione dell'acqua nello scarico; se ne evince, pertanto, che l'effetto Coriolis in sistemi dimensionalmente simili a quelli dell'esperienza quotidiana è diversi ordini di grandezza inferiore rispetto a molti altri contributi: la geometria e della vasca e dello scarico, l'inclinazione del piano e soprattutto i moti e vorticosi ed iniziali ed interni dell'acqua.

### **L'effetto sull'atmosfera**

L'**effetto Coriolis** ha un ruolo molto importante e nella dinamica atmosferica e sulla meteorologia, poiché influisce sui venti, sulla formazione e rotazione delle tempeste, così come sulla direzione delle correnti oceaniche: **spirale di Ekman** (vedi a pagina 106).

Le masse d'aria che si riscaldano all'equatore, e diminuiscono in densità e salgono, richiamando aria più fredda che scorre sulla superficie terrestre verso l'equatore, non acquisiscono la velocità necessaria per mantenersi in *co-rotazione* con la terra, poiché non vi è abbastanza attrito tra la superficie e l'aria.

Nella parte superiore dell'atmosfera l'attrito ha scarsa influenza sui venti e le particelle di aria sono soggette esclusivamente ed alla forza dovuta al gradiente di pressione ed all'effetto Coriolis; queste due forze tendono a compensarsi, e per questo motivo le correnti d'aria ad alta quota tendono a scorrere parallelamente alle isobare (i venti generati con questa dinamica sono chiamati **geostrofici**).

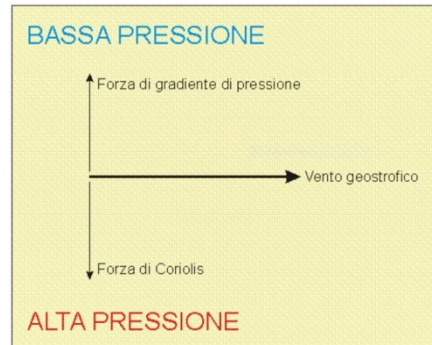
## Il vento geostrofico

### Definizione

Il **vento geostrofico** è un vento teorico risultante dal perfetto equilibrio tra la forza di Coriolis, dovuta alla rotazione terrestre, e la forza dovuta al gradiente orizzontale di pressione originata dalla diversa distribuzione delle ed alte e basse pressioni quando non vi sono altre forze in gioco; questa condizione è chiamata bilancio geostrofico.

Il **bilancio geostrofico** è la condizione in cui la forza di Coriolis è bilanciata dalla forza di pressione; si tratta di una condizione molto importante in meteorologia e climatologia, dato che tutti i moti ed atmosferici ed oceanici, su larga scala, possono essere considerati approssimativamente in bilancio geostrofico.

Il vento geostrofico ha la caratteristica di essere diretto parallelamente alle isobare; nonostante sia frutto di approssimazioni, si nota che alle medie latitudini le condizioni reali non differiscono molto dal bilancio geostrofico, come mostrato qui di seguito.



### Analisi in scala delle grandezze da considerare

Velocità orizzontale	$10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Velocità verticale	$1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$
Dimensioni orizzontali	$10^6 \text{ m} = 1\,000 \text{ km}$
Dimensioni verticali	$10^4 = 10 \text{ km}$
Fluttuazioni orizzontali di pressione	$10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
Sala temporale	$10^5 \approx 27,78^{\text{h}}$
Parametro di Coriolis	$10^{-4}$ (per $\varphi = 45^\circ$ )

### Calcolo del vento geostrofico

$$V_{ge} = g \cdot \frac{1}{2 \cdot \omega \cdot \sin \varphi} \cdot \frac{\Delta z}{\Delta n}$$

In cui:  $g$  = accelerazione di gravità terrestre:  $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  -  $\omega$  = velocità angolare della terra:  $7,292 \text{ rad} \cdot \text{sec}^{-1}$  -  $\varphi$  = latitudine considerata, espressa in radianti -  $\Delta z$  = differenza di geopotenziale, espressa in metri -  $\Delta n$  = differenza fra due isoipse successive, espressa in metri.

per esempio, consideriamo i seguenti valori:

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\omega = 7,292 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\varphi = 45^\circ \approx 0,785 \text{ rad}$$

$$\Delta z = 10 \text{ m}$$

$$\Delta n = 200 \text{ km} = 200\,000 \text{ m}$$

$$V_{ge} = 9,81 \cdot \frac{1}{2 \cdot 7,292 \cdot 10^{-5} \cdot \sin 0,785} \cdot \frac{10}{200\,000} \approx 4,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} (\approx 17,28 \text{ km/h})$$

### Legge di Buys-Ballot

Le masse d'aria tendono a fluire direttamente dalle aree di alta pressione a quelle di bassa pressione; a cagione, per contro, e dell'effetto Coriolis (vedi: *La forza di Coriolis*, a pagina 30) e della forza d'attrito il movimento dell'aria risulta modificato.

I venti al suolo, pertanto, invece di tagliare perpendicolarmente le isobare, risultano leggermente angolati ad esse; più le isobare sono ravvicinate, più sarà elevata l'intensità del vento.

Si può, quindi, affermare che dalla direzione del vento è possibile determinare la posizione del centro e dell'alta e della bassa pressione servendosi della legge di Buys-Ballot.

In meteorologia la **legge di Buys Ballot**, dal nome del meteorologo olandese **Christophorus Buys Ballot** (1817 - 1890), afferma che un osservatore, e nell'emisfero boreale ed al di fuori delle regioni equatoriali, piazzato spalle al vento si trova l'area di bassa pressione «B» davanti a sinistra e di alta pressione «A» dietro a destra.



L'aria, pertanto, circola in senso antiorario intorno alle zone di bassa pressione, in senso orario intorno alle zone di alta pressione; l'opposto avviene nell'emisfero australe.

L'angolo formato dalla direzione del vento con le isobare, dipendente dall'attrito che l'aria incontra al suolo (vedi: in *La micrometeorologia* – **La rugosità**, a pagina 18), è minore sul mare circa « $10^\circ \div 20^\circ$ » ed è maggiore sulla terra circa « $25^\circ \div 35^\circ$ »

## Le brezze

### Definizione

In meteorologia la **brezza** è un vento e debole e locale e periodico appartenente alla circolazione terziaria, influenzato da mutamenti di pressione atmosferica, con velocità usualmente comprese tra i «6 km/h ÷ 38 km/h»; è caratterizzata da e regolari ed alterne variazioni di direzione nel corso della giornata..

La brezza è generata dalla diversa capacità termica del suolo sottostante alle masse d'aria, ossia alla differente velocità con cui le diverse masse d'aria o si riscaldano o si raffreddano quando sono esposte, o meno, alla radiazione solare.

La differenza di temperatura (o salto termico o « $\Delta t$ ») tra zone limitrofe determina una differenza di pressione atmosferica che genera una corrente di debole forza detta: Brezza.

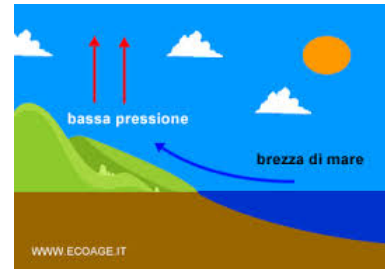
### La brezza di mare

La capacità termica dell'acqua è maggiore rispetto a quella della terraferma, pertanto, al sorgere del Sole, le masse d'aria sopra e i mari e i laghi si riscaldano più lentamente rispetto a quelle sopra la terraferma.

Questa circostanza causa e una situazione di alta pressione sopra le superfici e del mare e dei laghi e una situazione di bassa pressione sopra la terraferma; si genera, pertanto, lo spostamento di masse d'aria dal mare e dei laghi verso le terreferme.

La brezza di mare ha origine sulla superficie delle acque, nei pressi dei litorali, e può spingersi all'interno delle terreferme per decine di chilometri e, dal suolo, fino ad una quota di circa «400 m».

Il fenomeno si presenta: nella regioni temperate durante i mesi estivi, nelle regioni equatoriali in qualsiasi stagione.



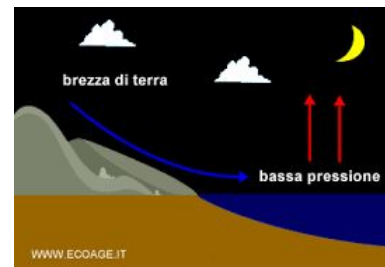
### Curiosità

Quando le brezze diurne si sviluppano su superfici molto estese interviene la *forza deviante di Coriolis* a far sì che il loro moto non sia più perpendicolare alle linee di costa; così le brezze che si manifestano presso le coste tirreniche italiane, inizialmente sud-occidentali, danno luogo, nel corso del pomeriggio, al caratteristico *ponentino* che attenua la calura pomeridiana di Roma.

### La brezza di terra

Al calare del Sole, o quando il tempo cambia bruscamente dal sereno al coperto, le masse d'aria sovrastanti la terraferma si raffreddano più velocemente rispetto a quelle sovrastanti le acque e dei mari e dei laghi.

Si genera, pertanto, e una situazione di alta pressione sulla terraferma e una situazione di bassa pressione sopra e i mari e i laghi con conseguente spostamento di masse d'aria dalle terreferme verso e i mari e i laghi.



### La brezza di lago

È simile alla brezza di mare, ma ha origine lungo le coste dei vasti laghi, durante le ore diurne.

### La brezza di riva

È simile alla brezza di terra, ma ha origine lungo le rive dei vasti laghi, durante le ore notturne.

### La brezza di valle

È un vento periodico anabatico caldo-umido che risale dalle valli verso i monti; è originato dalla differenza di temperatura fra le masse d'aria sovrastanti le valli e quelle sovrastanti le cime delle montagne.

Le cime delle montagne, infatti, vengono riscaldate dal Sole prima che le valli e, pertanto, nelle prime ore del giorno, assorbono più calore scaldandosi più velocemente che non i fondovalle.

A ragione di ciò, le masse d'aria più fredda nei fondovalle, zone d'alta pressione, risalgono lungo i pendii verso le zone di bassa pressione in alto.

### Precisazioni

In meteorologia un **vento anabatico** è un vento che soffia risalendo od una pendenza ripida od il fianco di una montagna o per effetto orografico (*convezione forzata* da stau) o per effetto del riscaldamento dell'aria (*convezione libera*); l'etimologia del nome deriva dal greco αναβατικός e significa *che va in su*.

La brezza del mattino a segreti da dirti. Non tornare a dormire  
Jalāl al-Dīn Muḥammad Balkhī (1207 - 1273)

### La brezza di monte

È un vento periodico catabatico freddo-secco che discende dai monti verso le valli; è originato dalla differenza di temperatura fra le masse d'aria sovrastanti le valli e quelle sovrastanti le cime delle montagne.

Le cime delle montagne, infatti, nelle prime ore della notte si raffreddano più velocemente del fondovalle il quale, cedendo più lentamente il calore accumulato durante il giorno, crea una zona di bassa pressione.

A ragione di ciò, le masse d'aria più fredde delle cime delle montagne, zone d'alta pressione, discendono lungo i pendii verso le zone di bassa pressione in basso.

Questo fenomeno è particolarmente marcato nei mesi estivi.

#### Precisazioni

In meteorologia un **vento catabatico** (dal termine greco *katabatikos*, che significa "che va verso il basso"), è un vento che soffia scendendo da un'inclinazione topografica, come od una collina od una montagna o un ghiacciaio od un plateau; questo tipo di vento, particolarmente quando spirava su una vasta area, viene talvolta chiamato **vento di caduta**.

#### Osservazioni

La brezza di monte e la brezza di valle sono fortemente influenzate dalla morfologia dei terreni, pertanto, non si verificano ovunque allo stesso modo.

### La brezza di ghiacciaio

Le masse d'aria sovrastanti il ghiacciaio e si riscaldano più lentamente e si raffreddano più rapidamente rispetto alla diverse zone attigue dando luogo, a causa della differenza di temperatura e, pertanto, alla differenza di pressione fra le masse d'aria sovrastante i ghiacciai e quelle sovrastanti le zone limitrofe, ad un vento periodico freddo.

### La brezza di foresta

Il fenomeno della brezza si origina anche tra e le foreste e i vicini suoli pianeggianti nudi i quali e si riscaldano e si raffreddano più rapidamente rispetto alle foreste.

La differenza di temperatura, che si crea, genera una differenza di pressione atmosferica e, pertanto, allo spostamento delle masse d'aria da una zona all'altra.

### Caratteristica delle brezze

Come già detto la *velocità del vento di brezza* dipende dalla differenza di pressione e varia, su una superficie piana a livello del mare, usualmente da  $6 \text{ km/h}$  a  $38 \text{ km/h}$ .

#### Brezza leggera ( $6 \text{ km/h} + 11 \text{ km/h}$ )

È un vento molto debole classificato al 2° grado della scala Beaufort.

#### Brezza normale ( $12 \text{ km/h} + 19 \text{ km/h}$ )

È un vento classificato al 3° grado della scala Beaufort.

#### Brezza vivace ( $20 \text{ km/h} + 28 \text{ km/h}$ )

È un vento classificato al 4° grado della scala Beaufort.

#### Brezza tesa ( $29 \text{ km/h} + 38 \text{ km/h}$ )

È un vento classificato al 5° grado della scala Beaufort.

In *dorgalese* la **brezza** si chiama: **benticheddu**.

Come detto, la causa principale delle brezze e di mare e di terra si instaurano a causa della diversa capacità termica e dell'acqua e del terreno.

### Calore specifico per unità di massa, Capacità termica per unità di superficie

Tipo di superficie	Calore specifico $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	Capacità termica $\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
Oceani	$4,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^8$
Continenti	$8,0 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^6$

## I cicloni tropicali

### Definizione

In meteorologia i **cicloni tropicali** sono una perturbazione atmosferica associata ad un'area di bassa pressione delimitata da isobare chiuse, con valori crescenti dal centro verso la periferia, all'interno delle quali e si formano venti furiosi che ruotano intorno al centro ad elevatissima velocità e si generano formazioni nuvolose che danno luogo alle piogge più violente note sulla Terra; appartengono alla famiglia dei *cicloni tropicali*: i **cicloni**, gli **uragani**, i **tifoni**, i **tornado**.

A seconda della regione vengono usati termini diversi per descrivere i *cicloni tropicali* con venti massimi sostenuti che superano i «33 <sup>m</sup>/s» (o «119 <sup>km</sup>/h» o «63 nodi»):

- **Ciclone** deriva dal greco *kuklos* (che significa *circolare*) ed è il termine da sempre conosciuto nell'Oceano Indiano (*cyclones*), da quando è stato utilizzato per la prima volta dal presidente della Commissione Marittima di Calcutta a metà del XIX secolo; viene usato anche nel Pacifico meridionale.

In *dorgalese* il **ciclone** si chiama: **irrida, mala, dilluviu**.

- **Uragano** è il termine con cui vengono chiamati i cicloni nell'Atlantico settentrionale (*hurricanes*, vedi Uragano atlantico) e nel Pacifico e centro-settentrionale e nord-orientale, a est della linea del cambiamento di data, in memoria del dio Maya delle tempeste, **Hunraken**.

In *dorgalese* l'**uragano** si chiama: **trechetu, irrida**.

- **Tifone**, o da *tái fēng* (cinese semplificato 台风, cinese tradizionale 颱風) o da *fēng* (大风, 大風 che significa *grande vento*), è il termine con cui vengono chiamati i cicloni nel Pacifico nord-occidentale, a ovest della linea del cambiamento di data, nel Mare della Cina (typhoon),;

In *dorgalese* il **tifone** si chiama: **buriana**.

Gli **uragani** sono, in sostanza, cicloni a grande scala, ma queste enormi tempeste hanno anche due requisiti fondamentali: calore e umidità; di conseguenza si sviluppano soltanto ai tropici; tra le latitudini «5° e 20°» o «N» o «S» e in regioni dove la temperatura dell'acqua supera i «27 °C».

Quasi sempre gli uragani si muovono, all'inizio, verso ovest poi curvano, allontanandosi dall'equatore e si abbattano sulla terraferma con risultati disastrosi; oppure proseguono al di sopra degli oceani fino a sorvolare acque superficiali fresche, esaurendosi naturalmente.

Le condizioni ed atmosferiche ed oceaniche favoriscono lo sviluppo degli uragani, soprattutto durante l'estate e l'autunno; le regioni in cui tali manifestazioni sono più frequenti sono ed il Pacifico nord-occidentale ed il golfo del Bengala e l'Oceano Indiano sud-occidentale (Maddagascar e le isole Mauritius e nei mari a nord dell'Australia).

Non ci sono mai due uragani esattamente uguali, ma uno tipico può avere «600 km» di diametro, con venti che convergono a spirale verso il centro a velocità anche di «180 <sup>km</sup>/h»; il diametro dell'occhio può variare da «6 km a 40 km» e la pressione, al suo interno, può arrivare anche a «950 mb» od inferiore.

### Curiosità

Al centro del tifone **Tip** la pressione registrata fu di «870 mb» (la più bassa mai registrata); la massima velocità del vento fu di «300 <sup>km</sup>/h» e il diametro dell'uragano fu di «2 200 km».

Il formarsi di un uragano è dovuto, molto sommariamente, al calore latente che il vapore acqueo dell'oceano libera quando condensa e che fa riscaldare l'aria circostante; quest'ultima inizia a salire e riscaldandosi maggiormente e salendo ancora più velocemente.

Questo fenomeno, a sua volta, richiama altra aria calda carica di umidità che sale anch'essa e libera ancora più calore; una volta instaurata questa reazione a catena, la *macchina energetica* resterà in moto finché non esaurirà il suo *combustibile*, cioè l'aria calda e umida aspirata dall'oceano.

L'occhio dell'uragano è una piccola zona in cui, di solito, il cielo limpido è sgombro da nubi e contiene una colonna d'aria e calda ed umida che scende lentamente; Il vento è lieve e qualche fulmine va da nube a nube e si è completamente circondati da un muro di nubi.

Al livello del suolo c'è un piccolo aumento di temperatura, ma nella media atmosfera, alla quota di circa «5 500 m» (al livello dei «500 mb») la temperatura nell'occhio può essere anche di «18 °C» più alta rispetto allo stesso livello sul margine esterno dell'uragano.

Questo nucleo caldo è la parte essenziale dell'uragano, poiché, dato che l'aria calda è meno densa della fredda, essa esercita minor pressione; il nucleo, pertanto, tiene in vita il centro di bassa pressione della tempesta, che a sua volta attira l'aria dall'esterno verso la

base dell'uragano.

Poche persone hanno potuto assistere allo spettacolo di vedere l'occhio del ciclone sopra se stessi.

## Classificazione dei cicloni

### Trattazione

La **scala Saffir-Simpson** (abbreviata in SSHS, dall'inglese *Saffir-Simson hurricane scale*) è un sistema di misurazione, dell'intensità dei cicloni tropicali, messa a punto nel 1969 dai due scienziati statunitensi e **Herbert Seymour Saffir** (1917 – 2007) e **Robert Wilfred Levick Simpson** (1921 – 1997); articolata in cinque categorie, in dipendenza della velocità del vento, fornisce una misura empirica dell'intensità dei danni che possono essere provocati dallo scatenarsi di un ciclone.

Vengono considerati *cicloni tropicali* dei fenomeni in cui la velocità del vento supera i «33 m/s», ossia «119 km/h»; al di sotto di questo valore vengono considerati o **tempeste tropicali** o **depressioni tropicali**.

Al di sotto dei «119 km/h», spesso, i venti vengono valutati usando le «12 categorie» della **scala Beaufort** perfezionata nel 1805, sulla base delle precedenti teorie del e geografo e cartografo ed esploratore scozzese **Alexander Dalrymple** (1737 – 1808), dall'ammiraglio britannico **Francis Beaufort** (1774 - 1857).

Categoria	Velocità m • s <sup>-1</sup>	Velocità km • h <sup>-1</sup>	Velocità nodi	Velocità mi • h <sup>-1</sup>	Effetti macroscopici
<b>1</b> <i>minimo</i>	33÷42,5	119÷153	64÷82	74÷95	Già al livello «1» della scala Saffir-Simpson, si parla di venti molto pericolosi che potrebbero produrre qualche danno come spiega il National hurricane center, le case costruite con buone strutture potrebbero avere danni ai tetti, od alle tegole od alle grondaie; gli alberi potrebbero rompersi e le linee elettriche potrebbero interrompersi per giorni.
<b>2</b> <i>moderato</i>	42,7÷49,1	154÷177	83÷95	96÷110	In questo caso i venti sono estremamente pericolosi; i danni alle costruzioni potrebbero non riguardare solo i tetti, ma anche alcune pareti esterne, così come gli alberi potrebbero e cadere e bloc-care numerose strade. Ci si può aspettare anche una perdita della corrente che duri per giorni o settimane.
<b>3</b> <i>forte</i>	49,4÷57,7	178÷208	97÷112	111÷129	È la circostanza per cui ci saranno danni devastanti; da questo livello in poi si parla di grandi uragani. Potrebbero essere sollevati tetti di case e potrebbero cadere molti alberi; oltre alla mancanza di elettricità, in questi casi, si potrebbe verificare anche l'assenza della fornitura di acqua.
<b>4</b> <i>fortissimo</i>	58÷69,7	209÷251	113÷136	130÷156	I danni, in questo caso, sono catastrofici; le case, oltre al tetto, potrebbero perdere anche muri esterni e alcune aree si potrebbero ritrovare ed isolate ed allagate. La maggior parte della zona colpita diventa inagibile, anche per o settimane o mesi.
<b>5</b> <i>disastroso</i>	>70	>252	>137	>157	È lo scenario peggiore, quello in cui ci sono i danni maggiori alle abitazioni e i rischi più alti per la popolazione. Questa è stato il livello, per fare un esempio, dell'uragano Katrina del 2005, che ha colpito la città americana di New Orleans ed è stato uno dei peggiori disastri naturali degli Usa.

Gli uragani fanno un sacco di rumore; fanno un sacco di danni; inoltre l'uomo non ha trovato il modo di controllarli. Non c'è da meravigliarsi che diano loro nomi di donne.

**Robert Orben** (1927 - ?)

### Tipi di cicloni

I cicloni sono di due diversi tipi, o **dinamici** o **termici**.

#### I cicloni dinamici

I **cicloni dinamici** sono di natura *fredda*, cioè contengono al loro interno aria più fredda di quella delle zone adiacenti poiché nascono in prossimità del circolo polare (od artico od antartico) ad opera delle veloci correnti occidentali in quota (la cosiddetta *corrente a getto*) che generano potenti *risucchi* di aria verso l'alto.

Poiché sono freddi, sono presenti a tutte le quote; tali cicloni si muovono lentamente da ovest verso est e comprendono i fronti e caldi e freddi più noti come: *perturbazioni*.

#### I cicloni termici

I **cicloni termici** sono uno dei possibili meccanismi in grado di generare sia un'area di bassa pressione in una porzione di atmosfera sia un il differente riscaldamento della superficie terrestre da parte dei raggi solari; sono costituiti da aria più calda di quella delle zone adiacenti e, pertanto, si esauriscono con la quota, poiché, nell'aria calda la pressione diminuisce più lentamente con la quota.

La pressione atmosferica, infatti, in un qualsiasi punto della superficie terrestre è prodotta dal peso della colonna d'aria sovrastante; se in quel punto l'aria viene scaldata si verifica un calo della sua densità e, pertanto, in pratica, a parità di volume occupato, l'aria pesa di meno.

Nello stesso tempo, a causa del fatto che tra due fluidi mescolati quello più leggero tende ad occupare i livelli superiori e viceversa, si genera un moto ascensionale dell'aria la quale, raggiunta la sommità, diverge spostandosi definitivamente da quella verticale.

Facendo i conti, l'aria che sfugge dall'alto va a sottrarsi all'intera colonna sottostante col risultato che sopra quel punto vi è e meno quantità d'aria e meno peso e, pertanto, una pressione inferiore rispetto alle zone adiacenti.

Una caratteristica peculiare di queste strutture bariche è che, a differenza dei *cicloni di origine dinamica* (come quelli che interessano normalmente l'Italia), ai livelli superiori si genera un'area anticiclonica; infatti, come si è detto, sopra la colonna l'aria diverge proprio come all'interno delle alte pressioni.

Si formano nelle zone equatoriali o, d'estate, all'interno dei continenti; laddove e la temperatura di partenza è molto elevata e la quantità di vapor acqueo molto abbondante, come nei cicloni tropicali, i fenomeni assumono carattere molto violento:

Le dimensioni tipiche di tali strutture vanno dalle centinaia alle migliaia di chilometri; di conseguenza si comportano come tutte le aree cicloniche con i movimenti dell'aria a spirale attorno al centro; per tale motivo vengono chiamati **cicloni** e, siccome sono generati dal riscaldamento solare, si definiscono **termici**.

Un esempio in piccolo di ciclone termico è un temporale estivo, generato appunto dal surriscaldamento del suolo e che, solitamente, ha vita molto breve.

Gli uragani sono eventi possibili solamente in prossimità dei tropici e, comunque, sul lato orientale dei continenti; non riguardano, pertanto, l'Europa.

#### Curiosità

La parola italiana **ciclone** proviene dall'inglese *cyclone*, derivazione del greco κύκλος (cerchio, giro); il termine fu coniato a metà del 1800 dal capitano inglese **Henry Piddington** (1797 – 1858), ispettore marittimo di stanza in India, appassionato di meteorologia.

## *I tornado*

### **Definizione**

I **tornado** (o **trombe d'aria** o **turbini**) sono fenomeni meteorologici altamente distruttivi; nell'area mediterranea rappresentano il fenomeno più violento che si possa verificare sia pure con frequenza non elevata.

Nessuna tempesta atmosferica è paragonabile al tornado in quanto a violenza e concentrata e distruttiva; esso consiste in una massa d'aria instabile che ruota furiosamente e che sale rapidamente intorno a un centro di bassa pressione.

I tornado si generano a partire da violenti temporali del tipo a supercella; il movimento vorticoso si attiva, generalmente, quando le correnti in quota soffiano ed ad una velocità più elevata e con una differente direzione rispetto ai venti degli strati inferiori provocando la rotazione dell'intero sistema temporalesco.

Se l'aria che sale è anche umida oltre che calda, il vapore acqueo si condensa e liberando il calore latente ed aumentando la spinta ascensionale dell'aria facendola salire ancora più rapidamente; se l'aria in quota è secca, oltre che fredda, l'aria in ascesa diventa ancora più instabile e le correnti ascensionali vengono ulteriormente accelerate.

I tornado ruotano quasi sempre con moto ciclonico, cioè in senso ed antiorario nell'emisfero nord ed orario in quello sud; quando, occasionalmente, i tornado si presentano in coppia, per contro, uno di essi ruota in modo anticiclonico, ma l'esatto e motivo e meccanismo non è stato ancora chiarito.

Quasi sempre appaiono come uno e violento e spaventoso vortice d'aria, che si origina da un cumulonimbus fino a toccare il suolo, sbucante in lontananza dalla semioscurità e spesso accompagnato o seguito da e tuoni e fulmini e violenti rovesci o di pioggia o di grandine (supercelle); possono percorrere centinaia di chilometri ad una velocità media di « $50 \text{ km/h} \div 60 \text{ km/h}$ » e generare turbini violentissimi, impossibili da misurare, ma che con varie analisi si è arrivato a pensare che possano raggiungere velocità comprese tra i « $270 \text{ km/h}$ » e i « $360 \text{ km/h}$ » e, in piccoli mulinelli secondari, che si formano attorno al principale, anche di più, fino ai « $450 \text{ km/h} \div 500 \text{ km/h}$ ».

Un grande tornado ha un diametro mediamente di «500 m», mentre uno piccolo anche meno di «50 m», ma la devastazione, seppur concentrata, che segna il cammino di un tornado è inimmaginabile; Il vento non è l'unica forza distruttrice all'opera in un tornado..

La pressione al centro di un tornado è estremamente bassa, anche questa impossibile da registrarla con precisione, per cui, quando la tempesta passa sopra a un particolare luogo, si verifica una improvvisa e nettissima caduta di pressione; se ciò accade al di sopra di un edificio, il risultato è che la pressione all'interno della struttura si trova di colpo a essere molto superiore a quella esterna e l'edificio letteralmente esplode.

Un altro pericolo è la presenza di violente correnti ascensionali, spesso tante impetuose da sbalzare persone e bestiame a notevoli distanze e, a volte, così furiose da alzare da terra perfino e camion e locomotive.

Granelli di sabbia e sassolini possono essere scagliati con la forza di proiettili, tanto da penetrare profondamente nelle carni; fili di paglia possono conficcarsi come frecce in muri di legno e nemmeno un edificio può offrire sufficiente riparo contro grandi travi e lamiere di tetti che volano roteando e rimbalzando per le vie della città.

I tornado possono generarsi in tutte le stagioni, mentre le condizioni più adatte, al loro verificarsi, si trovano alle medie latitudini

*. . . i nembi radunò,  
sconvolse l'onde,  
tutte incitò le raffiche dei venti,  
e di nuvole empì la terra  
e il mare; e giù dal Ciel  
precipitò la Notte.*

**Odissea – Omero** (in greco antico: Ὅμηρος, *Hómēros*)

### **Classificazione delle trombe d'aria**

La classificazione delle trombe d'aria avviene in base alla rilevazione empirica, a posteriori, dei danni causati secondo la **Scala Fujita avanzata** (che negli Stati Uniti ha sostituito, nel 2007, l'originale **Scala Fujita**, prendendo il nome di **Enhanced Fujita scale**), dal nome del ricercatore giapponese e professore dell'Università di Chicago **Tetsuya Theodore "Ted" Fujita**, 藤田 哲也 *Fujita Tetsuya* (1920 - 1998), che l'ha ideata nel 1971; come per i terremoti, con la **Scala Mercalli**, la suddivisione avviene per gradi di distruttività del fenomeno:

**Curiosità**

**Tetsuya Theodore "Ted" Fujita** [藤田 哲 也 Fujita Tetsuya] (1920 - 1998) è stato un ricercatore giapponese di gravi tempeste del XX secolo.

**Gianni Mercalli** (1850 – 1914) fu un geologo e sismologo e vulcanologo italiano.

**La scala Fujita, in ordine di intensità:**

categoria	Velocità del vento				Frequenza relativa	Danni potenziali
	km/h	mph	kn	m/s		
EF0	105 ÷ 137	65 ÷ 85	57 ÷ 74	29 ÷ 37	56,88%	<p><b>Danni minori</b></p> <p>La copertura dei tetti o le tegole possono essere spazzati via, danni ed alle grondaie ed ai comignoli, grossi rami possono staccarsi dagli alberi.</p> <p>Gli alberi con radici poco profonde possono essere sradicati</p> <p><i>Qualsiasi tornado che non causa danni (ad esempio i tornado che rimangono nei campi e non toccano strutture artificiali) viene classificato come EF0.</i></p>
EF1	138 ÷ 177	86 ÷ 110	75 ÷ 96	38 ÷ 49	31,07%	<p><b>Danni moderati</b></p> <p>I tetti subiscono danni seri venendo parzialmente distrutti, le case mobili possono ribaltarsi e/o subire seri danni, e porte e finestre distrutte.</p> <p>Danni o superficiali od assenti nella strutture in muratura.</p>
EF2	178 ÷ 217	111 ÷ 137	97 ÷ 117	50 ÷ 61	8,80%	<p><b>Danni significanti</b></p> <p>Tetti scoperti, case mobili distrutte, automobili sollevate da terra, alberi grandi e con radici ben profonde possono essere completamente sradicati, oggetti leggeri trasformati in pericolosi detriti volanti ad alta velocità, possibili danni significativi in edifici in muratura.</p>
EF3	218 ÷ 266	138 ÷ 165	118 ÷ 143	62 ÷ 74	2,51%	<p><b>Danni gravi</b></p> <p>Collasso delle pareti dei piani superiori in case o di legno od in muratura, danni gravi anche ad edifici grandi come i centri commerciali, treni capovolti ed automobili leggere lanciate in aria, alberi scorticati.</p>
EF4	267 ÷ 322	166 ÷ 200	144 ÷ 174	75 ÷ 89	0,66%	<p><b>Danni estremi</b></p> <p>Case ben costruite od in legno od in murature completamente distrutte, auto ed altri grandi oggetti lanciati in aria a grandi velocità.</p>
EF5	>322	>200	>174	>89	0,08%	<p><b>Danni catastrofici</b></p> <p>Case ben costruite o in legno o in mattoni completamente spazzate via dalle fondamenta, danni critici a strutture in cemento armato, i grattacieli presentano gravi deformazioni strutturali ed eventualmente possono essere soggetti al crollo, automobili, camion, e vagoni ferroviari possono essere lanciati in aria e ricadere ad oltre 1 km di distanza, erba ed asfalto strappati da terra.</p>

**I tornado gemelli**

I **tornado gemelli** o **doppi tornado** sono un fenomeno atmosferico non facile da poter osservare o filmare, e che a dispetto dell'elevata pericolosità nasconde anche un indubbio fascino: occasionalmente si manifesta laddove la tromba d'aria, che si distingue da ed il tifone e l'uragano, si suddivide in due vortici e distinti e di grandezza simile, come fossero appunto due *gemelli*, raddoppiando i rischi derivanti dalla potenza altamente distruttiva dell'evento catastrofico.

In alcuni casi, soprattutto negli Stati Uniti, ma più raramente anche altrove, Europa compresa, sono stati e registrati ed immortalati due tornado singoli uno di fianco



all'altro..

I *tornado gemelli* o *tornado doppi* sono un fenomeno per cui la scienza non ha ancora una risposta e chiara e precisa sul perché dal cumulonembo si sdoppino i vortici dando vita al curioso evento; quel che è certo è che sono frutto comunque di una sola supercella, sebbene il fenomeno si possa manifestare in modi diversi.

A volte un nuovo tornado si sviluppa prima che l'altro si spenga, mentre in altre situazioni avviene che alla periferia di un tornado primario se ne formi un altro satellite che orbita attorno al primo.

In altre situazioni ancora si è registrato, in particolare con l'abbrivio di tempeste di eccezionale violenza, un tornado al cui interno finisce per generare vortici più piccoli ma molto violenti a causa della forte turbolenza e della rotazione del vortice.

### Le trombe marine

Le **trombe marine** sono colonne d'aria vorticanti a spirale in senso od antiorario (nell'emisfero settentrionale) od orario (nell'emisfero meridionale) che si estendono dalla base di una nuvola temporalesca convettiva verso la superficie dell'acqua; si formano al di sopra o di laghi o di oceani.

Simili ai tornano non hanno, per contro, necessità di temporali particolarmente intensi o per formarsi o per mantenere il loro moto sì che, spesso, possono essere generate solo da un semplice *Cumulus congestus* (vedi a pagina 22).

Si muovono con velocità tipicamente comprese fra «18  $\text{km/h}$  ÷ 36  $\text{km/h}$ », hanno un diametro generalmente compreso fra «1 m ÷ 200 m» e durano di norma fra «15<sup>m</sup> ÷ 30<sup>m</sup>».

Le *trombe marine* si formano attraverso un complesso processo meteorologico e sono associate a temporali convettivi, che si sviluppano in condizioni di instabilità atmosferica; il processo di formazione coinvolge:

- **Instabilità atmosferica:** una differenza di temperatura tra l'aria calda e umida al livello del suolo e l'aria più fredda in quota crea un gradiente termico; questa instabilità favorisce l'ascesa dell'aria calda.
- **Aria ascendente:** l'aria calda si alza rapidamente a causa della convezione, creando una corrente ascendente all'interno della nuvola temporalesca.
- **Rotazione:** la rotazione iniziale può essere causata da vortici preesistenti, come flussi convergenti di vento o gradienti di pressione; questa rotazione inizia a essere accentuata dalla corrente ascendente.
- **Formazione di un mesociclone:** la rotazione si concentra in un mesociclone, un vortice di dimensioni medio-grandi all'interno del temporale. questo mesociclone è il precursore di una tromba marina.
- **Connessione con la superficie dell'acqua:** se le condizioni sono favorevoli ed il mesociclone si intensifica ulteriormente, può estendersi verso il basso, e creando una connessione con la superficie dell'acqua e formando così una tromba marina; se questa connessione non avviene, si ha una funnel cloud.

La complessità di questo processo dipende da vari fattori, tra cui e la temperatura dell'acqua e la differenza di temperatura tra ed aria ed acqua e la topografia circostante e i venti dominanti; le trombe marine sono fenomeni e dinamici ed imprevedibili, rendendole un oggetto e di studio e di osservazione per la meteorologia.

### Le funnel cloud

Le **funnel cloud** o **nubi ad imbuto** sono un fenomeno meteorologico che si verifica quando un vortice rotante di aria, noto come *mesociclone*, si sviluppa all'interno di un cumulonimbus, generalmente associato a un ambiente atmosferico instabile; questo vortice di vento inizia a ruotare su se stesso, generando una colonna d'aria e conica ed appuntita che si estende verso il basso dalla base della nube.

Sono costituite o da goccioline d'acqua condensate o da cristalli di ghiaccio, che le rendono visibili; se la *funnel cloud* e tocca terra e interagisce con la superficie, diventa un *tornado*.

Il processo di formazione coinvolge la presenza di forti gradienti e di temperatura e di umidità, insieme a un vento direzionale che cambia con l'altitudine, creando e le condizioni ideali per la rotazione dell'aria e la formazione della funnel cloud.

Le *funnel cloud* si forma all'interno di un ambiente meteorologico specifico, caratterizzato da condizioni favorevoli alla rotazione dell'aria; il processo di formazione può essere suddiviso in diverse fasi:

- **Condizioni atmosferiche favorevoli:** la presenza di condizioni atmosferiche instabili è fondamentale; ciò include una combinazione e di calore e d'umidità alla superficie, insieme a un raffreddamento rapido in alto, tipico di un'atmosfera instabile.



- **Presenza di cumulonembi:** le nubi a imbuto si formano all'interno di cumulonimbus, che sono nubi temporalesche spesso associate a temporali intensi e potenzialmente violenti.
- **Presenza di mesociclone:** un mesociclone è un vortice e di grandi dimensioni e rotazione ciclonica all'interno di una tempesta; la presenza di un mesociclone è essenziale per la formazione della nube a imbuto.
- **Variazioni di velocità e direzione del vento:** la presenza di gradienti significativi e di velocità e di direzione del vento con l'altitudine favorisce la rotazione dell'aria all'interno del mesociclone.
- **Rotazione dell'aria:** la combinazione di questi fattori crea un ambiente in cui l'aria inizia a ruotare su se stessa all'interno del mesociclone, dando origine alla funnel cloud.
- **Condensazione:** quando l'aria umida inizia a salire all'interno della colonna d'aria in rotazione, si verifica la condensazione delle goccioline d'acqua o dei cristalli di ghiaccio, rendendo visibile la funnel cloud.

Se le condizioni sono sufficientemente favorevoli e la nube ad imbuto tocca terra, può evolversi in un tornado, causando potenziali considerevoli danni.

## I downburst

### Premessa

Il **downburst**, definito come **raffica discendente**, è un fenomeno meteorologico che consiste in una colonna d'aria fredda, in rapida discesa, che giunge perpendicolarmente al suolo con grande violenza espandendosi, poi, in tutte le direzioni in modo radiale e generando fortissime raffiche di vento, con velocità anche superiori ai «100  $\text{km/h}$ » e che a volte acquisiscono un moto vorticoso; la sua violenza è tale da poter essere comparata a uno scoppio: *burst* in inglese.

La foto a destra è stata scattata lunedì 18 luglio 2016 a **Phoenix** (Arizona), ed immortala un **microburst**, uno dei fenomeni più violenti, subito dopo i tornado, associati ad un temporale.



Le raffiche da downburst hanno la peculiarità di essere lineari, nel senso che producono, dal momento in cui la colonna d'aria fredda in prossimità del suolo si espande, un'azione di *spinta* e non di *risucchio*.

I **downburst**, sono l'evento finale del cosiddetto o *downdraft* o *downdraught*, corrente fredda discendente all'interno di una nube temporalesca; essendo associati a fenomeni temporaleschi, sono spesso accompagnati da forti e precipitazioni e fulminazioni.

### Tipi di downburst

Possiamo distinguere i downburst in:

**Wet Downburst** o **raffiche discendenti umide**: costituiscono la stragrande maggioranza dei **downburst** italiani e sono accompagnati da precipitazioni o di pioggia o di grandine perciò il loro raggio d'azione è facilmente individuabile grazie alle bande di precipitazione in discesa dalla base del cumulonembo, purché ci si trovi a sufficiente distanza dalla cella temporalesca; sono, inoltre, associati a intense raffiche di vento.

**Dry Downburst** o **raffiche discendenti secche**: si manifestano in assenza o quasi di pioggia e grandine, quando le precipitazioni, attraversando un ampio strato di aria particolarmente secca (almeno «3 km») di spessore sotto il cumulonembo, evaporano prima di giungere al suolo (virga); causano la formazione di forti raffiche di vento.

**Outburst**: fase di espansione caratterizzata da venti molto forti, anche superiori a «100  $\text{km/h}$  ÷ 120  $\text{km/h}$ », che si dirigono a raggiera, divergendo dal punto centrale, in tutte le direzioni (l'opposto di quello che avviene durante un tornado che tende, per contro, a far convergere i venti verso il punto centrale).

**Downburst ibridi**: consistono in una forma mista tra i *wet downburst* ed i *dry downburst*.

Ed ancora:

**Microburst**: interessano un'area ridotta, inferiore a «4 km» di diametro in linea orizzontale, e possono generare raffiche fino a «270  $\text{km/h}$ »; la durata tipica varia tra «2 min ÷ 5 min», ma possono persistere anche per «10 min» («min» è il simbolo ufficiale del *minuto primo*).

**Macroburst**: si sviluppa su una scala più ampia, rispetto ai *microburst* con venti fino a «215  $\text{km/h}$ »; possono contenere vari *microburst* che a loro volta contengono *burst swaths*.

La durata tipica varia tra «5 min ÷ 20 min», ma possono persistere anche per «30 min».

**Burst swaths**: difficilmente quantificabili a causa e della loro natura effimera e della loro ridotta dimensione, hanno una dimensione dell'ordine di qualche centinaio di metri; nei *burst swaths* in genere si verificano le raffiche più intense che possono causare danni molto simili a quelli di un tornado di categoria «F2 ÷ F3», se i venti lineari interessano una fascia stretta e lunga.

I **burst** sono provocati dallo scompenso tra *correnti ed ascendenti* e *discendenti* e si generano di solito da nubi cariche di pioggia, la temperatura delle quali è inferiore a quella dell'aria intorno; il gradiente termico provoca una pressione più alta nella nube e per bilan-

ciare questa differenza la nube stessa butta aria verso l'esterno.

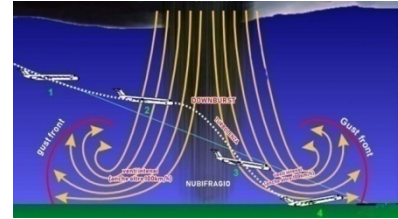
Questo flusso d'aria può costituire un *downburst*.

Le raffiche di vento generate dai *burst* possono causare notevoli danni in maniera anche estesa ed all'area coinvolta ed alle infrastrutture; sono un serio pericolo anche per l'aviazione.

#### Curiosità

Il volo **Delta Air Lines 191** era un volo di linea della Delta Air Lines da Fort Lauderdale a Los Angeles, con scalo intermedio a Dallas; il 2 agosto 1985 il **Lockheed L-1011 TriStar** che operava il volo si è schiantato al suolo mentre eseguiva un atterraggio all'Aeroporto Internazionale di **Dallas-Fort Worth**.

Questo incidente è uno di quelli, riguardante voli commerciali, ad essere stato causato dal fenomeno meteorologico conosciuto come *wind shear* generato da *microburst*.



#### Altre correnti verticali

**Outdraft:** si chiamano così le correnti ascendenti all'interno della formazione nuvolosa; queste possono raggiungere velocità impressionanti, addirittura fino a « $15 \text{ m/s} \div 20 \text{ m/s}$ ».

La velocità aumenta a partire dalla base della nube fino a raggiungere il valore massimo a circa 2/3 della stessa.

**Downdraft:** non sono altro che le correnti che discendono dalla nube; queste possono essere violente, e spesso vengono scambiate per tornado, in realtà sono venti fortissimi che fuoriescono dalla nuvola temporalesca; possono raggiungere una velocità fino a  $150 \text{ km/h}$ .

**Outflow:** la colonna d'aria che sale fino alla sommità della nuvola, una volta esaurita la spinta tende a fuoriuscire orizzontalmente dalla nube, creando così quelle forme ad incudine; questa fuoriuscita si chiama *outflow*.

#### I gust front

I *gust front*, letteralmente il *fronte delle raffiche*, sono fronti d'aria che giungono a gran velocità dopo essersi *fiordate* dall'interno della nube verso il suolo.



L'aria fredda presente nel temporale tende a precipitare dall'alto verso il basso (corrente discendente) per poi raggiungere il suolo a gran velocità assieme alle precipitazioni; o pioggia o grandine, mentre i tuoni diventano sempre più e fragorosi e vicini.

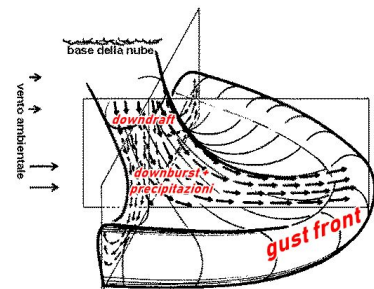
Quando la massa d'aria tocca il suolo da origine a fortissime raffiche di vento che possono superare, in alcune circostanze, addirittura i « $130 \text{ km/h} \div 150 \text{ km/h}$ »; questi venti fortissimi prendono il nome di *downburst* e sono spesso confusi con le *trombe d'aria* quando in realtà

sono due cose totalmente diverse.

Le raffiche di *downburst* dopo aver colpito il suolo tendono a disperdersi in tutte le direzioni, ma con maggior incisività verso il lato dove il temporale avanza; queste raffiche possono muoversi anche ad oltre « $10 \text{ km}$ » dal temporale (dal punto in cui sono precipitate verso il suolo) lungo un ampio raggio, costituendo quindi il *gust front*.

Dopo l'arrivo del fronte delle raffiche solitamente assistiamo alla *shelf cloud* e poi via via agli altri tipici passaggi di un temporale, compreso l'arrivo delle piogge accompagnate dai venti intensi di *downburst*.

I *gust front* sono in grado di procedere per diversi chilometri all'esterno del temporale riuscendo a sollevare altra aria calda dal suolo e spingendola verso l'alto e facilitando la formazione di altri temporali; può essere talmente rapida da discostarsi dal temporale e procedere in tutte le direzioni scatenando improvvise raffiche di vento, anche a cielo sereno.



## Sui vuoti d'aria

#### Trattazione

I giornali e le cronache online, ed in particolar modo i telegiornali, parlano spesso di aerei che hanno incontrato *vuoti d'aria* e che sono *precipitati* anche centinaia se non migliaia di metri prima di ritrovare l'*aria piena*.

In verità, una simile informazione non è del tutto corretta per il semplice motivo che i *vuoti d'aria* non esistono; l'aria può essere od un poco più densa .od un poco meno densa,

ma non potrà mai essere assente in una parte di spazio troposferico..

La Troposfera è caratterizzata da un complesso giuoco di equilibri tra riscaldamento e raffreddamento e percentuale di vapor d'acqua e pressione atmosferica, il tutto influenzato dalla rotazione della Terra.



La mescolanza variabile di questi fattori genera spostamenti orizzontali delle masse d'aria, che chiamiamo *venti*, ma genera anche spostamenti delle masse d'aria e verso l'alto e verso il basso.

Questi ultimi spostamenti li definiamo o *ascendenze* o *discendenze* a seconda che una massa d'aria o salga o scenda; se una massa d'aria sale quella adiacente deve necessariamente scendere.

Il fenomeno ne induce un altro che, nella terminologia ed aeronautica e meteorologica, viene chiamato *turbolenza* e può essere di grado da modesto fino a diventare, in casi molto rari, distruttiva.

Un aereo che incontrasse delle discendenze e delle ascendenze distanziate fra loro sarebbe inizialmente trascinato verso il basso dalla corrente discendente trasmettendo ai passeggeri il senso di precipitare.

## *Le idrometeore*

Con il termine generico di **idrometeore** viene indicato qualsiasi fenomeno meteorologico, osservabile o nell'atmosfera od al suolo, che abbia origine dalle modificazioni del vapore acqueo che si trasforma in un insieme di particelle d'acqua, o liquide o solide; o in sospensione o in caduta o al suolo.



## Le precipitazioni

### Definizione

Col termine generico di **precipitazioni** si intendono tutti quei fenomeni meteorologici di trasferimento di acqua in caduta, allo stato o liquido o solido, dall'atmosfera al suolo.

La **Pioggia** è composta da goccioline d'acqua che cadono al suolo con un diametro maggiore di «0,5 mm» (la loro dimensione raramente accede i «6 mm»).

### Curiosità

Le gocce di pioggia più grosse sono state rilevate nel 2004 in **Brasile** e nelle **Isole Marshall**: parliamo di gocce di pioggia con un diametro superiore a «1 cm»; gli scienziati hanno spiegato queste dimensioni con la condensazione di grandi particelle di fumo o di collisione tra gocce in zone relativamente piccole con un contenuto d'acqua particolarmente elevato.

Nel **Baguio** (Filippine) in un solo giorno ci furono «1 170 mm» di pioggia.

La pioggia può essere provocata o con ghiaccio secco finemente polverizzato, che determina la cristallizzazione delle goccioline di nube e poi la loro **coalescenza** (il ghiaccio secco deve essere proiettato con un aereo) o bruciando ioduro d'argento; con questo secondo metodo, più economico, il gas, salendo nelle nubi, agisce come il ghiaccio secco.

### Precisazioni

La **coalescenza** è quel fenomeno fisico attraverso il quale o le gocce di un liquido o le bollicine di un aeriforme o le particelle di un solido si uniscono fra loro per formare delle entità di dimensioni maggiori.

*Chi si ripara sotto una frasca  
piglia quella che piove e quella che casca.*

In dorgalese la **pioggia** si chiama: **proinzu**.

La **pioggia orografica**: dipende dalla morfologia del terreno, e si genera quando una massa d'aria e calda e umida risale, da quote basse, verso zone o collinari o montagnose; l'aria umida salendo si raffredda e, raggiungendo la temperatura di rugiada, si condensa, scaricandosi quindi al suolo sotto forma di gocce d'acqua.

la **pioggia convettiva**: scende da nubi cumuliformi ed è causata da un forte riscaldamento diurno del suolo che, riscaldando l'aria soprastante, provoca un moto convettivo ascendente di aria e calda e umida che innalzandosi si raffredda; si configura come un rovescio, il che significa che è molto intensa, ma generalmente di breve durata;

la **pioggia ciclonica**: è prodotta da aria e calda e molto umida che converge all'interno di aree di bassa pressione; l'aria sale gradualmente a spirale verso la zona in cui la pressione è minore, determinando precipitazioni anche molto abbondanti.

La **pioggia ghiacciata** o **gelata** (*freezing rain* in inglese): è una forma di precipitazione solida formata da palline di ghiaccio e omogenee e dure e generalmente sferiche di diametro inferiore ai «5 mm», che cadono da una nube, generalmente o un **altostratus** o un **nembostratus**.

Contrariamente ed alla **grandine** ed alla **gragnola** le **palline** non hanno un nucleo e possono essere in parte liquide; la loro densità è di solito vicina o leggermente superiore a quella del ghiaccio «920 kg/m<sup>3</sup>».

### Curiosità

L'ammontare della pioggia caduta si misura in millimetri, attraverso degli strumenti chiamati o **pluviometri** o **pluviografi**; in meteorologia «1 mm» di pioggia è equivalente a «1 litro» d'acqua caduto su una superficie di «1 m<sup>2</sup>».

La **PiovigGINE** è composta da goccioline d'acqua che cadono al suolo con un diametro compreso fra i «0,1 mm» e i «0,5 mm»; quando le gocce che cadono dalla base della nube attraversano strati non saturi possono ridursi per evaporazione.

La **piovigGINE** è una precipitazione molto uniforme, la quale, nonostante le piccolissime dimensioni delle gocce, può fornire considerevoli quantità d'acqua.

Il **gelicidio** è il fenomeno per il quale l'acqua soprafusa congela istantaneamente al contatto con un solido ed è generato o dalla pioggia o dalla piovigGINE che, a causa dello stato di soprafusione, cadono al suolo in forma liquida, nonostante la temperatura dell'aria sia inferiore a «0 °C», gelando, poi, a contatto o con il terreno o con altre superfici fredde.

Può essere generato anche dalle precipitazioni nevose d'alta quota che si trovano ad attraversare uno spesso strato d'aria a temperatura positiva «2 °C ÷ 3 °C o più» ove i cristalli fondono trasformandosi in gocce di pioggia.

Se a queste condizioni si somma la concomitante esistenza di uno strato d'aria a contatto con il suolo con una temperatura negativa di almeno «-1 °C ÷ -2 °C o meno», le goccioline d'acqua, giungendo negli strati prossimi al terreno, pur trovandosi improvvisamente ad una temperatura inferiore allo zero, restano allo stato soprafuso e, pertanto, congelano solo al momento dell'impatto o con il terreno o con qualsiasi altra superficie esposta all'aria,

formando uno strato di ghiaccio e sottile e trasparente, poiché privo d'aria, detto **vetrone**.

#### Precisazioni

Per **stato soprafuso** o **stato soprafuso** si intende quel processo di raffreddamento di un liquido al di sotto della sua temperatura di solidificazione, senza che la solidificazione avvenga effettivamente; ovvero quando le gocce di pioggia si trovano allo stato liquido nonostante la temperatura sia inferiore a «0 °C».

La **Virga** o **verga** (in latino *virga*: *verga*, *ramo*) sono o le gocce d'acqua o i fiocchi di neve o i chicchi di grandine che cadono da una nube, ma non raggiungono il suolo perché, incontrando uno stato d'aria molto secca, od evaporano o sublimano prima; costatato che non raggiungono il suolo, a rigore non dovrebbero essere annoverate fra le precipitazioni.

La **neve**: è composta, o da cristalli o di aghi di ghiaccio in forma di stella a sei punte con eventuali ramificazioni (dendriti), od isolati o riuniti in fiocchi, che si formano all'interno di una nube a temperature comprese fra i «-10 °C ÷ -20 °C», quando il vapor acqueo gela direttamente per *deposizione* (o *brinamento* o *sublimazione inversa*) attorno a microscopici nuclei solidi (nuclei di condensazione quali particelle microscopiche di: argilla, cenere, sabbia, etc. ); quando o i cristalli o gli aghi di ghiaccio divengono sufficientemente pesanti cadono verso il suolo.

Nelle alte latitudini, e se l'aria è soprassatura, a -40°C, la neve può formarsi anche in assenza di nuclei solidi.

Quando la neve attraversa strati d'aria a temperature prossime agli «0 °C» i cristalli fondono in parte ed agglomerandosi fra di loro e dando vita alla neve a fiocchi riscontrabile, pertanto, soltanto alle latitudini moderate.

I fiocchi più grandi, aventi fino a «6 cm» di diametro e composti da centinaia di cristalli singoli, si formano tra temperature di «0 °C ÷ 2 °C»; se la temperatura aumenta, anche di poco, i fiocchi si sciolgono per dar vita od alla pioggia od a quella neve parzialmente sciolta detta **acquaneve**.

#### Precisazioni

La **deposizione** è la transizione di fase in cui il gas si trasforma, attraverso un processo termodinamico, in solido senza passare attraverso la fase liquida

I cristalli hanno forma e varia e complessa e, talvolta, possono contenere delle gocce d'acqua in sospensione; gli aghi di ghiaccio, lunghi e sottili, si formano a temperature decisamente più basse.

*Quando nevica a minuto  
te la trovi fino al buco.*

Al buco . . . della serratura, ovviamente.

A parte lo spettacolo suggestivo che offre, il suo accumularsi costituisce riserve idriche molto importanti; ricoprendo il terreno, lo protegge, inoltre, dal gelo e favorisce lo sviluppo della vegetazione.

La neve è pessima conduttrice di calore; ciò spiega il fatto che, pur essendo lo strato superficiale a temperature molto al di sotto degli «0 °C», lo strato a immediato contatto col terreno si conserva a temperature superiori.

In *dorgalese* la **neve** si chiama: **nie**.

La neve scende a fiocchi perché se scendesse a nodi non si scioglierebbe.

La **neve tonda** o **neve granulosa friabile** o **grandine molle** o **pallottoline di neve**: è una precipitazione di granelli di ghiaccio e bianchi ed opachi e friabili, di forma o sferica o conica; il loro diametro è di «2 mm ÷ 5 mm» e la loro densità di «0,8 g/cm<sup>3</sup>».

La **neve tonda** si presenta sotto forma di rovesci misti a neve e proviene, generalmente, da *cumulonimbus*, ma anche o da *nimbostratus* o da *altostratus*; si forma con temperature vicine a «0 °C» quando parte dei cristalli di ghiaccio composti da un nucleo centrale ricoperto da goccioline congelate, che si trovano nella sommità della nube, cadono prima che il processo di formazione del ghiaccio sia completo.

L'**acquaneve**: in meteorologia, è una precipitazione di neve parzialmente fusa che cade al suolo con tracce di cristallizzazione quando la temperatura è di «2 °C ÷ 3 °C» e negli strati superiori la temperatura dell'atmosfera è inferiore; di solito non è bianca come la neve in senso proprio, ma appare trasparente.

Per il gradiente termico al suolo, la neve, che era rimasta tale fino a «100 m ÷ 200 m», si scioglie perché incontra temperature più alte; non tutta la neve riesce a raggiungere lo stato liquido ed ecco che si determina l'**acquaneve**.

Si deve distinguere dalla **neve mista a pioggia** la quale, per contro, presenta fiocchi di neve intervallati da gocce di pioggia.

Il **nevischio** o **neve granulosa**: è una precipitazione che cade in genere da **nubi a sviluppo verticale** (vedi a pagina 22) o, talvolta, da un banco di nebbia e si presenta in piccoli granuli di ghiaccio e bianchi ed opachi, di diametro inferiore al millimetro.

La precipitazione di nevischio è, di solito, di lieve entità; si può avere *nevischio* anche con cielo poco nuvoloso, con copertura inferiore al «25%» al momento dell'osservazione, quando la temperatura dell'aria è molto bassa.

I **fallstreaks**: sono cristalli di ghiaccio che evaporano prima di raggiungere il suolo.

I **flurries**: sono lievi rovesci di neve che cadono ad intermittenza, spesso da nubi cumuli-formus.

I **snow squall** o **snowsquall**: sono improvvisi rovesci di neve generati da nubi cumuli-formi, equivalenti ai rovesci di pioggia estivi, moderatamente pesanti in presenza e di forti venti e di **neve che soffia**; sono spesso indicati come un **bianco** e sono simili a delle bufere di neve, ma sono localizzati e nel tempo e nel luogo.

#### Precisazioni

La **neve che soffia** è la neve sollevata dal vento, a un'altezza di «2 m» o più, e che riduce la visibilità; la neve che soffia può venire dalla neve o che cade o che si è già accumulata sul terreno, ma spazzata via dai forti venti.

Se la neve rimane al di sotto dei (2 m), viene chiamata **neve alla deriva** (codice METAR DRSN); la neve che viene soffiata può depositarsi come cumuli di neve.

Il **bianco** è una condizione meteorologica in cui la visibilità ed il contrasto sono fortemente ridotti o da neve o da nebbia o da sabbia; l'orizzonte scompare dalla vista mentre ed il cielo ed il paesaggio appaiono privi di contorni, senza lasciare punti di riferimento visivo attraverso i quali orientarsi.

Il **bianco** (**whiteout** in inglese) è stato definito come: una condizione di luce diffusa quando non vengono proiettate ombre, a causa di uno strato di nuvole bianche continue che sembrano fondersi con la superficie bianca della neve.

Non sono visibili irregolarità della superficie della neve, ma un oggetto scuro può essere chiaramente visto; non vi è orizzonte visibile.

Lo **scaccianeve**: è un evento atmosferico per cui la neve battente depositata al suolo viene ed alzata e rimossa dal vento, ed o trasportata ad accumularsi in altre zone o dispersa nell'aria.

La **grandine**: è una precipitazione solida, a forma di chicchi di ghiaccio di diametro compresi tra «5 mm ÷ 50 mm».

I chicchi di grandine hanno origine come palline di neve tonda oppure come gocce d'acqua sopraffusa, che o salgono o scendono nelle violente correnti d'aria all'interno di un cumulonimbus e s'ingrossano quando le goccioline di nube vi si congelano sopra.

La struttura a strato, spesso visibile nei chicchi, rileva questo movimento o verso l'alto o verso il basso, che continua fino a quando la spinta ascensionale non può sorreggere il peso del chicco, e questo cade fuori dalla nube precipitando al suolo.

Gli strati riflettono anche il differente tipo di deposizione a ciascun livello: a temperature molto basse le goccioline si congelano molto rapidamente, intrappolando molte bollicine d'aria che danno origine a ghiaccio bianco, a temperature più alte il congelamento avviene più lentamente e si forma ghiaccio trasparente.

I chicchi grandi presentano spesso struttura a cipolla, pressoché sferici con strati alternati di ghiaccio e bianco e trasparente, devono essere passati, nel loro movimento ed in su ed in giù, attraverso strati a temperature diverse; per mantenere un frammento sospeso per i circa «10 minuti» circa che occorrono per formare un chicco grande, sono necessarie correnti ascensionali superiori ai «110 km/h».

Se il diametro del chicco di grandine è minore di «5 mm», allora si parla di *granucola*.

In *dorgalese* la **grandine** si chiama: **grandine**, come in italiano.

La **granucola** è una precipitazione costituita da granuli di ghiaccio di forma o sferica od irregolare, o trasparenti o translucidi, di diametro inferiore ai «5 mm» che cadendo sul suolo duro e rimbalzano e fanno sentire un rumore caratteristico; possono essere costituiti, altresì, da granuli di neve ricoperti di un sottile strato di ghiaccio oppure possono derivare o da gocce di pioggia congelata o da fiocchi di neve quasi interamente fusi e poi ricongelati in prossimità del suolo.

Le nubi che danno origine alla granucola sono generalmente cumulonimbus, altostratus e nimbostratus; questa meteora è frequente nei temporali di primavera e d'autunno ed è connessa a forti correnti convettive.

#### Curiosità

Nel 1986, un rovescio *grandinigeno* nel Bangladesh ha prodotto *chicchi* di ghiaccio del peso di «1 kg», causando 92 decessi.

La **gragnola** o **gragnuola** o **grandine piccola** (o dal latino volgare *grandjola* o dal latino *grandeola*, da *grando* -*dinis* ovvero *grandine*); si presenta solo in caso di rovesci ed è un tipo di precipitazione atmosferica solida, composta da un agglomerato di cristalli di ghiaccio traslucido, intermedia tra e la *neve tonda* e la *grandine*.

La gragnola si distingue sia dalla neve tonda, e per la sua superficie liscia e per la sua maggiore densità ( $0,8 \text{ g/cm}^3 \div 0,99 \text{ g/cm}^3$ ), sia dalla grandine per le sue dimensioni inferiori a quest'ultima (2 mm  $\div$  5 mm).

La **rugiada** è un deposito di goccioline d'acqua sugli oggetti a causa della condensazione diretta del vapore acqueo contenuto nell'aria, quando questa si raffredda al di sotto del punto di rugiada; si tratta di un raffreddamento per irraggiamento che si verifica, di solito, durante le notti serene.

Se il cielo è nuvoloso, è più difficile che la temperatura scenda sotto al punto di rugiada o anche se c'è vento il formarsi di questa meteora viene sfavorita perché l'aria fredda si mescola con quella calda soprastante.

Nelle chiare notti estive la produzione di rugiada può raggiungere in talune zone la quantità di «0,3 mm» per  $\text{m}^2$ .

*La rugiada viene senza vento.  
Quanta rugiada in marzo  
tanto gelo in maggio.*

In **dorgalese** la **rugiada** si chiama: **selenu, lentore**

La **brina** si forma, nelle situazioni anticicloniche, per l'intenso raffreddamento notturno durante le notti calme e serene, a causa dell'irraggiamento verso l'infinito; può provocare il deposito, su oggetti non troppo elevati, di cristalli di ghiaccio sotto forma o di scaglie o di aghi o di piume.

Il deposito può essere costituito in parte da goccioline di rugiada soprafusa e in parte da ghiaccio formatosi direttamente per sublimazione del vapore acqueo; la formazione della brina è ostacolata, oltre che dalla presenza e di nubi e di vento, anche dalla nebbia, dato che questa idrometeora riduce il raffreddamento del suolo per irraggiamento.

#### Precisazioni

Con scambio termico per irraggiamento si intende il trasporto di energia sotto forma di calore tramite onde elettromagnetiche.

Con irraggiamento verso l'infinito si intende l'energia termica dispersa verso lo spazio dalla superficie terrestre.

*Si rannuvola sopra la brina  
spetta l'acqua pe' dumattina..*

In **dorgalese** la **brina** si chiama: **ghiddighia**.

La **galaverna** si verifica ed in presenza di nebbie e con temperature inferiori a «0 °C», quando minuscole goccioline d'acqua soprafuse, fluttuanti nell'aria, si solidificano in ghiaccio od al suolo o sulla vegetazione formando un rivestimento che si ingrossa nel lato degli oggetti esposti al vento e che è bianco e opaco e particolarmente fragile, per la presenza d'aria al suo interno.

La **calabrosa** si forma in presenza di vento forte; il rivestimento attorno alle superfici segue la direzione del vento, cosicché si possono formare, specialmente intorno ed ai tralicci metallici ed ai fusti delle piante, delle specie di lame di ghiaccio e biancastre ed irregolari e dentellate, larghe anche «20 cm» o più.

Il **vetrato o vetrone**, sinonimo del noto francese *verglas*, è costituito di uno strato di ghiaccio, compatto e liscio, generalmente trasparente, proveniente dal congelamento di gocce di pioggia o soprafusa o congelantesi su superfici a temperatura inferiore o leggermente superiore agli «0 °C»; di solito si forma e sui rami degli alberi e su cavi od elettrici o telefonici, a qualsiasi altezza dal suolo; è chiamato anche **ghiaccio nero**.

Si può avere **vetrone** anche a terra, con pioggia normale che congela su terreno molto freddo, oppure si può formare da neve, fusa per schiacciamento prodotto dal traffico.

I **fiori di ghiaccio** sono *cristalli di ghiaccio* che si formano quando la temperatura e del suolo e delle piante e delle rocce è ancora relativamente *calda* e quella dell'aria, per contro, scende sotto lo zero; in questa situazione l'acqua contenuta all'interno di rami spezzati e nei tronchi secchi fuoriesce dai propri pori e immediatamente congela.

La proprietà fisica dell'acqua, infine, che permette la coesione tra le molecole, fa sì che anche tutte le gocce contigue congelino anch'esse; si crea in questo modo un fenomeno di trascinamento, che induce un congelamento e repentino e continuo, simulando una vera e propria crescita simile allo sbocciare di un fiore.

#### Curiosità

Con l'espressione **ghiaccio bollente** si suole indicare il **ghiaccio secco** o **anidride carbonica** ( $\text{CO}_2$ ) allo stato solido, che si ottiene quando la temperatura raggiunge i «-78 °C», a pressione atmosferica di «101 325 Pa».

L'espressione **ghiaccio bollente** è anche il nome dato ad un ipotetico fenomeno nel quale l'acqua si trasformerebbe in ghiaccio, grazie ad un campo elettrico dell'ordine di «1 000 000  $\text{V/m}$ », a temperatura ambiente.

## Le nebbie

### Definizione

La **nebbia** (o *bruma*): è un fenomeno meteorologico provocato dall'evaporazione dell'acqua presente o nel suolo o in una distesa d'acqua superficiale e quando il cielo è o sereno o poco nuvoloso, e quando a motivo del debole gradiente barico, il vento è o debole o nullo.

Durante la notte il suolo perde parte del calore che gli era stato fornito dal Sole; questa perdita fa sì che il suolo si raffreddi sempre di più e, se l'aria è molto umida, il raffreddamento porta alla sua saturazione.

Nel caso, in una porzione di aria satura, la temperatura dovesse abbassarsi ulteriormente, una parte del vapore acqueo si condenserebbe in un aerosol formato o da goccioline d'acqua liquida (*droplets*) dal diametro di «5 µm ÷ 10 µm» o da cristalli di ghiaccio sospesi in aria che rifrangono la luce solare, dando al fenomeno una colorazione opaca.

Questa condensazione può avvenire in modi diversi, a seconda del tipo di raffreddamento, assumendo nomi diversi.

*Doppu 'a neglia  
Veni la figlia. (Sicilia)*

*Dopo la nebbia  
viene la figlia. (la pioggia)*

In **dorgalese** la **nebbia** si chiama: **neula, neuledda**.

Ma, dico, se i milanesi, a Milano, quando c'è la nebbia, non vedono, come si fa a vedere che c'è la nebbia a Milano.

**Totò, Antonio Griffo Focas Flavio Angelo Ducas Comneno Porfirogenito  
Gagliardi de Curtis di Bisanzio (1898 – 1967)**

La **nebbia da irraggiamento**: si forma a causa del raffreddamento notturno del suolo per irraggiamento del calore verso lo spazio; il raffreddamento per irraggiamento è massimo durante le notti e serene e senza vento, quando gli strati d'aria più prossimi al suolo si raffreddano e più velocemente e più intensamente di quelli superiori generando una situazione di *inversione termica*.

### Precisazioni

Si ha *inversione termica* quando gli strati d'aria più bassi risultano più freddi di quelli più alti.

La formazione di nebbia, che avviene soprattutto e nelle pianure e nei fondovalle durante i mesi più freddi, e che può espandersi fino a «300 m» dal suolo, può ridurre notevolmente la visibilità talvolta anche a meno di «10 m».

Affinché la nebbia si formi, è necessario che nell'aria ci siano delle particelle igroscopiche (nuclei di condensazione); l'umidità relativa deve raggiungere, inoltre, il «100%».

In verità si può avere nebbia anche con un'umidità relativa inferiore al «100%»; ciò può accadere quando l'aria è inquinata da residui e volatili e igroscopici come quelli derivanti da lavorazioni industriali.

Generalmente la nebbia si dissolve la mattina seguente, ma in condizioni e di forte inversione termica e con cielo particolarmente nuvoloso che limiti l'insolazione, potrebbe durare anche per alcuni giorni.

Lo spessore di queste nebbie dipende dallo stato di turbolenza dell'aria; in aria perfettamente immobile, la condensazione ha luogo soltanto in prossimità del suolo e difficilmente le nebbie si spingono oltre i «100 m» di altitudine.

La nebbia sarà tanto più fitta quanto più bassa sarà la temperatura del suolo.

La **nebbia da avvezione**: si forma o all'arrivo di aria e tiepida ed umida sopra una superficie fredda od all'inserimento di aria fredda in una zona umida; comporta, pertanto, uno spostamento orizzontale di masse d'aria ad e temperatura ed umidità differenti per cui può formarsi in qualsiasi momento.

Parimenti, si genera anche per l'arrivo dell'aria marittima e calda ed umida sulla terraferma più fredda.

A differenza della *nebbia di irraggiamento*, la *nebbia di avvezione* può spingersi fino a «500 m» di altitudine e formarsi anche in presenza di vento.

La **nebbia di mare**: è una particolare nebbia da evvezione che si genera sull'acqua quando l'aria è tiepida ed umida, trasportata da una corrente calda, scorre su acque più fredde.

La **nebbia da evaporazione**: si forma quando dell'aria molto fredda passa sull'acqua molto più calda; il vapore acqueo evapora nell'atmosfera per poi raffreddarsi: la condensazione ha luogo una volta che viene raggiunto il punto di rugiada.

Può essere, a sua volta, costituita in:

**nebbia marittima** che si forma quando l'aria si sposta da una zona calda ad una zona fredda oceanica

**nebbia costiera** che si forma quando l'aria calda dal mare si sposta sul-

la terraferma più fredda.

La *nebbia da evaporazione* che si genera nelle regioni polari causa, spesso, *nebbia ghiacciata* o, talvolta, *brina*.

La **nebbia frontale** o **nebbia da precipitazione**: si forma quando una precipitazione cade nell'aria secca dietro alla nube; le goccioline liquide evaporano in vapore acqueo il quale si raffredda e, raggiunto il punto di rugiada, condensa e forma la pioggia.

La **nebbia ghiacciata** o **nebbia velata antica**: si verifica quando goccioline liquide in sospensione si congelano a mezz'aria in minuscoli cristalli di ghiaccio; tale fenomeno si verifica in presenza di temperature particolarmente gelide e, pertanto, è comune solo nell'area e nei dintorni delle regioni ed artiche ed antartiche.

La *nebbia ghiacciata* è molto frequente sulla cima di quelle montagne che sono esposte a un debole vento.

La **nebbia da pendio** o **nebbia di sollevamento** si genera quando una massa d'aria umida è costretta a risalire lungo un pendio raffreddandosi.

Tutti i tipi di *nebbia* si formano quando l'umidità relativa raggiunge il «100%» e la temperatura dell'aria scende sotto il punto di rugiada, forzando il vapore acqueo a condensare.

#### Curiosità

Nella **meteorologia aeronautica**, la dizione **nebbia** è associata esclusivamente ad una visibilità inferiore ai «1 000 m»; per visibilità da «1 000 m» a «5 000 m» si usa il termine **foschia**.

Con l'espressione *meteorologia aeronautica* si intende la branca della *meteorologia* applicata al *controllo del traffico aereo* sia civile sia militare.

Nel linguaggio marinaresco dicesi foschia l'atmosfera poco trasparente che talvolta si riscontra lungo le coste o all'orizzonte con il persistere del bel tempo.

#### La nebbia si può classificare anche a seconda della densità:

- *Nebbia densa*: visibilità inferiore a «30 m».
- *Nebbia fitta*: visibilità compresa tra «30 m ÷ 50 m».
- *Nebbia spessa*: visibilità compresa tra «50 m ÷ 200 m».

La nebbia è un pericolo, ma relativo: perlomeno, si vede che non si può vedere niente.

**Francis Dannemark (1955 - ?)**

## *I temporali*

### **Premessa**

I **temporali** sono fra i fenomeni meteorologici più pericolosi per i danni incalcolabili che possono arrecare; la loro violenza supera, a volte, quella di una esplosione nucleare, dato che le energie che si scaricano nel cielo sono immense.

Se i temporali sono associati a forme isobariche si hanno i temporali frontali o ciclonici, se non sono associati a forme isobariche si hanno i temporali e o termici o di calore e orografici.

La suddivisione non è, però, tassativa, poiché tutti i temporali, di qualsiasi natura, sono dovuti a moti ascendenti dell'aria in seno a masse instabili, e questi moti sono talvolta indipendenti dal surriscaldamento degli strati dell'atmosfera a contatto con il suolo.

Il temporale è quasi sempre preceduto da calma di vento. Si tratta di una calma strana che non convince; guardando lontano si vedono formarsi nubi del genere *cumulus congestus* o *cumulonimbus*.

Le nubi, ingrandendosi, generano nella parte centrale violente correnti ascendenti, mentre nei bordi estremi le correnti sono discendenti e se ne può avere conferma dall'aumento della pressione atmosferica.

Ad un certo momento, il vento tende a disporsi dai quadranti meridionali e comincia a cadere pioggia.

Repentinamente, e la pressione e la temperatura si abbassano, la pioggia diventa torrenziale mentre violente raffiche di vento e piegano i rami degli alberi in terra e sollevano spruzzi nel mare; e i fulmini e i tuoni completano questo quadro di disordine. I temporali, di solito, sono di breve durata.

Subito dopo il passaggio dell'elettrometeora, le raffiche diminuiscono d'intensità mentre il vento, stabilizzandosi, può rinforzare ancora, disponendosi da N/O, o attenuarsi fino al ritorno alla normalità.

In *dorgalese* il **temporale** si chiama: **temporada**.

Senza un temporale di tanto in tanto, come faremmo ad apprezzare i giorni di sole?

Kevin Alan Milne (1973 - ?)

### **I temporali o ciclonici o frontali**

I **temporali o ciclonici o frontali** possono essere o **di fronte caldo** o **di fronte freddo** o **di fronte occluso** o **prefrontali**.

**I temporali di fronte caldo:** si generano quando una massa d'aria instabile, sollevandosi per scorrimento sul piano inclinato della superficie frontale, sale rapidamente in altitudine; questi temporali viaggiano insieme con fronti e la loro lunghezza orizzontale può essere di alcune centinaia di chilometri, mentre la larghezza non supera, di solito i «50 km».

Si possono notare osservando attentamente il cielo i cumulonimbus sparsi e le correnti ascendenti non molto intense; nelle medie latitudini, questi moti convettivi dell'aria si manifestano con una specie di ribollimento caratteristico dei contorni del cumulonimbus.

**I temporali di fronte freddo:** si creano quando una massa d'aria fredda s'incunea sotto l'aria calda instabile sollevandola violentemente; in questo caso, essendo le correnti ascendenti molto forti, i temporali sono più violenti.

**I temporali di occlusione:** sono riconoscibili per il fatto che la base del cumulonimbus si trova a notevole altitudine; dopo un temporale di occlusione ritorna quasi sempre il sereno o, come si dice in meteorologia, si stabilisce l'intervallo.

**I temporali prefrontali:** si possono formare improvvisamente anche dopo una mattinata di cielo assolutamente sereno; possono manifestarsi ad una distanza di parecchie centinaia di chilometri dal fronte freddo, cioè nel settore caldo della perturbazione.

La loro estrema violenza è da attribuirsi a tre cause: la spinta del fronte freddo che avanza, la grande instabilità dell'aria, l'eccessivo surriscaldamento del suolo.

### **I temporali orografici**

I **temporali orografici:** sono causati dalla spinta verso l'alto di una massa d'aria ricca di vapore acqueo; sopravvento ai rilievi si formano e si ingrandiscono le nubi temporalesche, mentre sottovento esse si dissolvono.

In questo caso agisce il grado di instabilità dell'aria; spesso si ha l'effetto combinato del sollevamento orografico e del surriscaldamento al suolo dell'aria.

Questi temporali rimangono stazionari sui monti; il *cumulonimbus* cresce continuamente sopravvento e poi si dissolve sottovento

Può accadere anche che i temporali orografici, dopo avere esaurito la loro attività, si riformino sugli stessi monti per alcuni giorni successivi e nelle stesse ore.

### **I temporali o termici o di calore**

I **temporali termici o di calore**: non sono associati a forme isobariche e si manifestano a causa e del surriscaldamento del suolo e di forti correnti ascendenti di aria umida e instabile; ai tropici dove l'umidità e il riscaldamento solare sono elevati, questi temporali raggiungono la loro massima intensità.

Nella stagione calda, si formano nella terraferma durante le ore pomeridiane per cessare al tramonto; sul mare durante la notte.

Gli altri temporali possono formarsi a qualsiasi ora del giorno e della notte, sia in mare che in terra poiché le correnti ascendenti che li determinano dipendono solo relativamente dalla variazione della temperatura.

Anche i temporali termici possono manifestarsi per più giorni consecutivi, nella stessa località e alla stessa ora.

Mentre la frequenza dei temporali ciclonici non può essere determinata facilmente essendo l'*elettrometeore* legate alla marcia delle perturbazioni, i *temporali di calore* possono, talvolta, esser previsti controllando l'invasione di masse d'aria e calda e umida e instabile, e conducendo indagini zona per zona, dato che l'influenza di fattori locali è decisiva.

L'instabilità dell'aria può essere riconosciuta dall'aspetto particolare delle nubi, ove queste si siano già formate.

Se in mezzo a banchi di nubi (per esempio o *cumulus* o *altocumulus*) si vedono altre nubi a forma di torre (specie *cumulus congestus* o *castellanus*) che si innalzano a grandi altitudini, ciò vuol dire che in quella zona l'aria è instabile; se perciò nella mattinata si vedono apparire tali nubi, quasi sicuramente ci sarà un temporale nel pomeriggio.

## *Le litometeore*

Col termine generico di **litometeore** si intende un insieme di particelle solide, prive di acqua, o in sospensione nell'atmosfera o sollevate dal vento; non hanno alcuna importanza per gli scopi della meteorologia applicata, ma sono comunque fenomeni meteorologici.



## La caligine

### Trattazione

La **caligine**, che potrebbe essere inserita fra le *fotometeore* in quanto fenomeno ottico, è caratterizzata da opalescenza e opacità dell'aria dovuta a minutissime particelle secche invisibili ad occhio nudo o di fumo o di polvere, in sospensione nell'aria; riducono la visibilità, solitamente ad una distanza non inferiore al chilometro e possono produrre la diffusione differenziata della luce esaltando i colori e del sorgere e del tramonto del Sole.

La **caligine** non si forma se l'umidità relativa dell'aria è superiore al 95%.

La **caligine** è considerata spesso un fenomeno collegato a particelle secche, tuttavia le particelle caliginose possono agire da nuclei di condensazione per la conseguente formazione di goccioline di foschia dando luogo ad una formazione nota come **caligine bagnata**.

In *dorgalese* la **caligine** si chiama: **fumadic**, **iscuriore**.

## I mulinelli di polvere

### Trattazione

I **mulinelli di polvere** o **vortici di polvere** o **turbini di polvere** (in americano **dust devil**, *diavolo di polvere*): simili a piccoli tornado, sono una colonna ascendente d'aria che, muovendosi a spirale, trasporta con sé e sabbia e polvere ad un'altezza che può arrivare anche a «300 m»; il sistema non è, però, connesso in alcun modo con le nubi.

#### Curiosità

In Australia il fenomeno è noto col termine di **willy-willy** o **whirly-whirly**, derivente da uno degli idiomi degli aborigeni nella cui mitologia il willy-willy rappresenta uno spirito cattivo.

Essi si generano quasi elusivamente nelle zone o desertiche o semiaride poiché la loro energia proviene dall'intenso riscaldamento sia del terreno asciutto sia dello strato d'aria in contatto con esso, infatti, quando le bolle d'aria calda salgono, e l'aria al suolo viene aspirata, si sviluppano correnti convettive, in cui la rotazione e si concentra ed accelera per dar luogo al mulinello; la loro forza è abbastanza intensa da ribaltare roulotte e provocare gravi danni ad edifici.

Quando il suolo è innevato, si possono verificare anche i cosiddetti **diavoli di neve** (o **snowdevil** o **snowspout** in inglese), anch'essi associati al repentino riscaldamento del suolo e non alla presenza o di nodi o di perturbazioni.

Gli incendi tendono a produrre i propri mulinelli, detti o **mulinelli di fuoco** o **vortici di fuoco** (**fire whirl** o **firenado** in inglese), alti circa «50 m», larghi pochi metri, durano qualche minuto: se un **mulinello terrestre** migra su uno specchio d'acqua, può trasformarsi o in un **mulinello d'acqua** o in un **demone d'acqua** che, però, svanisce rapidamente, poiché la fonte di calore e, pertanto, l'energia che lo alimenta, viene a mancare.



In *dorgalese* il **mulinello**, **vortice** si chiama: **trumuzone**.

In *dorgalese* la **polvere** si chiama: **pruere**, **poddore**.

In *dorgalese* il **demonio** e il **diavolo** si chiama: **diaulu**, **dimoniù**.

In *dorgalese* **fuoco** si chiama: **focu**.

In *dorgalese* l'**acqua** si chiama: **aba**.

## Le tempeste o di polvere o di sabbia

### Trattazione

Le **tempeste o di polvere o di sabbia**: sono un insieme di particelle violentemente sollevate dal suolo, da venti e forti e turbolenti fino a grandi altezze.

La parte anteriore di una **tempesta o di polvere o di sabbia** può assumere l'aspetto di una gigantesca muraglia (muro o di polvere o di sabbia).

La formazione di queste tempeste è in stretta correlazione con la variazione della temperatura diurna; durante la notte, anche venti di oltre «70 km/h» non sono in grado di provocare tali tempeste.



In *dorgalese* la **tempesta** si chiama: **temporada**, **traschia**.

In *dorgalese* la **sabbia** si chiama: **arena**.

In *dorgalese* **muro** si chiama: **murù**.

## *I gustnado*

### Trattazione

I ***gustnado*** sono fenomeni vorticosi che non hanno niente a che fare con i tornado avendo origini completamente diverse; quando una massa di aria fredda, proveniente dagli strati bassi del temporale, e scende precipitosamente (*vuoto d'aria* o *downdraft* in inglese) e raggiunge il suolo, si espande parallelamente ad esso in tutte le direzioni formando le raffiche di vento discendenti (*downburst* in inglese).

Qualche volta una parte di questa massa d'aria in espansione può iniziare a compiere movimenti vorticosi, soprattutto nella zona del gust front (limite tra l'aria fredda in espansione dall'aria circostante) formando i ***gustnado*** generati sostanzialmente da downburst; i venti possono essere molto forti, a volte superiori ai «100  $\text{km/h}$ ».

## *L'haboob*

### Trattazione

Un ***haboob*** (dall'arabo هبوب, che include la radice del verbo *soffiare*) è una tempesta o di polvere o di sabbia, molto intensa, scatenata dai temporali che investono le vaste superfici desertiche e del Sahara e del Medio Oriente (e Penisola Arabica e regioni aride dell'Iraq e Kuwait e Sudan).

Il fenomeno si verifica principalmente nella zona compresa fra il Lago Ciad ed il Sudan nord-orientale, nel periodo estivo, anche se il termine è utilizzato per descrivere fenomeni analoghi in altre aree o desertiche o secche nel resto del mondo, per esempio e in Australia e in Messico e negli Stati Uniti.

L'*haboob* rappresenta un fenomeno ibrido fra l'attività idrometeorica e quella litometeorica, scarsamente influenzato dalle condizioni locali; la sua durata varia da circa «10 minuti» a circa «30 minuti», ma eccezionalmente può raggiungere l'ora.



## *Le fotometeore*

Col termine generico di **fotometeore** s'intendono quei fenomeni luminosi prodotti da o rifrazione o riflessione o diffrazione della luce o solare o lunare od astrale; le *fotometeore* possono essere osservate o con cielo sereno o con cielo parzialmente nuvoloso e durante la presenza di *idrometeore*.

### **Altra definizione**

*Un fenomeno luminoso prodotto dalla riflessione, rifrazione, diffrazione o, in genere, dall'interferenza della luce o solare o lunare o astrale con le particelle presenti nella Troposfera*

**Cloud Atlas**



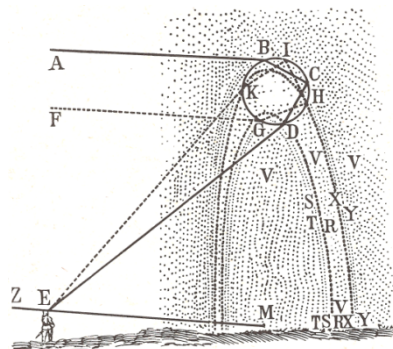
## L'arcobaleno

### L'antecedente

Forse, uno dei primi pensatori che rivolse le sue attenzioni allo studio dell'arcobaleno fu il filosofo e matematico francese **Renè Descartes** (1596 – 1650) latinizzato in **Renatus Cartesius** e italianizzato in **Renato Cartesio**.

Nel suo trattato **Météores**, Cartesio suppose che la formazione di questo fenomeno fosse dovuta alla riflessione dei raggi solari nelle gocce d'acqua, figura a destra.

In seguito, il matematico e fisico ed astronomo inglese **Isaac Newton** (1642 – 1727) dimostrò come un fascio di luce bianca venisse scomposto nei colori fondamentali dello spettro, al passaggio attraverso un prisma di cristallo.



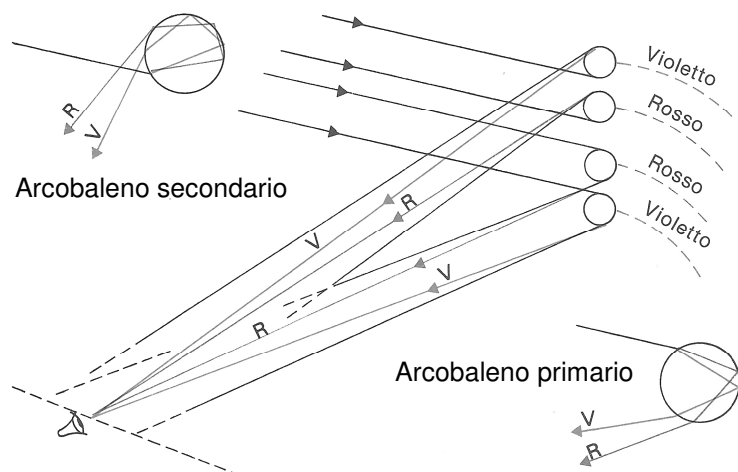
### L'arcobaleno principale

L'**arcobaleno**, (o *Rainbow* per chi ama i termini inglesi) appare come un arco multicolore, prodotto in uno schermo di gocce d'acqua in cui il rosso si trova all'esterno, più in alto, mentre il violetto si trova all'interno, più in basso: più il Sole è alto nel cielo, più è bassa la sua sommità.

I suoi colori sono dovuti ed alla rifrazione ed alla riflessione dei raggi solari che attraversano e vengono riflessi all'interno delle gocce d'acqua; i raggi provenienti dal Sole formano, con i raggi che giungono all'osservatore, un angolo compreso fra «41°», per il violetto, e «42°», per il rosso.

È raro che siano presenti tutti i colori dello spettro: *rosso, arancione, giallo, verde, blu, indaco, violetto*, la grandezza, e la distribuzione, delle gocce d'acqua determina, infatti, se ed in quale misura ogni colore possa essere presente.

*Arco di sera  
buon tempo mena,  
arco di mattina  
riempie la marina*



### L'arcobaleno secondario

L'arcobaleno secondario, che non compare mai da solo, è eventualmente visibile con un raggio medio di «51°» e, in esso, la successione dei colori è invertita; il rosso è all'interno, il violetto è all'esterno.

I colori sono generati da una doppia riflessione, della luce solare, all'interno delle gocce di pioggia (vedi disegno qui sopra) per cui la loro intensità risulta molto inferiore rispetto all'arcobaleno principale.

La zona di cielo compresa fra i due arcobaleni risulta molto più scura del cielo all'esterno.



L'arcobaleno è il nastrino che si mette la natura dopo essersi lavata la testa.  
**Ramon Gomez de la Serna** (1888 - 1963)

### Colori della luce visibile

Colore	Frequenza d'onda $f \cdot 10^{14}$ Hz	Lunghezza d'onda $\lambda \cdot 10^{-6}$ m ( $\lambda \cdot \mu\text{m}$ )
Rosso	3,85 – 4,82	0,780 – 0,622
Arancione	4,82 – 5,03	0,622 – 0,597
Giallo	5,03 – 5,20	0,597 – 0,577
Verde	5,20 – 6,10	0,577 – 0,492
Azzurro	6,10 – 6,59	0,492 – 0,455
Violetto	6,59 – 7,89	0,455 – 0,380

In *dorgalese* l'**arcobaleno** si chiama: **arcu 'e chelu**.

Tanto più grandi sono le gocce, tanto più variopinto è l'arcobaleno; gli arcobaleni più belli si generano, pertanto, dopo violenti scrosci di pioggia, come quelli dei temporali.

Spesso si formano arcobaleni incompleti a causa del fatto che le nuvole e si spostano e si dissolvono e, pertanto, la pioggia cade irregolarmente; in caso di nevicate, gli arcobaleni non si formano.

Di mattina, l'arcobaleno è ad occidente (ovest) e se ne può dedurre l'arrivo di piovvaschi da occidente, senza possibilità di un miglioramento del tempo a breve termine; il pomeriggio è ad oriente (est) e indica l'esistenza di nubi piovose probabilmente in allontanamento e, pertanto, si può sperare in un miglioramento del tempo.

#### Curiosità

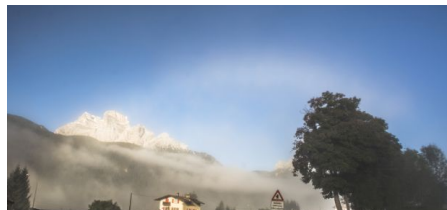
Il fenomeno dell'*arcobaleno* si può produrre anche e negli zampilli d'acqua e nelle cascate.

Nella nebbia si forma difficilmente e, nel caso, si limita ad un'ombra senza colori; le minutissime gocce d'acqua che costituiscono la nebbia sono, infatti, poco adatte a scomporre la luce.

### L'arcobaleno bianco

L'*arcobaleno bianco* o *fogbow* è un fenomeno particolare che avviene in condizioni di nebbia e che si verifica quando le micro goccioline che formano la nebbia hanno la stessa dimensione della lunghezza d'onda della luce e quindi, nel caso ne venissero colpite, la diffonderebbero senza presentare colorazioni, ma creando solo bande bianche.

Di notte, se c'è nebbia, possiamo crearne uno noi stessi usando una torcia puntata verso di noi da un punto alle nostre spalle; oltre ad osservare l'arco bianco potremmo anche variarne l'altezza, od alzando od abbassando la torcia.



### L'arcobaleno di fuoco

L'*arcobaleno di fuoco* è un fenomeno e inusuale e raro e sorprendente che si sviluppa, generalmente, in parallelo rispetto alla linea dell'orizzonte; tecnicamente non è un arcobaleno, ma è così chiamato perché, visto dal basso, somiglia a una fiamma nel cielo: in realtà, è un *arco circumorizzontale*.

L'*arcobaleno di fuoco* si verifica **solo in certe condizioni climatiche** ed è un alone luminoso iridescente formato da cristalli di ghiaccio esagonali; quando il sole colpisce i cirri alti, le nuvole che si trovano ad altezze superiori ai seimila metri, con un'inclinazione di «58°» o superiore, si crea questo *alone* così grande che l'arco appare *parallelo* all'orizzonte,.



Gli *archi circumorizzontali* **non** devono essere confusi con le *nubi iridescenti*, che possono produrre un effetto simile (vedi, in questa stessa Dispensa, a pagina 24).

### L'arcobaleno gemello

L'*arcobaleno gemello* o *twinnedbow* è una rarissima formazione; un vero e proprio doppio arcobaleno, poiché i colori si ripetono due volte.



Questo è particolare ed insolito fenomeno ottico si verifica quando due arcobaleni si sovrappongono parzialmente creando un arco che appare come due archi distinti.

La loro genesi non è ancora compresa chiaramente; si suppone che si generino o da una miscela e di goccioline di acqua e cristalli di ghiaccio o da goccioline che in caduta oscillino tra una forma piatta ed una forma allungata.

### L'arcobaleno rosso

L'*arcobaleno rosso* o *redbow* si manifesta quando il Sole è prossimo all'orizzonte, od all'alba od al tramonto; in questi frangenti, l'arco si manifesta con l'altezza massima.

Avvengono, inoltre, alcune varianti nella sua colorazione, rispetto a quella dell'arcobaleno classico; dell'intero spettro rifratto rimarrà solo la componente rossa.



### Gli archi soprannumerari

Gli **archi soprannumerari** appaiono come od archi o bande di colore supplementari, e blu e viola, adiacenti alla parte più esterna dell'arcobaleno principale che si alternano ad esso, fino a svanire.

I suoi colori sono più deboli di quelli dell'arcobaleno primario e possono essere difficili da distinguere se non si osservano con attenzione.

Queste bande di colore aggiuntive sono dovute alle riflessioni spurie interne alle grosse gocce d'acqua quando contengono o granuli di pollini o pulviscolo atmosferico o semplicemente ed oscillano e cambiano forma nelle rotazioni e veloci e casuali durante la precipitazione.



### L'arcobaleno lunare

L'**arcobaleno lunare** od **arco lunare** o **moonbows** o **lunar rainbows** è un raro fenomeno ottico analogo all'arcobaleno classico che si verifica in caso di pioggia durante le serate in cui la luce della luna è molto intensa, ma è prodotto dalla luce riflessa dalla superficie della Luna invece che dalla luce solare diretta.



Gli arcobaleni lunari sono relativamente deboli, a causa della minore quantità di luce riflessa dalla superficie della Luna; questo tipo di arcobaleno appare sempre nella parte opposta del cielo rispetto alla posizione della luna.

Ad occhio nudo questo fenomeno si visualizza spesso come una striscia bianca in quanto la luce della Luna è di solito troppo debole per eccitare i coni del colore ed è perciò difficile per l'occhio umano distinguere i colori di un arco lunare.

I colori dell'arcobaleno lunare, per contro, possono essere messi in evidenza con le fotografie a lunga esposizione.

### L'arcobaleno lunare doppio

L'**arcobaleno lunare doppio** è un fenomeno ottico ancora più raro del precedente **arcobaleno lunare**.

Come per e l'arcobaleno principale e l'arcobaleno secondario, l'arcobaleno lunare doppio si presenta con due archi in cui il più esterno e ha una minore intensità luminosa e presenta la sequenza di colori invertita rispetto a quella dell'arco più interno.



Isola di **Maui** dell'arcipelago delle **Hawaii**

### Curiosità

Gli **arcobaleni lunari** furono citati per la prima volta nel trattato **Meteorologia** scritto dal filosofo greco **Aristotele** (risalente a circa il 350 a.C.).

La parola **arcobaleno** deriva dal latino **arcus pluvius**, cioè *arco piovoso*; ciò a conferma che anche gli antichi avevano associato l'arco colorato alla fine del temporale.

Secondo la mitologia nordica, l'arcobaleno collega il mondo dei vivi a quello dei morti.

Per i greci questo grande arco rappresentava o **Iris** o **Iride**, messaggera degli dei.

Nella mitologia indiana l'arcobaleno viene chiamato **Indradhanush**, cioè **arco di Indra**, dio e del fulmine e del tuono.

L'arcobaleno che si ritiene abbia persistito più a lungo al mondo è stato osservato a **Yangmingshan** (Taipei) il 30 novembre 2017; ha avuto una durata di «8<sup>h</sup> 58<sup>m</sup>» (538 minuti).

Il 26 febbraio del 2013, nell'isola di **Maui** dell'arcipelago delle **Hawaii**, nei pressi di **Kaanapali**, è stato fotografato un eccezionale arcobaleno lunare doppio poco dopo il tramonto alle ore «9.30» con un tempo di esposizione di venti secondi.

L'**arcobaleno** è anche il simbolo della comunità **Lgbt** (Lesbiche, gay, bisessuali, transgender), con i suoi colori a testimonianza della diversità di questa comunità per genere, età, etnia, ecc.

La prima bandiera arcobaleno Lgbt è stata progettata dal ed artista ed attivista statunitense **Gilbert Baker** (1951 – 2017) in occasione di un Gay Pride a San Francisco nel 1978.

Scusa, potresti mostrarmi il colore che nell'arcobaleno sta tra il *blu* e il *violetto*?  
Certo, aspetta che te lo *indaco*.

(G. Martelloni, Twitter)

# I miraggi

## Definizione

I **miraggi** sono degli effetti ottici atmosferici che si verificano, in particolari condizioni, su ampie superfici piane nelle quali alcuni oggetti o lontani o nascosti appaiono o riflessi in una superficie liquida posta ai loro piedi o molto al di sopra della loro posizione reale galleggianti nel cielo o spostati lateralmente; a volte o raddoppiati o addirittura moltiplicati.

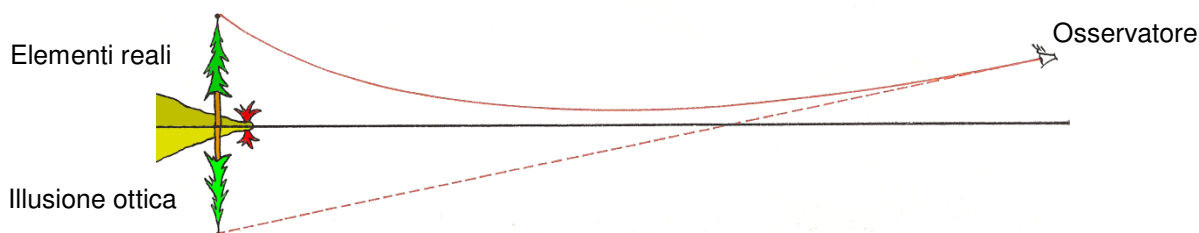
Sono fenomeni molto suggestivi che trovano la loro spiegazione nella legge della rifrazione dei raggi luminosi che attraversano strati di aria contigui aventi diversa temperatura e, pertanto, differente indice di rifrazione.

## Miraggio inferiore

Si ha un miraggio inferiore quando gli strati di aria più prossimi al suolo sono molto più caldi, e quindi meno densi, rispetto agli strati superiori; in tal caso si ha che l'indice di rifrazione « $n_{aria calda}$ » dell'aria calda è minore di quello « $n_{aria fredda}$ » dell'aria fredda per cui se consideriamo un raggio proveniente da oggetti relativamente lontani (che, quindi, formano un angolo con l'orizzontale inferiore all'angolo critico « $\alpha_c$ ») questo raggio viene riflesso totalmente verso l'osservatore che può quindi osservare una immagine capovolta e posizionata al di sotto dell'oggetto originale dando l'effetto che vi sia una pozzanghera che consente all'oggetto di specchiarsi.

### Precisazioni

L'angolo critico di incidenza « $\alpha_c$ », al di sotto del quale si ha riflessione totale, è misurato a partire dalla perpendicolare alla superficie di separazione tra i due mezzi; vale la relazione:  $\sin(\alpha_c) = n_{aria calda} / n_{aria fredda}$ ; è possibile la riflessione totale, e pertanto, sono possibili i miraggi, solo se è « $n_2 < n_1$ » (in cui « $n_2$ » è l'indice di rifrazione del secondo mezzo, nel nostro caso « $n_{aria calda}$ », e « $n_1$ » è l'indice di rifrazione del primo mezzo, nel nostro caso « $n_{aria fredda}$ ») per soddisfare la condizione che  $\sin(\alpha_c)$  sia sempre inferiore (o al più uguale) a «1».



## Esempi

Ad esempio se ci troviamo nel deserto possiamo vedere il riflesso del cielo sul terreno sabbioso in lontananza e pensare erroneamente di scorgere un lago; parimenti, se ci troviamo d'estate a percorrere una strada asfaltata, può capitare di vedere il riflesso delle macchine in lontananza sull'asfalto e si ha l'impressione che vi sia una pozzanghera che riflette gli oggetti sufficientemente distanti.

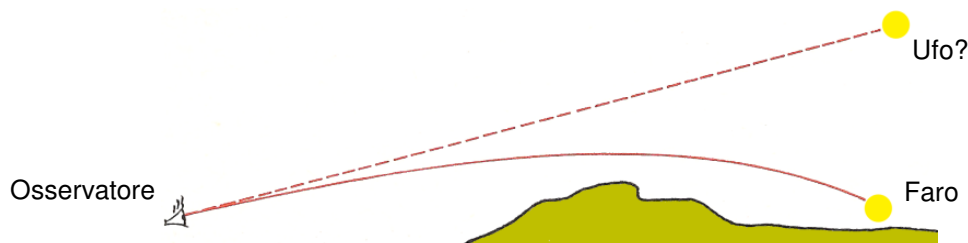
## Miraggio superiore

I **miraggi superiori** sono prodotti da un'inversione di temperatura, all'altezza degli occhi dell'osservatore, ove gli strati d'aria a contatto col suolo sono molto più freddi, con un maggiore indice di rifrazione « $n_{aria fredda}$ », di quelli al di sopra degli occhi dell'osservatore, con minore indice di rifrazione « $n_{aria calda}$ »; se ciò si verifica si ha una riflessione totale dovuta alla rifrazione dei raggi degli oggetti distanti che, passando da un mezzo di trasmissione più freddo a uno più caldo *creano* l'illusione di vedere, riflessi in cielo capovolti, oggetti molto lontani o addirittura ancora al di là della linea dell'orizzonte.

### Osservazioni

Alla stessa famiglia appartengono i **miraggi telescopici**, che riescono a trasmettere le immagini a distanze enormi; in rari casi il miraggio può essere percepito sino a «900 km» di distanza.

L'episodio più noto è quello della Città silente dell'**Alaska**, che si dice appaia ogni anno sul ghiacciaio del **Monte Fairweather**.

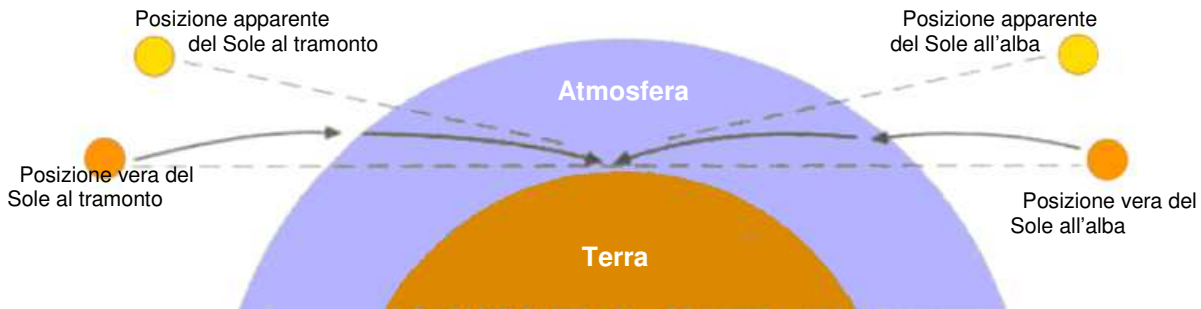


### Esempi

È possibile vedere oasi che in realtà si trovano oltre l'orizzonte, così come navi capovolte in lontananza.

### Un altro esempio

Il più comune dei *miraggi superiori* è la causa del ritardo con cui viene osservato sia il sorgere sia il tramonto del Sole rispetto all'effettiva o ascesa o discesa dell'astro quando si trova al di sotto della linea dell'orizzonte.



### Miraggio laterale

I *miraggi laterali* possono essere percepiti in presenza di alte muraglie e quando sono surriscaldate dal sole e quando gli strati d'aria di differente temperatura sono disposti in piani verticali; in questo caso la muraglia sostituisce il suolo ed i raggi che colpiscono il muro, secondo una retta perpendicolare, subiscono gli stessi effetti di deviazione di traiettoria che sono stati descritti per il *miraggio inferiore*.

La nostra conoscenza è un miraggio sfuggente in un deserto di ignoranza in espansione.

William James Durant (1885 - 1981)

### Fata Morgana

Un esempio particolare è quello definito **Fata Morgana**, dovuto ad una irregolare distribuzione dell'indice di rifrazione in vari strati dell'aria che fa sì che i raggi luminosi provenienti da uno stesso punto vengano deviati in varie direzioni; si vedrà così apparire, e al di sopra del mare e riflessa sull'acqua, l'immagine di costruzioni fantastiche ricche di torri e pinnacoli che la fantasia dei poeti ha attribuito per abitazione alla leggendaria sorella di **Re Artù** (*Fata Morgana*, in lingua bretone, significa *la fata delle acque*).

Caratteristica della *Fata Morgana* è l'estrema instabilità delle immagini che dona al suo aspetto una maggiore attrattiva.

#### Curiosità

La classica **Fata Morgana** si forma sullo **Stretto di Messina**, per chi guarda la **Sicilia** da **Reggio Calabria**; nel bel mezzo dello Stretto appare, quasi d'improvviso, una città intera, con case e palazzi e la sua nitidezza è tale da sembrare reale; è l'immagine virtuale di **Messina**.

Il fenomeno è visibile anche negli **Stati Uniti** nella regione dei **Grandi Laghi**.

#### Mitologia

Narra una leggenda, ampiamente diffusa in tutta l'area dello Stretto, che durante le **invasioni barbariche** in agosto, mentre ed il cielo ed il mare erano senza un alito di vento ed una leggera nebbiolina velava l'orizzonte, un'orda di conquistatori, dopo avere attraversato tutta la penisola, giunse sulle rive dell'attuale città di **Reggio**, trovandosi davanti allo stretto che divide la **Calabria** dalla **Sicilia**.

A pochi chilometri, sull'altra sponda, sorgeva l'**isola di Sicilia** ed il **Re barbaro** si domandava come fare a raggiungerla trovandosi sprovvisto di imbarcazioni, quindi impotente davanti al mare.

All'improvviso, apparve una donna meravigliosamente bella che fece apparire l'isola a due passi dal conquistatore; guardando nell'acqua egli vedeva nitidi ed i monti dell'isola e le spiagge e le vie di campagna e le navi nel porto, come se potesse toccarli con le mani.

Esultante, il Re barbaro balzò giù da cavallo e si gettò in acqua, sicuro di poter raggiungere l'isola con un paio di bracciate, ma l'incanto si ruppe ed il Re affogò miseramente.

Il tutto era, infatti, un miraggio; un gioco di luce della bella e sconosciuta donna, che altri non era se non la **Fata Morgana**.

In **dorgalese** la **fata** si chiama: **jana, fada**.

La filosofia è la fata Morgana che fa balenare la soluzione davanti agli occhi degli affaticati seguaci delle scienze.

Friedrich Wilhelm Nietzsche (1844 - 1900)

### L'indice di rifrazione dell'aria

$$\eta = 1 + 643,28 \cdot 10^{-7} + \frac{294\,981 \cdot 10^{-7}}{146 - \sigma^2} + \frac{2\,554 \cdot 10^{-7}}{41 - \sigma^2}$$

In cui:  $\eta$  = indice di rifrazione dell'aria alle condizioni standard -  $\sigma$  = al reciproco della lunghezza d'onda in nanometri, ed è valida per aria secca con 0,03% di anidride carbonica ad una pressione di 101325 Pa e temperatura di 15 °C.

## Il raggio verde

### Trattazione

Il **raggio verde**, detto anche *green flash* in inglese, è un **fenomeno ottico atmosferico** piuttosto raro che produce una sottile striatura luminosa di colore *verde-azzurro* sulla sommità del disco solare, poco prima che il Sole scompaia sotto l'orizzonte al tramonto; si può verificare anche quando il Sole sta sorgendo e raramente le striature possono assumere colore *blu-indaco*.



Fin dall'antichità varie popolazioni, tra cui gli astronomi e *caldei* e *babilonesi* ed *egizi*, annotarono il fenomeno senza riuscire a spiegarne l'origine, che fu oggetto di meditazioni anche da parte di **Lord Kelvin** nel 1893 che lo ritenne, però, una mera illusione ottica.

Considerato dapprima un fenomeno fisiologico, il raggio verde fu documentato fotograficamente nel «1920» e da **Rongier** e da **Danjon**, ma una teoria completa fu elaborata solo negli anni trenta, perfezionata poi da **Show** nel «1973» e, successivamente, da **Frasernel** «1975».

La prima descrizione del raggio verde apparve nel «1883» sulla rivista scientifica **Nature**; in quell'articolo **Joseph Wilson Swan** (1828 – 1914) descrive una sua osservazione della *luce verde del Sole* compiuta il 13 settembre 1865.

Il fenomeno divenne popolare nei «1882» con la pubblicazione del romanzo **La rayon vert** dello scrittore francese **Jules Verne** (1828 - 1905), spesso italianizzato in **Giulio Vaerne**.

**J. Verne** descrisse il **raggio verde** in questi termini:

#### in francese

«... un rayon vert, mais d'un vert merveilleux, d'un vert qu'aucun peintre ne peut obtenir sur sa palette, d'un vert dont la nature, ni dans la teinte si variée des végétaux, ni dans la couleur des mers les plus limpides, n'a jamais reproduit la nuance! S'il y a du vert dans le Paradis, ce ne peut être que ce vert-là, qui est, sans doute, le vrai vert de l'Espérance»

#### in italiano

«... un raggio verde, ma di un verde meraviglioso, di un verde che nessun pittore può ottenere sulla sua tavolozza, un verde di cui la natura né nella varietà dei vegetali, né nel colore del mare più limpido, ha mai riprodotto la sfumatura! Se c'è del verde in paradiso, non può essere che quel verde, il vero colore della speranza»

#### Curiosità

Il **raggio verde** è altresì un film del «1986», diretto dal regista francese **Eric Rohmer** (1920 – 2010) e vincitore del *Leone d'oro* alla *Mostra del cinema di Venezia*, che prende ispirazione dall'omonimo romanzo di Jules Verne.

In *dorgalese* il **raggio verde** si chiama: **raju birde**.

## L'aurora polare

### Trattazione

L'**aurora polare** è un fenomeno ottico dell'atmosfera terrestre, caratterizzato principalmente da bande e luminose e silenziose di un'ampia gamma e di forme e di colori rapidamente mutevoli e nel tempo e nello spazio, detti *archi aurorali*; se si verifica nell'emisfero nord (o settentrionale) è chiamata più precisamente **aurora boreale**, se si verifica nell'emisfero sud (o meridionale) è chiamata più precisamente **aurora australe**.

Il fenomeno è prodotto dall'interazione e degli elettroni e dei protoni, presenti nel vento solare, e incanalate verso i poli magnetici dal campo magnetico terrestre, con le molecole presenti principalmente nella ionosfera a quote di «100 km ÷ 300 km»; i protoni vengono deviati verso il polo nord, gli elettroni vengono deviati verso il polo sud.



#### Curiosità

Nel 2005, il *polo nord magnetico* si trovava nel punto di coordinate: 83,1° N, 117,8° W; sempre nel 2005, il *polo sud magnetico* si trovava nel punto di coordinate: 64,3° N, 137,5° W

Le *aurore polari* sono generalmente visibili, nelle notti più luminose, dalle regioni situate entro «70° ÷ 90°» di latitudine sia nord sia sud anche se, nei periodi di intensa attività solare possono essere visibili anche a latitudini inferiori..

### Curiosità

L'**aurora boreale**, anticamente è stata denominata in molti modi (ad esempio *Luci del Nord*), ma fu l'astronomo ed il fisico ed il matematico ed il filosofo **Galileo Galilei** (1564 - 1642) ad usare per primo il nome **Aurora Borealis** per descriverla, unendo il nome della dea romana dell'alba, *Aurora*, a quello greco per il vento del nord, *Borea*.

In **dorgalese** l'**aurora** si chiama: **chintale, arborinu, arveschida**.

In **dorgalese** **polare** si dice: **polare**, come in italiano.

Quand'io veggio dal ciel scender l'Aurora  
co la fronte di rose e co' crin' d'oro,  
Amor m'assale, ond'io mi discoloro,  
e dico sospirando: Ivi è Laura ora.

Francesco Petrarca (1304 - 1374)

## L'alone

### Trattazione

In meteorologia, l'**alone** o **aureola** o **nimbo** od **arco di ghiaccio** è quel fenomeno ottico, generato e dalla riflessione e dalla rifrazione della luce o solare o lunare attraverso i piccoli cristalli di ghiaccio costituenti i cirrostratus, composto o da una o da più anelli luminosi circolari che possono circondare, apparentemente, od il Sole o la Luna (il termine deriva dal latino *halōs* *cerchio intorno al Sole* che, a sua volta deriva dal greco ἅλως *hálōs*).

Attorno al Sole la fascia è iridata, mentre attorno alla Luna è biancastra.

In **dorgalese** l'**alone** si chiama: **chircu, corte**.

L'**alone solare** è, per l'appunto, un cerchio luminoso che compare attorno al Sole e che, l'osservatore vede sotto un angolo di «22°»; la zona di cielo interna all'alone, di colore bianco, ad eccezione di una sfumatura e **rosso chiaro** all'interno e **viola** all'esterno, è più scura di quella che circonda l'alone all'esterno.

L'**alone** si verifica in presenza di cristalli di ghiaccio esagonali che rifrangono la luce solare; indica la presenza di estese formazioni di nubi cirriformi, costituite appunto da cristalli di ghiaccio.

D'inverno, in una fredda giornata nebbiosa, l'alone indica che nella nebbia vi sono presenti dei cristalli di ghiaccio per cui si potrebbe prevedere che, in particolare la notte, la nebbia possa gelare.

Quello descritto è l'**alone 22°**, detto **ordinario**, ma se ne può formare anche un altro, l'**alone 46°**, detto **straordinario**; quest'ultimo, visibile dall'osservatore sotto un angolo di «46°», è meno frequente e meno luminoso del precedente.

Attorno al Sole la fascia è iridata e attorno alla Luna è biancastra.

### Precisazioni

Potrebbe presentarsi anche un altro tipo di alone, l'**alone «9°»**, ancora più raro.

Poiché gli aloni sono per la maggior parte causati da cristalli di ghiaccio nei freddi cirri ad altitudini di «5 km ÷ 10 km» nella parte superiore della troposfera, indicano l'arrivo di un fronte caldo e, pertanto, il probabile arrivo e di cattivo tempo e di piogge.

L'alone può formarsi anche intorno alla Luna, ma, in questo caso, i colori sono troppo chiari per poter essere rilevati.



## L'antiastro

### Trattazione

L'**antiastro** [composto e di *anti* e di *astro*], e in ottica atmosferica e nel fenomeno dell'alone, è quel disco luminoso che si presenta dalla parte opposta di un determinato astro, cioè o della Luna (*antiselene*) o del Sole (*antelio*).

L'**Anteliale** o l'**anteliaco** è un aggettivo inerente all'antelio, talvolta anche sinonimo di *antisolare*: la *luce antisolare* è la luce emessa dall'antelio.

**Pseudoelio** [composto di *pseudo* ed *elio*, nel significato di «Sole»], in ottica atmosferica, sinonimo di *antelio*.

### Divagando sulle curiosità

L'**Antelio** [dal gr. 'Avrì, Conto, e 'ἥλιος, Sole], è anche quell'aureola, d'uno splendore vivido, da cui un osservatore vede circondata l'ombra del proprio corpo, segnatamente intorno alla testa, illuminato dal sole prossimo all'orizzonte, quando l'ombra cade o su un campo erboso irrorato di rugiada o, trovandosi in alte montagne, è proiettata contro od una nube od una *nuvola* di fumo, od uno strato di vapore, collocati dalla parte opposta del Sole; alcune volte, l'aureola si abbellisce dei colori iridati degli anelli colorati, e consta di vari o

cerchi od anelli, fino al numero di cinque.

Non è corretto considerare *Antelio* come sinonimo di *Parelio*, effetto ottico che, in verità, disegna tutt'altro fenomeno.

## *I paranteli*

### **Trattazione**

I **paranteli** sono fotometeore associate al fenomeno ottico degli aloni; i due dischi bianchi, delle medesime dimensioni apparenti del Sole, che talvolta appaiono a «120°» in azimut dal Sole, da ambedue le parti di esso sul cerchio perielico.

Il medesimo fenomeno ottico, meno brillante poiché relativo alla Luna, sono le fotometeore denominate **parantiseleni**.

## *La corona*

### **Trattazione**

In meteorologia la **corona** o **disco di diffrazione** o **disco di Airy** ha un aspetto simile all'alone, ma, anziché come un anello, appare come un disco; indica la presenza di sottili strati nuvolosi composti o da goccioline d'acqua o da minutissimi cristalli di ghiaccio e le sue dimensioni dipendono dalla dimensione delle particelle o di ghiaccio o d'acqua che lo provocano.

Se la corona compare in una giornata nebbiosa, indica che la nebbia tende ad attenuarsi e, pertanto, a dissolversi.

#### **Precisazioni**

Nonostante sia indicata con lo stesso termine, la **corona** non deve essere confusa con lo strato più esterno dell'atmosfera solare che si estende fino allo spazio interplanetario.

In *dorgalese* la **corona** si chiama: **corona**. (come in italiano)

La **corona solare** è, per l'appunto, un disco luminoso di piccolo diametro (angolo compreso fra «1° ÷ 10°») dovuto alla diffrazione, ovvero ad una deviazione, dei raggi luminosi solari quando incontrano ostacoli di dimensioni simili alla loro lunghezza d'onda, come le minuscole goccioline che costituiscono le nubi sottili che passano davanti all'astro.

Questo fenomeno provoca anche la scomposizione della luce bianca nei colori dell'iride; il rosso appare nella zona esterna, mentre il blu appare all'interno della corona (più sfumati, possono apparire anche l'arancio ed il verde ed il giallo).

Le goccioline più grandi formano un disco luminoso di raggio inferiore, pertanto una corona piccola è indice di un'intensa condensazione (gocce relativamente grandi) e di un possibile peggioramento del tempo; una corona grande è indice di goccioline molto piccole probabilmente in fase di evaporazione e, quindi, premonitrice di un miglioramento.

La **corona lunare** si osserva più facilmente della **corona solare**, in quanto, quest'ultima, tende ad essere mascherata dall'eccessiva luminosità del Sole.

## *L'iridescenza solare*

### **Trattazione**

L'**iridescenza** si manifesta sotto forma di zone colorate irregolarmente, sulle nubi medie poste attorno al Sole; si potrebbe considerare una **corona** o parziale od imperfetta, generata dal medesimo fenomeno di diffrazione della luce sulle goccioline che compongono la nube,.

L'**iridescenza**, per contro, non è simmetrica come la corona, ma forma macchie di colore, diffuse o all'interno dei banchi nuvolosi o sul loro perimetro.



I suoi colori dipendono e dalla dimensione delle goccioline d'acqua e dalla posizione dell'osservatore; il blu compare sempre nella zona interna, rispetto alla provenienza della luce, ed è il colore dominante, seguito dal verde e dal rosso.

Gli effetti cromatici migliori sono generati dalle nuvole composte da goccioline e minuscole, dell'ordine di un micrometro «μm», ed uniformi, come quelle contenute o negli *altostratus* o negli *altocumulus* appena formati.

L'iridescenza può essere prodotta anche dalla Luna; in questo caso i colori sono più pallidi, anche se ugualmente ben visibili.

L'iridescenza, che si osserva nelle immagini fornite da un sistema affetto da aberrazione cromatica, è detta **iridazione**.

## I Pareli

### Trattazione

I **pareli** o **cani solari** o **finti soli** (dal greco *parà*, vicino, ed *élios*, sole) sono un fenomeno ottico dell'atmosfera e si formano nelle stesse condizioni degli *aloni* e si presentano, generalmente, insieme ad un alone che sottende un angolo di «22°».

Si presentano come due macchie luminose poste alla stessa altezza del Sole sull'orizzonte e si generano quando la luce solare attraversa un sottile strato di cristalli di ghiaccio come si verifica quando il cielo è ricoperto o di **cirri** o di **cirrostrati**.

I **pareli** appaiono soltanto quando i tantissimi cristalli di ghiaccio, di forma esagonale, presenti nell'atmosfera, sono orientati su un piano orizzontale con la faccia piatta parallela al suolo.

Una volta sviluppati, i due **pareli** possono assumere leggere sfumature colorate; rosate all'interno, bluastre all'esterno.

I **pareli** sono visibili finché il Sole si mantiene ad un'altezza inferiore di «45°» sopra l'orizzonte; oltre questa soglia, non sono più osservabili in quanto la luce rifratta non arriva più all'osservatore a terra.

Anche la Luna piena è in grado di creare questo effetto, anche se si tratta di un fenomeno molto raro; in questo caso, i due punti luminosi prendono il nome di **paraseleni** o **cani lunari**.



## I pilastri solari

### Trattazione

I **pilastri solari** sono particolari pilastri di luce che appaiono come colonne di luce che si innalzano dal Sole o mentre sorge o mentre tramonta; alcune volte si possono osservare anche quando il Sole è o ancora o già un poco sotto l'orizzonte.

Il fenomeno è generato sempre da cristalli di ghiaccio; in questo caso a forma o di piastra o di colonna esagonale.

In particolare i cristalli piatti di solito causano i pilastri quando il Sole è intorno ai «6°» sull'orizzonte o poco sotto; mentre i cristalli a forma di colonna esagonale possono provocare un pilastro quando il Sole è anche a «20°» sopra l'orizzonte; la larghezza e la visibilità di un pilastro solare dipende, quindi, e dalla forma e dall'allineamento dei cristalli.



Anche la Luna può produrre colonne di luce e, in questo caso si chiamano, come ovvio, **pilasti lunari**.

I **pilastri di luce** che si formano da fonti luminose provenienti da terra, potrebbero apparire molto più alti di quelli associati al Sole o alla Luna e, constatato che l'osservatore è generalmente più vicino alla sorgente luminosa, l'orientamento dei cristalli ha meno importanza nella loro formazione.

In **dorgalese** il **pilastro** si chiama: **pilastru**.

### Precisazioni

I **pilastri di luce**, come parimenti e gli **aloni**, o di Sole o di Luna, e i **pareli**, o di Sole o di Luna, e le **corone**, o di Sole o di Luna, possono anche formarsi attorno o alle intense luci stradali o ad altre luci molto forti.

## La gloria

### Trattazione

La **gloria**, o **spettro di Brocken**, è un fenomeno ottico, attinente alle **fotometeore**, prodotto dalla luce dal Sole, basso sull'orizzonte, riflessa, verso la sua fonte da una nuvola di goccioline d'acqua di dimensioni uniformi, mentre contemporaneamente l'ombra dell'osservatore (spettro di Brocken) si proietta e deformata ed un poco **grottesca**, contornata da una corona colorata, su tale nuvola.

### Curiosità

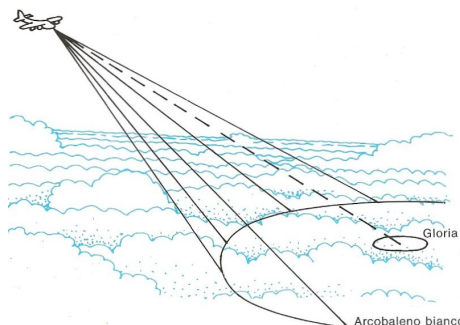
L'origine della denominazione **spettro di Brocken** viene dal nome di una montagna in Germania dove si è potuto osservare il fenomeno fin dall'antichità, in quanto essendo una montagna molto alta supera il livello delle nubi, ed essendo un posto molto nebbioso, il fenomeno della **gloria** è abbastanza favorito.

In **dorgalese** la **gloria** si chiama: **groria**, con la «r» al posto della «l».

Si ha, pertanto, l'illusione di un enorme ingrandimento dell'ombra stessa, spesso caratterizzata dalla presenza di una corona luminescente intorno al capo (la *gloria* vera e propria) o comunque alla parte più alta della figura, dando un effetto magico e misterioso.



L'ingrandimento che l'osservatore percepisce è solo un'illusione ottica, perché la superficie delle nuvole relativamente vicine viene giudicata alla stessa distanza degli oggetti al suolo visibili negli squarci tra le nubi, in realtà molto più lontani.



E' comunque un fenomeno molto raro e poiché è visibile in direzione opposta a quella del Sole, si osserva più comunemente quando si è in volo, con la *gloria* che circonda l'ombra proiettata dall'aeroplano sulle nuvole.

Il diametro della corona, che può anche avere più anelli colorati, dipende dalla dimensione delle goccioline all'interno dei vapori dell'atmosfera; la dimensione angolare è molto minore di quella di un arcobaleno ed è compresa fra circa «5° ÷ 20°».

#### Curiosità

I vapori dell'atmosfera (le nuvole, la nebbia, la foschia, ecc.) possono essere suddivisi in tre gruppi in base alla loro posizione rispetto all'osservatore: gli **iperionti** sono le nuvole sopra l'osservatore, i **perionti** sono o le nuvole o la foschia che avvolgono il medesimo, gli **iponti** sono quelle nuvole che si trovano sotto l'osservatore: a **gloria** può verificarsi solo negli iponti.

## L'aureola

### Trattazione

L'**aureola** o l'**Heiligenschein** (dal tedesco *halo*), si crea come un punto luminoso intorno all'ombra della testa dello spettatore; è simile all'alone, ma non è la gloria.

Può capitare, generalmente la mattina e con il cielo sereno, quando una superficie (di solito erbosa) è coperta da rugiada e le goccioline sono disposte in modo da focalizzare un'immagine ingrandita del Sole sui fili dell'erba, che si riflette sulla figura opposta all'erba stessa creando un alone luminoso intorno a essa.

Simile è il fenomeno dell'aureola sull'acqua, che avviene quando una superficie acquosa increspata focalizza i raggi del Sole creando raggi luminosi che si irradiano dall'ombra della testa dell'osservatore.

## L'aurora

### Trattazione

Talvolta accade che al sorgere del Sole l'**aurora** inizi a brillare insolitamente presto; questa luminosità non proviene direttamente dal Sole, ma dalla riflessione della sua luce da parte di nubi altissime composte da cristalli di ghiaccio.

Questo fenomeno si chiama **falsa alba** (o meglio, **falsa aurora**).

#### Precisazioni

L'**aurora** è l'apparizione di una luce, e dorata, talvolta o rosea o purpurea, o ramata, che appare nel cielo poco prima del sorgere del Sole.

In *dorgalese* l'**aurora** si chiama: **chintale**, **impuddile**, **arveschida**.

## Le luci di Hessdalen

### Trattazione

Le **Luci di Hessdalen** sono un fenomeno luminoso ricorrente nella *valle di Hessdalen*, in Norvegia; queste luci, ben note agli meteorologi, sono state e registrate ed analizzate anche dai fisici.

Una possibile spiegazione attribuisce il fenomeno a un processo di combustione in aria, non completamente compreso, di nubi di polvere contenenti scandio (Sc), un raro elemento contenuto nel suolo della valle.

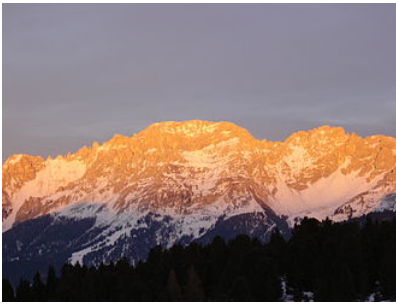
In alcuni casi queste luci sono state erroneamente identificate come aerei, luci di automobili, oggetti celesti e miraggi.



## L'enrosadira

### Trattazione

L'enrosadira è un fenomeno ottico per cui la maggior parte delle cime delle Dolomiti assume un colore rossastro, che passa gradatamente al viola, soprattutto ed all'alba ed al tramonto; l'etimologia del termine *enrosadira*, che letteralmente significa *diventare di color rosa*, deriva dalla parola *ladina* o *rosadūra* o *enrosadōra*.



Questo fenomeno è ben visibile nelle sere d'estate, quando l'aria è particolarmente limpida e i crepuscoli sono più lunghi.

Il fenomeno dell'enrosadira può manifestarsi in modo significativamente diverso nei vari periodi dell'anno, e può variare sensibilmente tra un giorno e l'altro in funzione dei fenomeni meteorologici; la tinta assunta dalle cime delle mon-

tagne varia dal rosa all'arancione, fino al viola.

Queste variazioni e di tinte e di durata dell'enrosadira sono quindi dovute ed alle diverse posizioni del sole durante l'anno ed alle condizioni dell'atmosfera; tale fenomeno si manifesta su tutte le Dolomiti: all'alba appare sulle creste rivolte a est, mentre al tramonto sono le pareti rivolte a ovest a colorarsi.

Il fenomeno è incrementato dalla riflettività delle pareti rocciose delle Dolomiti, formate dalla dolomia, una roccia contenente dolomite, un composto di carbonato di calcio e magnesio; aspetti analoghi a questo fenomeno sono visibili in generale sulle montagne calcaree, come o sul Gran Sasso d'Italia od, anche, sugli altopiani carbonatici del Supramonte sardo.

## I raggi crepuscolari e i raggi anticrepuscolari

### Trattazione

I **raggi crepuscolari** (in inglese: *crepuscular ray*) sono fasci di ombre che si alternano in cielo; esse derivano dalla luce solare quando questa viene parzialmente schermata o da alte cime montane o formazioni nuvolose come i cumulonimbus.

I raggi sembrano divergere per un effetto prospettico, in realtà sono paralleli fra di loro e provengono da un punto che sembra infinitamente lontano, ovvero il Sole.

Tra le zone scure e le zone chiare esiste una porzione di aria parzialmente illuminata, chiamata *penombra*.

Le ombre, come i raggi crepuscolari, non sono mai totalmente scure e talvolta possono essere colorate; la causa può dipendere e dal colore della luce che la genera e dal colore dell'oggetto che si interpone e da un fattore psicologico individuale chiamato *adattamento cromatico* (ad esempio le ombre sulla neve appaiono giallastre quando il sole è all'orizzonte, mentre sembrano blu quando è alto in cielo).

La causa fisica delle ombre, e quindi dei raggi crepuscolari, è la dispersione della luce solare determinata e dalle molecole e da alcune particelle come o la polvere o la caligine o la foschia o la nebbia o le velature od una combinazione fra queste cause.

I raggi crepuscolari, chiamati anche *Raggi di Buddha* o *Ropes di Maui*, possono apparire improvvisamente tra i bordi dei cumulonimbus, tra le cime delle montagne, oppure vicino all'orizzonte o prima del tramonto o dopo l'alba.

Si possono vedere perfino sott'acqua o con il Sole alto in cielo; essi puntano il disco solare, anche quando si trova sotto l'orizzonte, oppure l'antelio, ma in questo caso prendono il nome di raggi anticrepuscolari.

I **raggi anticrepuscolari** (in inglese: *ant crepuscular ray*) si manifestano dalla parte opposta o del tramonto o dell'alba e sembrano convergere ad Est creando l'illusione che lì il Sole sia appena tramontato.

Una banda che va dall'arancio, quando il Sole è ancora sopra l'orizzonte, al rosa/viola, quando il Sole è sotto l'orizzonte, denominata *Cinta di Venere* o *Arco anti-crepuscolare* accentua l'illusione ottica.

I raggi *antirepuscolari*, parimenti ai *raggi crepuscolari*, in realtà, non convergono, ma sono paralleli ed attraversano tutta la volta celeste da ovest ad est.

Si può dire quindi che i raggi anticrepuscolari sono il prolungamento dei raggi crepuscolari anche se non sempre o si manifestano o sono chiaramente visibili in contemporanea.

Potrebbero anche trattarsi non tanto di raggi di luce, ma di fasci di ombre.

A differenza dei raggi crepuscolari, l'alternanza dei fasci di ombra dei raggi anticrepuscolari sono più larghi rispetto a quelli di luce, come se il ventaglio dei raggi anticrepuscolari fosse il negativo del ventaglio di raggi crepuscolari.

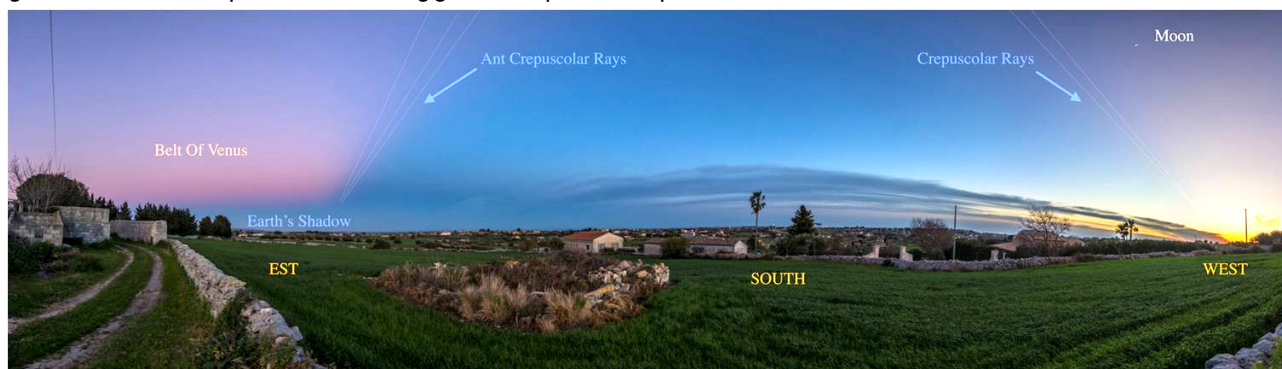
I raggi anticrepuscolari, se presenti, persistono soprattutto anche dopo il tramonto e sembrano sollevarsi ed allargarsi man mano che si innalza la così detta **Ombra della Terra** che in realtà è l'ombra della Terra sulla nostra atmosfera proiettata ad Est; essa anticipa il buio fino a fondersi con lo stesso che ben presto ci mostrerà la volta celeste con le luci delle stelle.

I raggi anticrepuscolari possono quindi apparire prima dell'alba e la loro evoluzione segue la sequenza invertita rispetto a quella appena descritta del tramonto; possono anche apparire nelle ore prettamente diurne all'interno dell'Arcobaleno, ma in questo caso prendono il nome di **Raggi dell'Arcobaleno**.

Spesso le nubi o le isole, sono posizionate al di sotto dell'orizzonte visibile e, pertanto, i raggi possono anche raccontare di ciò che si sta apponendo al Sole mentre questo è già sotto l'orizzonte.

L'illusione che i raggi convergano in un solo punto però, ci dà, in un ampio spazio dispersivo come ad esempio l'Est dopo un tramonto, l'indicazione esatta del punto antisolare e della posizione del Sole sotto l'orizzonte.

Nell'immagine che segue si può immaginare la loro formazione: sono o nuvole o montagne che la luce proietta correggendo i profili e proiettandoli fino all'antelio.



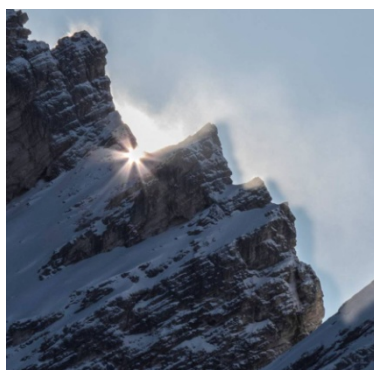
#### Chiarimenti

Belt Of Venus = cintura di Venere – Earth's scado = ombra della Terra – Ant crepuscular rays = raggi anticrepuscolari – Crepuscular rays = raggi crepuscolari – Moon = Luna – EST = est – SOUTH = ovest – WEST = ovest.

## L'ombra sospesa

### Trattazione

L'**ombra sospesa** si manifesta quando il Sole, dietro la montagna, proietta l'ombra della stessa montagna su uno strato di foschia; se non ci fosse la foschia a trattenere l'ombra, non si verificherebbe questo effetto *tridimensionale* di un'ombra sospesa.



## Gli anelli di gas vulcanici

### Premessa

Gli **anelli di gas vulcanici** (o **volcanic vortex**, in inglese) sono un fenomeno e spettacolare e **raro** che si verifica quando i vulcani emettono gas in modo da creare un vortice circolare; questo inizia con l'emissione, attraverso una fessura stretta nel vulcano, di gas composto e da vapore acqueo e da anidride carbonica e da zolfo e da altri composti volatili.

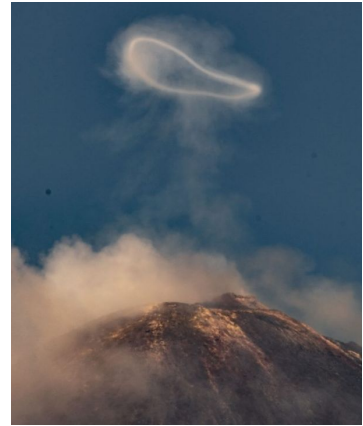
## Trattazione

A causa e delle alte pressioni nel sottosuolo e delle differenze di temperatura tra il gas caldo e l'aria più fredda, questi gas espulsi possono talvolta innescare la formazione di vortici; se il gas esce od a pulsazioni od in condizioni aerodinamiche particolari, si possono formare degli anelli di gas che diventano molto visibili se contengono, oltre al gas, anche particelle di cenere.

Questi anelli possono rimanere e stabili e visibili per diversi minuti, viaggiando per chilometri prima di dissolversi; la loro stabilità dipende e dalla coerenza del vortice e dalle condizioni atmosferiche.

La loro formazione è osservata più frequentemente in alcuni vulcani come e **l'Etna** (dalla piccola bocca che si è aperta il «2 aprile» sull'orlo nord-orientale del Cratere di Sud-Est, sono usciti sbuffi di gas incandescente) e lo **Stromboli**, dove le condizioni e geografiche ed eruttive sono particolarmente favorevoli.

Oltre alla geometria dell'apertura vulcanica e alle caratteristiche del flusso di gas, un altro fattore che può influenzare la formazione degli anelli di fumo sono le *onde acustiche* generate dai boati vulcanici.



### Precisazioni

Durante le esplosioni all'interno del vulcano si producono potenti *onde acustiche* generate da rapidi **cambiamenti di pressione** nell'aria; queste onde interagiscono con il gas espulso, attraverso le fessure del vulcano, inducendo delle *pulsazioni* nel flusso di gas.

Queste **pulsazioni** possono aiutare ed a formare ed a stabilizzare un vortice circolare e di gas e di cenere, che si manifesta visivamente come un anello di gas, appunto; le onde acustiche, pertanto, non solo contribuiscono alla modulazione del flusso di gas, ma possono anche stabilizzare il vortice una volta formatosi, permettendo agli anelli di rimanere e coesi e visibili mentre si allontanano dalla fonte.

## I dark watchers

### Premessa

I **Dark Watchers** sono un gruppo di entità del folklore californiano che, stando alle tradizioni orali più antiche delle tribù native locali, osservano i viaggiatori lungo le montagne dello stato; gli abitanti del luogo li vedono sulle cime delle montagne da più di «300 anni».

Si legge in un recente articolo pubblicato sulla rivista SFGate «Quando gli spagnoli arrivarono nel 1700, iniziarono a chiamare le apparizioni **los Vigilantes Oscuros** (letteralmente **gli osservatori oscuri**)», e. «Quando i coloni angloamericani hanno iniziato a rivendicare la regione, anche loro hanno sentito la sensazione di essere osservati dalle colline».



### Trattazione

I Dark Watchers vengono **osservati perlopiù il pomeriggio**, quando le ombre iniziano a coprire i monti e l'effetto potrebbe essere amplificato dalla presenza o di nebbia o di nuvole a bassa quota,

Le figure spettrali, infatti, sono solitamente circondate da un alone color arcobaleno, prodotto dalla luce solare che si rifrange dalle goccioline d'acqua o nella nebbia o nelle nuvole.

### Le spiegazioni scientifiche

Questi fenomeni, non rari sulle alte montagne di tutto il mondo, possono avere varie spiegazioni scientifiche.

La prima è la **pareidolia** (od **illusione pareidolitica**), ovvero la naturale inclinazione umana a vedere schemi dove non ne esistono, un modo con cui si cerca di dare un senso al mondo; questo porta spesso a personificare la natura ed a vedere o figure o volti umani, che non esistono realmente, in oggetti ed inanimati e completamente inermi, come facce e nelle nuvole e nelle rocce Marziane.

Un'altra ragione potrebbe essere meteorologica; secondo il meteorologo della San Jose State University **Jan Null** del Golden Gate Weather Services della Bay Area, potrebbero essere gli **spettri di Brocken** (vedi *La gloria*, a pagina 70) a distorcere la percezione delle persone dando l'illusione di un enorme ingrandimento dell'ombra proiettata dall'osservatore, quando il Sole è basso.

I Dark Watchers si formano quando le ombre vengono proiettate contro la nebbia.

Il sole, soprattutto quando sorge o tramonta, potrebbe trovarsi dietro l'escursionista; la nebbia distorce l'ombra umana, facendola sembrare enorme, che può scomparire o con un leggero cambiamento di posizione o con una folata di vento.

Null dice con onestà che se ne sarebbe ancora più convinto da quando ha visto la propria ombra formare uno spettro di Brocken in una mattina nebbiosa. «*Non avevo mai sentito parlare di osservatori oscuri prima, ma il tipo di immagini che vedi con gli spettri di Brocken sembrano corrispondere a ciò che è stato descritto*».

## L'arco circumzenitale

### Trattazione

L'**arco Circumzenitale** (CZA: acronimo di *Circumzenithal Arc*) è descritto come l'*arcobaleno che sorride* a causa della sua inconfondibile **curvatura invertita**, contraria a quella dell'arcobaleno tradizionale, che ricorda visivamente un sorriso nel cielo.

Tra tutti i fenomeni ottici atmosferici, il CZA emerge come uno dei più intensamente colorati, superando, in vivacità, persino l'arcobaleno tradizionale.

La sequenza cromatica dell'CZA parte dal rosso della banda più esterna dell'arco, orientata verso il Sole, seguito dall'arancione, dal verde, dal blu e dal viola nella parte più interna.

Come il suo nome suggerisce, la posizione dell'*arco circumzenitale* nel cielo, qualora fosse presente, è presso la verticale dell'osservatore, quindi intorno allo zenit.

Il fenomeno dell'arco circumzenitale (CZA) si verifica di solito durante il giorno se sono presenti nuvole cirri, la sua formazione è influenzata principalmente e dalla presenza di cristalli di ghiaccio presenti nei cirri, quando il Sole si trova ad un'altitudine inferiore ai «32°» e dal loro orientamento.

Tuttavia, in circostanze rare, l'CZA può essere osservato anche di notte, soprattutto se il cielo è attraversato da cirri investiti dalla luce di una Luna molto luminosa e quando la posizione di quest'ultima non superi i «32°» di altitudine.

### Curiosità

Il «10 novembre 2022», alle «ore 20:00» a Modica (Rg), con una Luna ed al «94%» di luminosità e ad un'altitudine di «19°» l'astrofotografa **Marcella Giulia Pace** ha avuto l'opportunità di osservare un **arco circumzenitale lunare**; questo fenomeno si manifestò accanto alla costellazione di Cassiopea e poco sotto la galassia di Andromeda.

La presenza di un CZA lunare notturno, soprattutto con una Luna così luminosa, è un evento insolito e affascinante, che sottolinea la rara combinazione di condizioni atmosferiche e astronomiche che permettono tale osservazione.

Man mano che od il Sole o la Luna salgono nel cielo, l'Arco Circumzenitale si avvicina allo zenit senza mai coincidere con esso; durante questo movimento, l'arco e si accorcia e si ispessisce.

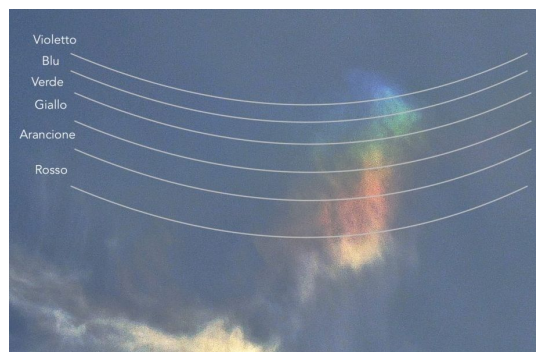
Al contrario, quando il Sole è basso sull'orizzonte, l'Arco Circumzenitale e si allunga e si assottiglia, riducendo la sua luminosità.

Il momento in cui l'arco è più vivido e più luminoso si verifica quando od il Sole o la Luna hanno un'altitudine di circa «20°».

La formazione dell'arco circumzenitale, a differenza dell'arcobaleno, non è attribuibile alle gocce d'acqua, ma piuttosto alla *rifrazione* della luce su cristalli di ghiaccio sospesi, comunemente presenti nei cirri, che ed assumono la forma di esagoni piatti in caduta libera con la base parallela all'orizzonte ed agiscono come prismi naturali; quando la luce solare attraversa la loro faccia superiore orizzontale, fuoriesce lateralmente dalla faccia verticale, generando così l'arco circumzenitale.

Durante questo processo, i raggi di luce vengono rifratti, ovvero e cambiano direzione ed escono da superfici inclinate a «90°» l'una rispetto all'altra e questo fa sì che i colori si separino molto bene, un poco come avviene in un prisma; i colori che ne risultano, pertanto, sono molto puri e vividi.

Quando il Sole si trova ad un'altitudine superiore a circa «32,3°» sopra l'orizzonte, i raggi di luce che entrano nei cristalli non riescono più a uscire dalla faccia laterale, per questo è importante la sua altezza.



L'arco circumzenitale può essere considerato un fenomeno raro non tanto per la sua bassa frequenza con cui appare, ma piuttosto per la scarsa nostra osservazione della parte del cielo in cui si forma che tendiamo a trascurare.

In condizioni e particolari ed oggettivamente rare, l'arco circumzenitale può chiudersi in un cerchio completo, mantenendo solo una parte colorata, di solito di circa « $\frac{1}{3}$ » del cerchio, mentre la rimanente parte resta bianca; questo raro fenomeno è noto come **arco di Kern**; una variante dell'arco circumzenitale che si verifica in presenza di cristalli di ghiaccio orientati geometricamente in modo tale da dar luogo a una rifrazione della luce solare che genera questa particolare configurazione circolare.

L'CZA è spesso confuso con un altro fenomeno, quello delle **nubi iridescenti** che si formano per tutto altro processo; l'equivoco nasce dal fatto che l'CZA si formano su nubi alte come i cirri, che raramente presentano una formazione compatta e, pertanto, l'arco non appare nella sua interezza perché in parte potrebbe restare coperto da nubi più basse, così da mostrare all'osservatore solo od una porzione o addirittura un suo frammento.

E' possibile distinguere facilmente l'CZA dalle nubi iridescenti osservando la disposizione dei colori; nel CZA, le colorazioni sono disposte a bande orizzontali, mentre nelle iridescenze, i colori sono diffusi in modo più casuale.

Altro elemento di confusione potrebbe sorgere con l'arco circumorizzontale che vedremo appresso.

## *L'arco circumorizzontale*

### **Trattazione**

L'**arco circumorizzontale** è un fenomeno piuttosto raro che si sviluppa in parallelo rispetto alla linea dell'orizzonte ed è chiamato anche **arco-baleno di fuoco** perché, visto dal basso, somiglia a una fiamma colorata che divampa nel cielo.

L'**arco circumorizzontale** si verifica solo in certe particolari condizioni climatiche ed è un alone formato da cristalli di ghiaccio esagonali presenti nei cirri, allineati prevalentemente in direzione orizzontale in modo da rifrangere la luce come un unico, gigantesco prisma; quando questi cristalli vengono colpiti dai raggi solari con un'inclinazione di «58°» o superiore, si crea questo alone così grande che l'arco appare parallelo all'orizzonte,



Coloratissimi archi circumorizzontali si verificano soprattutto durante l'estate e a particolari latitudini; si presentano come una linea orizzontale con striature rosse sulla parte superiore e la linea si muove nel cielo con il sole e i suoi colori si intensificano intorno a mezzogiorno.

Siccome i cirri sono nuvole formate da ciuffi o filamenti di nuvole, simili a pennellate nel cielo, è raro vedere l'intero spettro di colori, in assenza di una loro forma continua.

#### **Curiosità**

A Londra, il sole è solo abbastanza alto nel cielo, oltre i «58°» per «140 ore» tra metà maggio e fine luglio; a Los Angeles il sole è abbastanza alto nel cielo per «670 ore» tra la fine di marzo e la fine di settembre.

Gli archi circumorizzontali **non** devono essere confusi con le nubi iridescenti, che possono produrre un effetto simile.

#### **Curiosità**

Le fotografie degli *archi circumorizzontali*, come parimenti quelle degli *archi circumzenitali*, sono state oggetto di campagne di disinformazione demenziali, ove si parlava e di sostanze chimiche e di irrorazioni e di manipolazione climatiche e di quant'altro.

## *Non sono miraggi*

### **Premessa**

Presentiamo alcuni fenomeni ottici atmosferici che, contrariamente a quanto potrebbe sembrare, non sono miraggi, ma che modificano ugualmente e l'aspetto e la posizione di immagini osservate all'orizzonte.

Si verificano, infatti, oltre ai miraggi, anche variazioni di rifrazione anomala che, pur alterando visivamente ed oggetti e paesaggi, non soddisfano i criteri per essere definiti miraggi, in quanto non comportano inversioni dell'immagine; questi includono fenomeni quali ed il **towering** e lo **stooping** ed il **sinking** ed il **looming**, fenomeni che hanno in comune una diversa percezione visiva degli oggetti all'orizzonte, ma che miraggi non sono.

### Precisazioni

Per definire un fenomeno ottico come **miraggio**, è necessaria la presenza di un'*inversione dell'immagine*, che può essere o diretta verso l'alto (miraggio superiore) o diretta verso il basso (miraggio inferiore), influenzata dalle condizioni termiche stratificate della bassa atmosfera che modificano il cammino dei raggi luminosi.

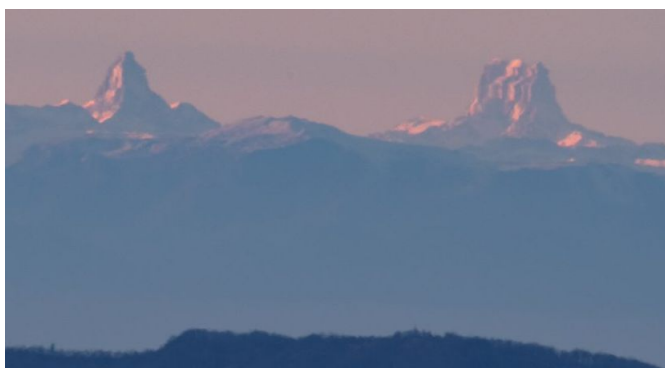
L'osservazione o di paesaggi o di oggetti distanti è influenzata e dalla stratificazione e dalla variabilità della densità atmosferica, caratterizzata da differenze di temperatura; queste condizioni atmosferiche interagiscono con la propagazione della luce, portando a fenomeni di trasformazione e di duplicazione e di distorsione e di elevazione degli oggetti osservati, creando effetti che possono apparire illusori, ma che sono radicati in processi fisici reali, noti come fenomeni di rifrazione.

### Precisazioni

La **rifrazione** della luce è la deviazione subita da un'onda luminosa che ha luogo quando questa passa da un mezzo rifrangente ad un altro otticamente differente nel quale la sua velocità di propagazione cambia, restituendo una visione alterata degli oggetti osservati.

### Il towering

Il **towering** consiste nell'allungamento verticale di oggetti lontani: montagne, navi, ecc.



© Mattia Arfelli

Questa immagine del fotografo naturalista **Mattia Arfelli**, mostra il fenomeno del *towering* sulle vette del Colle del Diavolo di Tenda (a sinistra) e il Monte Disgrazia (a destra); in particolare, il Colle del Diavolo, sembra aver preso le sembianze del Monte Cervino. Mattia, ha scattato dal monte Falterona, a 300 km di distanza.

### Lo stooping

Lo **stooping** è l'effetto opposto al towering nel quale un'immagine appare ed appiattita e schiacciata.

Towering e Stooping sulla stessa nave



© Marcella Giulia Pace

### Il sinking

Il **sinking** fa svanire oggetti sotto l'orizzonte al punto di non mostrarli all'osservatore.

### Il looming

Il **looming** è il più affascinante tra questi *non miraggi* e sembra il compimento di una magia: permette di visualizzare oggetti oltre la curvatura terrestre senza deformarli, suggerendo la possibilità di osservazioni straordinarie, come il poter vedere, ad esempio, l'isola di

Linosa dalla costa sud-orientale della Sicilia, a 165 km di distanza.

Tale fenomeno apre interessanti questioni sulle potenziali osservazioni in contesti planetari diversi dalla Terra, come esplorato dal fisico statunitense **dr. William Jackson Humphreys** (1949 - ?) nel suo libro *Physics of the Air* (1929), dove lo scienziato specula sulla visibilità orizzontale su un ipotetico pianeta con caratteristiche atmosferiche simili alla Terra, ma con un raggio notevolmente maggiore.

Nel capitolo riguardante la *Rifrazione terrestre* considerando che su un pianeta più grande della Terra la curvatura dell'orizzonte sarebbe relativamente meno pronunciata, calcola che su un pianeta, con un'atmosfera simile alla nostra, ma con un raggio «5,7 volte» quello terrestre, «è concepibile, che le dimensioni di un pianeta e il gradiente verticale di densità della sua atmosfera siano tali che l'orizzonte su di esso comprenda l'intera superficie, che si possa guardarsi intorno e, come ha detto qualcuno, vedere le proprie spalle.».

### **L'effetto Novaya Zemlya**

Anche il fenomeno del *looming* può avere un impatto significativo su come percepiamo il Sole al momento o del tramonto o dell'alba, alterando i tempi in cui sembra o sorgere o tramontare; questo effetto fa sì che il Sole o rimanga visibile più a lungo al tramonto o appaia più presto all'alba di quanto ci si aspetterebbe.

Un caso particolare di questo fenomeno è noto come il fenomeno del *Novaya Zemlya*, un effetto che può drasticamente od anticipare l'alba o ritardare il tramonto, creando visioni sorprendenti del Sole.

#### **Curiosità**

Il fenomeno del *Novaya Zemlya* prende il nome da un arcipelago nell'oceano artico a nord della Russia dove, nel «1597», l'equipaggio della nave olandese di Willem Barents, assistette per la prima volta al fenomeno.

Su quest'isola, tutto l'equipaggio era approdato da mesi poiché la loro nave era rimasta impigliata nei ghiacci e trascorsero i mesi invernali su quell'isola ad attendere il ritorno del sole previsto per l'«8 febbraio», il Sole fu avvistato prima del previsto, il «24 gennaio»; una forte inversione termica aveva creato una rifrazione così pronunciata da anticipare l'alba di ben 15 giorni.

## *Le elettrometeore*

Col termine generico di elettrometeore s'intendono quei fenomeni, e visibili ed udibili, con il quale si manifesta l'elettricità che, anche in condizioni normali, è sempre presente nell'atmosfera.



# I Fulmini

## Definizione

Il **fulmine** (o **folgore** o **saetta**) è una scarica elettrica molto intensa, che si genera o fra una nube e la terra o fra due nubi o fra una nube ed il cielo sereno, accompagnata dall'emissione di intense radiazioni e visibili (*lampi*) e sonore (*tuoni*), nonché di onde elettromagnetiche capaci di disturbare le radiotrasmissioni.

## Un poco di storia

In quasi tutte le religioni del mondo antico, le divinità associate ai fulmini erano fra le più importanti ed il fulmine stesso era considerato un segno del loro potere.

Per contro, molti filosofi antichi hanno cercato di affiancare l'origine divina con una spiegazione fenomenologica.

Il filosofo greco **Empedocle** (490 a.C. - 430 a.C.) immaginava il fulmine come una parte della luce del Sole, catturata dalle nubi più dense, che si liberava con fragore, il filosofo greco **Anassagora** (496 a.C. - 426 a.C.) vedeva il fulmine come parte dell'etere, il filosofo greco **Aristotele** (384 a.C. - 322 a.C.) immaginava il fulmine come un'esalazione secca che si liberava dalle nubi a seguito della condensazione dell'aria in acqua, il filosofo romano **Tito Lucrezio Caro** (94 a.C. - 55 a.C.) nel *De Rerum Natura* aveva individuato nello scontro fra nubi l'origine del tuono e del fulmine; il primo era prodotto dal violento impatto, il secondo dalla liberazione di atomi piccoli e leggeri che si muovevano rapidamente anche attraverso i corpi.

Si deve arrivare allo scienziato statunitense **Benjamin Franklin** (1706 - 1790) e ad altri studiosi, perché il fenomeno della fulminazione venisse indagato sia con una mentalità sia con procedimenti sia con mezzi propriamente scientifici.

*Se lampeggia e poco tuona  
acqua a secchi il ciel ti dona.*

In dorgalese il **fulmine** si chiama: **raju, lampu**.

## Parametri caratteristici

Il fulmine è un fenomeno aleatorio per cui non si è in grado di rilevare dei valori definiti, ma soltanto dei valori statistici.

Grandezza fisica	Valori medi
Corrente elettrica	10 kA ÷ 200 kA
Temperatura elettronica	50 000 K
Diametro della colonna di plasma	10 cm ÷ 50 cm
Carica elettrica totale	5 C ÷ 10 C
Differenza di potenziale	$1 \cdot 10^9$ V ÷ $10 \cdot 10^9$ V
Intensità di corrente	10 kA ÷ 200 kA
Intensità di campo elettrico	$100 \text{ kV/A} \div 300 \text{ kV/A}$
Potenza generata	100 Gw ÷ 500 GW

Un'idea della frequenza con cui i fulmini cadono al suolo è data dal numero « $N_t$ » che indica il numero di fulmini a terra all'anno per chilometro quadrato, in una particolare zona.

## Valore di $N_t$ in alcuni comuni della Sardegna

Comune	Provincia	$N_t$	Comune	Provincia	$N_t$	Comune	Provincia	$N_t$
Cagliari	CA	2,5	Nuoro	NO	4,0	Dorgali	NU	4,0
Oristano	OR	2,5	Sassari	SS	2,5	Nule	SS	1,5

## Accumulazione delle cariche

Le nuvole nelle quali, con maggior probabilità, si generano fenomeni di cariche elettriche sono le cumuli e i cumulonimbus (Vedi a pagine 22 ed 23).

Le particelle d'acqua e liquide e solide sotto le spinte contrastanti e di vortici di vento, all'interno della nube, e della forza di gravità danno luogo ad elettroni liberi e, pertanto, a cariche elettriche e positive e negative.

Nell'«80% ÷ 90%» dei casi, le cariche positive si localizzano nella parte più alta della nuvola, mentre le cariche negative si localizzano nella sua parte inferiore; in una piccola



zona, centrale in basso, si accumulano anche cariche positive, ma restano praticamente ininfluenti.

Con questa distribuzione, le cariche negative, alla base della nuvola, richiamano, come per le armature di un grande condensatore, cariche positive nel terreno sottostante per cui, fra la nube e la Terra si determina un campo elettrico ovvero una differenza di potenziale.

### Formazione delle scariche

Il meccanismo di formazione delle scariche ha inizio dalla base della nuvola in cui esiste una forte concentrazione di elettroni e, pertanto, un forte campo elettrico localizzato; questi elettroni vengono accelerati nel verso del campo determinato dal campo elettrico e della nube (cariche negative) e del terreno (cariche positive) provocando una ionizzazione ulteriore e, quindi, una scarica che avanza secondo un andamento casuale ed a zig-zag ed a scatti con intervalli di alcune decine di microsecondi nei quali percorre una lunghezza di circa «10 m ÷ 20 m».

La velocità di propagazione nell'avanzamento, della scarica pilota, è circa «30 km/s», pressappoco lo «0,1%» della velocità della luce nel vuoto che è circa «299 729,458 km/s» (vedi figura «a»).

Le cariche negative, che procedono verso terra e in modo silenzioso e debolmente luminoso, determinano un aumento della concentrazione delle cariche positive al suolo, con un innalzamento del campo elettrico (vedi figura «b»).

Si creano, pertanto, le condizioni perché dal terreno, ed in particolare da: tralicci, antenne, alti edifici, torri, sporgenze in genere, può originarsi una controscarica ascendente positiva la quale, a seguito di un iniziale effetto corona, va ad incontrare l'esistente canale ionizzato della scarica discendente (vedi figura «c»).

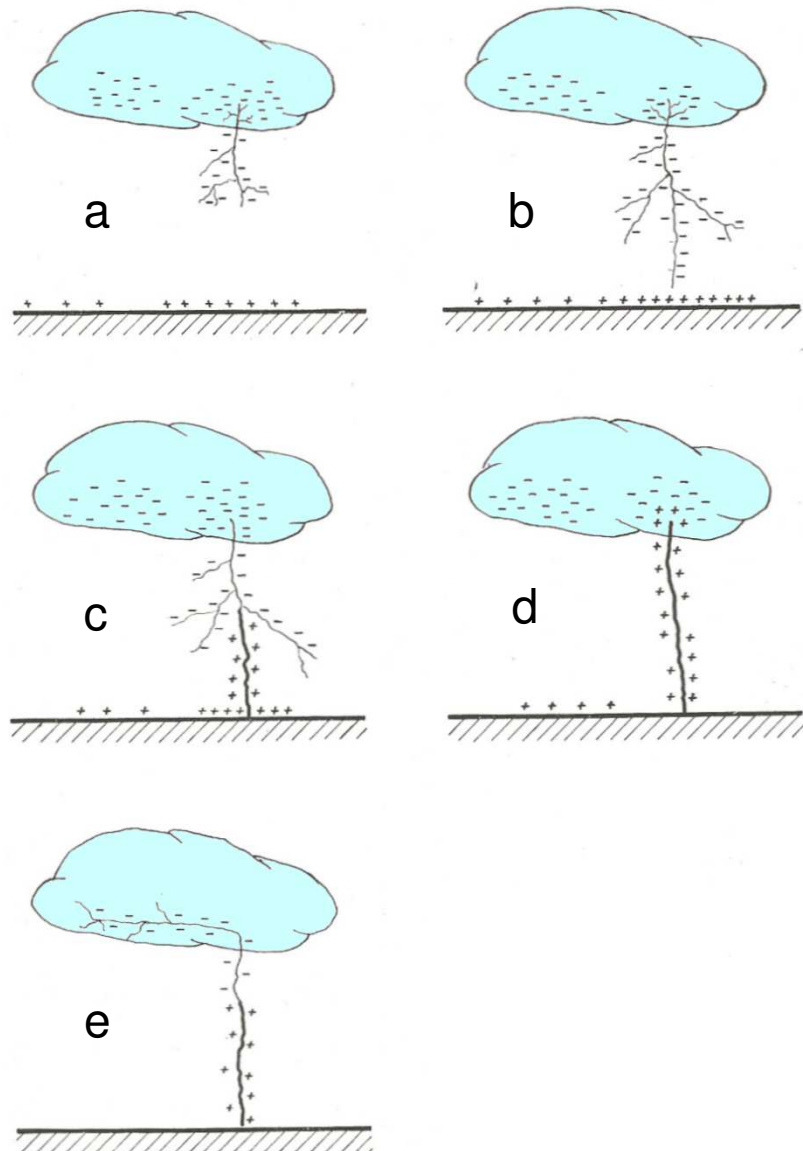
La contro scarica, che si sviluppa quando il canale della scarica negativa è arrivata a

solo qualche decina di metri dal suolo, genera un canale ionizzato ascendente che va ad incontrare quello discendente realizzando, nel momento che i due canali si incontrano, un canale ionizzato continuo fra nube e suolo.

Si genera, pertanto, una scarica di ritorno positiva verso la nube che procede ad alta velocità, pari al «10% ÷ 50%» di quella della luce e, contemporaneamente ha inizio il processo di neutralizzazione delle cariche negative presenti e lungo il canale e nella zona della nuvola da dove si è generata la scarica iniziale.

La scarica di ritorno, che ha una forte luminosità, dà origine al **tuono** ed è accompagnata, data la sua alta velocità, da un fortissimo flusso di cariche elettriche con correnti dell'ordine delle centinaia di chiloampere (vedi figura «d»).

Quando la scarica di ritorno raggiunge la nube ristabilisce un equilibrio localizzato, ma nel circa il 50% dei casi, altre cariche negative contenute nella nube, vanno a neutralizzarsi con altre positive provenienti dal terreno; si generano, pertanto, altre scariche e discendenti e di ritorno che utilizzano, come percorso, il canale ionizzato preesistente e, procedendo in



maniera diretta, ad intervalli di «20 ms ÷ 200 ms», possono raggiungere velocità dell'ordine di «3 000  $\text{km/s}$ » (vedi figura «e»).

### Tipi di fulmini

- I **fulmini fra nube e suolo**: in **Formazione delle scariche**, sulla pagina precedente, abbiamo descritto, in fin dei conti, la formazione di fulmini fra nube e suolo; la genesi è comunque, in pratica, molto simile anche per quanto riguarda e i **fulmini fra nube e nube** e i **fulmini fra nube e cielo sereno**; è sufficiente sostituire al termine *Terreno* rispettivamente col termine o *nube* o *cielo sereno*.

Solo circa il «20%» dei fulmini raggiunge il suolo, ma i danni che possono arrecare, sia a cose sia a persone, possono essere e gravi e nefasti.

#### Precisazioni

La differenza di potenziale necessaria perché avvenga la fulminazione fra nuvola e terreno dipende dalla distanza fra i capi del fulmine; sapendo che la rigidità dielettrica dell'aria è di circa «3 000  $\text{kV/m}$ », un fulmine lungo «500 m» sarà generato se ai suoi estremi si produrrà una differenza di potenziale di circa:  $3\,000 \cdot 500 = 1\,500\,000\text{ kV} = 1,5 \cdot 10^9\text{ V} = 1,5\text{ GV}$ .

Per quanto riguarda la natura del terreno, sembra che le rocce eruttive siano colpite dal fulmine più spesso che non le rocce sedimentarie; il fulmine, inoltre, sembra preferire determinate piante: il pioppo, la quercia, l'olmo, in primo luogo, poi le piante resinose.

- I **fulmini o nella stessa nube o fra nube e nube**: sono chiamati più propriamente **saette** (dal latino *sagitta*, probabilmente voce di origine etrusca).

Il fenomeno avviene all'interno **della stessa nube** temporalesca quando la differenza di potenziale che si viene a creare fra le cariche elettriche negative, localizzate alla sua base, e le cariche elettriche positive, localizzate alla sua sommità, assume valori tali da vincere la resistenza del dielettrico atmosferico e produrre, pertanto, la scarica.

Più raramente avviene che la scarica si generi **fra nube e nube**; questo fenomeno avviene generalmente fra la base negativa di una nube e la sommità positiva di un'altra nube adiacente.

- I **fulmini fra nube e cielo sereno**: appaiono quando una scarica elettrica si propaga fra un accumulo di cariche elettriche o negative o positive, all'interno di un cumulonimbus, e una zona di cariche opposte nell'atmosfera circostante.

Sono fulmini generalmente di minore intensità rispetto a quelli che avvengono fra nube e suolo e, solitamente, una sola scarica è sufficiente a riequilibrare il sistema.

Il **fulmine fra nube ed aria** è visibile a grandi distanze poiché parte dalla sommità del cumulonimbus e, pertanto, si propaga a quote elevate.

#### Osservazioni

La scarica (o il fulmine o la saetta) è rossastra se vi è pioggia all'interno della nuvola ed è azzurra in presenza di grandine; se tende al giallo significa che vi sono cortine di polveri in sospensione, sollevate dal vento, alla base della nube, se è bianca significa che l'aria è molto secca.

#### Curiosità

Si verificano più di «3 milioni» di fulmini al giorno in tutto il mondo; questo vuol dire che ogni secondo, nel mondo, cadono «40 fulmini».

La prima carica elettrica che inizia il percorso discendente si chiama **leader**, la carica elettrica che risale dalla superficie fino a scontrarsi con la scarica discendente, completando il circuito, si chiama **streamer**.

**Greg:** non dirmi che vuoi dormire sotto la pioggia?

**Dharma:** non si dorme sotto la pioggia: si fa l'amore.

**Greg:** e se ci sono i fulmini?

**Dharma:** vorrà dire che stai sopra tu.

(Dalla serie tv **Dharma & Greg**)

### Un evento raro

In verità, un fulmine che colpisce un'albero, non è un evento raro, è raro, però, riuscire a cogliere l'attimo sfuggente per riuscire ad immortalarlo in una fotografia.

I danni riportati dall'albero dipende dalla sua tipologia: con la corteccia del fusto liscia, ed eventualmente bagnata dalla pioggia, il fulmine preferisce propagarsi superficialmente perché trova meno resistenza; con una corteccia scabra (ad esempio come quella della *quercia da sughero*) in cui non si forma



un velo continuo d'acqua sul suo fusto, il fulmine preferisce propagarsi al suo interno lungo i canali linfatici del tronco provocando e l'istantanea evaporazione dei liquidi interni e la successiva esplosione dell'albero come ne caso in figura..

### I fulmini globulari

I **fulmini globulari** (in inglese o **Ball Lightning** o **Balls Of Light**) sono un fenomeno luminoso dell'atmosfera molto raro che solo in pochi hanno avuto la fortuna di osservare; si tratta di una piccola sfera luminosa, dal diametro variabile tra qualche centimetro e qualche metro, che si muove in maniera e casuale e rapida in aria per brevi tratti, prima di scomparire dopo un tempo compreso tra qualche secondo e qualche minuto.

Vi sono ancora molte incertezze sulla loro genesi; al momento, la teoria più accreditata è quella formulata da **Graham Hubler** degli **U.S. Naval Research Laboratory di Washington** nel 2000.

Secondo questa teoria i **fulmini globulari** si formano a seguito della caduta di un normale fulmine al suolo; se la scarica e si disintegra e vaporizza elementi chimici presenti nel terreno, come il **silicio**, quest'ultimo potrebbe, ancora incandescente, mescolarsi con l'ossigeno dando vita ad un **plasma luminoso**.

I **fulmini globulari** sprigionano un'energia di circa «160 kJ» e una densità media di energia pari a « $25 \text{ J/cm}^3$ » compatibile con una sorgente energetica di tipo chimico.



### I fulmini oscuri

Diversamente dai fulmini normali, i **fulmini oscuri** (**Dark Lightning** in inglese) sono un rilascio di radiazioni gamma ad alta energia completamente invisibile all'occhio umano.

Le radiazioni gamma vengono rilasciate da fenomeni estremi nell'Universo, come e buchi neri e supernove; i tentativi di capire questo mistero non sono andati molto bene, perché durano solo pochi millesimi di secondo.

Sulla Terra, questi **fulmini oscuri** possono essere trovati naturalmente e possono essere prodotti nell'alta atmosfera, a causa della presenza di campi elettrici durante i temporali.

Vengono chiamati **lampi di raggi gamma terrestri** (Terrestrial gamma-ray flash o **TGF**) e si verificano circa «1 100» di questi fenomeni ogni giorno.

Il ricercatore **Joseph Dwyer**, fisico del Florida Institute of Tecnologia, ha affermato «*Sappiamo come funzionano i buchi neri al centro di galassie lontane, ma non capiamo cosa stia succedendo all'interno delle nubi temporalesche a pochi chilometri sopra le nostre teste*».

Questo fenomeno potrebbe essere causato da elettroni ad alta energia che entrano in collisione con le molecole d'aria circostanti, provocando il rilascio di raggi gamma.

I fulmini oscuri, insomma, sono ancora un mezzo mistero per gli scienziati.



### I fulmini vulcanici

I **fulmini vulcanici** sono fenomeni meteorologici che avvengono in natura, durante l'attività eruttiva più violenta dei vulcani, soprattutto quella di tipo esplosivo; non molto tempo fa è stato possibile osservare dei fulmini vulcanici sull'Etna.

Il fenomeno viene costantemente e monitorato e studiato con attenzione dai geologi e dai fisici sia per puro interesse scientifico, sia per individuare un potenziale legame tra fulmini vulcanici e rischio eruttivo, utile allo scopo di migliorare la sicurezza nelle aree interessate dall'attività dei vulcani.



#### Curiosità

I **fulmini vulcanici dell'Etna** non sono stati i primi descritti sul territorio italiano: in tempi molto antichi, infatti, sono state realizzate illustrazioni del **Vesuvio** in cui il grande vulcano era rappresentato coperto da una fitta colonna di fumo in propagazione dal cratere, in mezzo alla quale c'erano delle saette ben evidenti.

Nonostante il mistero rimanga, sembra essere confermato il legame tra e fulmini e vulcani: la comunità scientifica, per contro, non ha ancora pareri unanimi circa i meccanismi di origine dei fulmini vulcanici.

Fra le teorie più accreditate c'è quella che colloca la formazione di questi caratteristici lampi all'interno delle colonne di fumo conseguenti all'eruzione, attraverso e particelle di cenere e molecole di vapore acqueo ed il gas presente nel magma, il quale viene ed espulso con violenza ed evapora nel momento in cui la colata raggiunge l'esterno del cratere, diventando lava.

In questo modo si formerebbero delle forti cariche elettriche e positive e negative: si tratta della differenza di potenziale elettrico, appunto, che per recuperare stabilità rilascia, con forza, energia visibile sotto forma di fulmine.

La carica elettrica in grado di generare un fulmine vulcanico potrebbe, parimenti, scaturire anche dalle potenti fratture delle rocce, dovute all'esplosione, le quali si ritroverebbero in contatto immediato e con l'acqua e con il magma all'interno nella crosta terrestre, provocando la caduta degli isotopi presenti per natura nei minerali che costituiscono le pietre e gas, questi ultimi coinvolti nella genesi dei vistosi pennacchi di fumo.

Ciò che interviene nella formazione dei rari fulmini vulcanici, quindi, sono le particolari condizioni dell'ambiente in relazione alle altrettanto precise caratteristiche dei solidi coinvolti, dal punto di vista e della composizione chimica e dall'attività cinetica e anche delle loro dimensioni.

### I Fulmini di Catatumbo.

I **fulmini di Catatumbo** od i **relámpago del Catatumbo** sono un fenomeno naturale unico al mondo, causato da una serie di fulmini continui, da nuvola a nuvola, che formano un arco di tensione alto più di cinque chilometri, durante «140 ÷ 160 notti» all'anno, «10 ore» a notte, fino a «280 volte» all'ora; una manifestazione atmosferica alquanto inquietante e nota sin dall'antichità.

Questa tempesta di fulmini quasi permanente si verifica sulle paludi dove il fiume *Catatumbo* entra nel lago *Maracaibo* (Venezuela) ed è considerato il più grande generatore di ozono nel pianeta; per darvi un'idea, l'area subisce circa «1 176 000 scariche elettriche» all'anno, con un'intensità fino a «400.000 ampere» e i lampi generati sono visibili fino a «400 km» di distanza.

Questo fenomeno è anche noto, sin dall'antichità, come il **faro di Maracaibo**.

I **fulmini di catatumbo** sono generati dallo scontro con i venti provenienti dalle Ande che provocano, sulla laguna di Maracaibo, queste tempeste meteorologiche, scariche elettriche che attraversano gas ionizzati, in particolare il metano, che si sviluppa a causa della decomposizione della materia organica nelle paludi.

Essendo più leggero dell'aria, il gas sale alle nuvole, alimentando queste tempeste; un fenomeno eccezionale, probabilmente la più grande fonte di rigenerazione dello strato di ozono del pianeta.

Dal «1998» sono state effettuate numerose spedizioni, nell'area di Catatumbo, per l'acquisizione di dati, anche e tramite palloni sonda e simulazioni con modelli e numerici ed analitici; i loro studi, hanno permesso di identificare elementi predittori su scala e giornaliera e stagionale.

#### Curiosità

Nel «1595» il corsaro e navigatore e politico inglese **Sir Francis Drake** (140 – 196) tentò di attaccare, di notte, la città di **Maracaibo**, ma gli Spagnoli furono in grado di scoprire le sue navi grazie alla luce generata dalla tempesta di fulmini.

Nel poema **La Dragontea** dello scrittore e poeta e drammaturgo spagnolo **Félix Lope de Vega y Carpio** (1562 – 1635), è descritto come i lampi continui consentirono ad una vedetta di avvistare le navi di Drake, facendogli quindi perdere l'effetto sorpresa.

Si racconta che i lampi di Maracaibo diedero anche la vittoria ad **Almirante Padilla** sugli spagnoli durante la guerra di indipendenza venezuelana, il «24 luglio 1823».

Il naturalista ed esploratore e geografo e botanico prussiano **Friedrich Heinrich Alexander Freiherr von Humboldt** (1769 – 189) riportò, nei suoi diari nel «1826», la descrizione dei **fulmini di Catatumbo**; il geografo e cartografo e generale italiano naturalizzato venezuelano **Giovanni Battista Agostino Codazzi Bartolotti** (1793 – 1859) li descrisse nel «1841» come «... un fulmine continuo, e la sua posizione tale che, situata quasi sul meridiano della foce del lago, dirige i navigatori come un faro». Un indizio geografico importante per gli studi seguenti.



## Gli eventi luminosi transitori

### Definizione

Gli **eventi luminosi transitori** o **ELT** (transient light events, **TLE**) sono manifestazioni luminose elettriche che si verificano sopra grandi nubi di tempesta nella mesosfera; sono, pertanto, fenomeni elettrici associati ai fulmini, in particolare quelli di polarità positiva i cui campi elettromagnetici generati dalle intense scariche elettriche presenti nelle tempeste si estendono verticalmente, eccitando particolari particelle nell'ionosfera.

Esistono tre tipi principali di Eventi Luminosi Transitori; li presentiamo ordinati in base alla frequenza di osservazione:

spettri rossi, getti blu, elfi.

### Gli spettri rossi

Gli **spettri rossi** (red sprites). sono scariche luminose a forma di medusa, e raggruppate e di brevissima durata (solo pochi millisecondi), sono di colore rosso, ma possono avere filamenti blu nella parte inferiore; si originano a circa «40 km ÷ 100 km» sopra la nube di tempesta e si estendono verticalmente, dal basso verso l'alto.

Gli spettri rossi sono associati a potenti fulmini da nube a terra, in grandi sistemi convettivi.

impossibili da notare a occhio nudo perché si formano ai limiti della mesosfera, i protagonisti di questi avvistamenti sono i piloti di aerei, che descrivono gli spettri rossi come un bagliore insolito in lontananza, con macchie striate, di un rosso porpureo, quasi filamentose,.

Gli spettri rossi appaiono sempre in corrispondenza di nubi temporalesche e, almeno per adesso, vengono attribuiti alle scariche elettriche; il colore è invece dovuto all'atmosfera carica di azoto che, una volta ionizzato, dipinge di rosso le scariche elettriche.

La loro origine è ancora oggetto di dibattito, soprattutto a causa della difficoltà di reperire materiale da studiare.



### I Getti blu

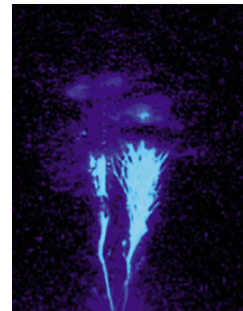
I **getti blu** (blue jet) sono così strani e rari che non si hanno avuto prove della loro esistenza fino al 1990, quando i ricercatori hanno identificato il suo caratteristico movimento: *simile a un razzo*.

I **getti blu** fanno parte di particolari fenomeni elettrici-luminosi, associati ai temporali più violenti, che possono raggiungere i «50 km» nella stratosfera, comunemente appartenenti alla famiglia dei fulmini, ma si scaricano in direzione opposta ad essi; di brevissima durata (solo poche centinaia di millisecondi) sono caratterizzati da una forma conica-verticale con una velocità di risalita attorno ai «100 000 m/s (360 000 km/h)» e, come descrive il loro nome, sono di colore blu.

È difficile vedere questo fenomeno dalla Terra, ma gli scienziati possono osservarlo dall'alto utilizzando gli strumenti a bordo della **Stazione Spaziale Internazionale (SSI)**; hanno, infatti, potuto studiare questi *fulmini capovolti*. dai rari filmati che mostrano il funzionamento di questi misteriosi fenomeni.

Il 26 febbraio 2019, l'osservatorio **Atmosphere-Space Interactions Monitor (ASIM)** ha registrato cinque **lampi blu**, della durata di circa «10 microsecondi» ciascuno, nella parte superiore di una nube temporalesca.

La teoria più accreditata ritiene che i getti blu si formino quando la sommità di una nuvola, carica positivamente, incontra uno strato di carica negativa al confine della nuvola e lo strato d'aria sopra, secondo quanto affermano gli scienziati, anche se rimangono solo teorie.



In dorgalese lo **spettro** si chiama: **pantama, umbra, pupa**.

### Gli elfi

Gli **elfi** (elves è l'acronimo inglese di *Emission of light and very low frequency perturbations due to electromagnetic pulse sources* (cioè: *emissioni di luce e perturbazioni a frequenza molto bassa causate da sorgenti a impulsi elettromagnetici*), si formano sopra ai temporali quando intervengono fulmini molto potenti e laddove gli impulsi elettromagnetici sono a loro volta causati da un particolare strato dell'atmosfera molto carico elettricamente.

Gli Elfi sono stati scoperti nel 1990 dalle telecamere a bordo dello **Space Shuttle**, durante la missione **Sts-41**, nella quale è stata lanciata la sonda **Ulysses**.

Gli elfi sono delle specie di giganteschi anelli rosso fuoco che si formano in cielo dalle nubi temporalesche; sono fenomeni rarissimi e che durano pochissimi millesimi di secondo.

Questa foto è stata scattata dal fotografo **Valter Binotto**, con una fotocamera ad alta sensibilità, che è riuscito a cogliere l'attimo e a catturare l'immenso **bagliore rosso**.

L'anello rosso segna il punto in cui l'impulso elettromagnetico ha colpito la ionosfera terrestre; la *durata del lampo* è stata di circa un *millesimo di secondo*, la *ciambella* ha ed un diametro stimato di circa «360 km» ed una altezza dal suolo di circa 90-100km".



Gli elfi si possono osservare quando un forte temporale si sviluppa alla giusta distanza dal suolo (tra i 100 km e i 600 km) e non ci sono nuvole in giro ad oscurare l'orizzonte.

## Specificando alcuni termini

### Trattazione

Il **fulmine** è l'evento atmosferico che consiste in una scarica elettrica causata dalla differenza di potenziale tra cielo e Terra.

la **saetta** consiste nella scarica elettrica fra cielo e cielo (per esempio tra due nuvole).

Il **lampo** è la manifestazione ottica e dei fulmini e delle saette e consiste in un improvviso bagliore che si verifica nell'atmosfera; esso precede il tuono.

I lampi si producono a quote più elevate rispetto ai fulmini negativi e possono essere osservati, in condizioni di visibilità ottimale (aria priva di nebbia e di foschia e nessuna collina o montagna) a più di «200 km» di distanza; in presenza di foschia la distanza massima scende a «100 km» e i lampi diventano bagliori diffusi in lontananza.

Il **tuono** è la manifestazione acustica e dei fulmini e delle saette; il suo rumore è dovuto alla rapidissima espansione dell'aria all'interno della colonna di plasma entro cui scorrono le cariche elettriche nella quale, anche se per un brevissimo tempo, si possono raggiungere temperature anche di «28 000 K».

I tuoni possono manifestarsi o come un colpo secco ed improvviso, se il fulmine scocca vicino all'osservatore, o come un rumore diffuso e prolungato, per effetto dell'Eco e del rimbombo, se scocca in lontananza.

I tuoni, generalmente, possono essere uditi al massimo a «≈30 km» di distanza poiché, a causa delle differenze di densità dell'aria, l'onda di pressione acustica viene deviata verso l'alto (un poco come avviene, per la luce, nei miraggi inferiori); per questo motivo, i fulmini fra nubi ad alta quota, possono dare l'impressione di un temporale silenzioso.

#### Curiosità

La prima teoria sulle cause del tuono, di cui si abbia traccia, è attribuita allo scienziato e logico greco **Aristotele** (383/384 a.C. – 322 a.C.), in greco antico: Ἀριστοτέλης, *Aristotélēs*; una primitiva speculazione faceva derivare il tuono dalla collisione delle nuvole.

Si susseguirono molte altre teorie tra cui quella di metà del XIX secolo con la quale si riteneva che il fulmine producesse il vuoto.

*Quando c'è pochi troni e mordi lambi  
de la pioa non te scambi.* (Marche)

*Se ci sono pochi tuoni e molti lampi  
non scampi dalla pioggia.*

In **dorgalese** il **tuono** si chiama: **tronu**

#### Curiosità

La velocità di propagazione del suono in aria « $V_a$ » è di «331,45 m/s» (ed alla temperatura di «0 °C» ed alla pressione di «1 193,22 km/h») ed è di «343,8 m/s», pari a «1 237,68 km/h» (ed alla temperatura «20 °C» ed alla pressione di «1 193,22 km/h»); varia, in approssimazione lineare, secondo la legge:  $V_a = 331,45 + 0,62 \cdot t$  m/s, con «t» espresso in gradi *celsius* «°C».

Mediamente, pertanto, il suono impiega circa tre secondi per percorrere un chilometro.

I fulmini sono più frequenti durante i temporali che a ciel sereno.

I colpi di fulmine al contrario.

**Dino Basili** (1934- ?)

## Il fuoco di sant'Elmo

### Trattazione

Il **fuoco di sant'Elmo** è una scarica *elettro-luminescente* dalla forma di filamenti appuntiti, lampi blu che durano pochi secondi, che compaiono, poco prima di un temporale, nei pressi delle cime e delle antenne e degli alberi, all'interno di un forte campo elettrico.

Intorno alle punte, infatti, si crea l'effetto corona: linee di forza che amplificano la maggior carica elettrica atmosferica dovuta all'arrivo della tempesta.

I **fuochi di Sant'Elmo** sono una delle più interessanti manifestazioni della presenza di elettricità nell'atmosfera; si tratta di lampi blu, che durano pochi secondi e che compaiono poco prima dei temporali nei pressi degli alberi maestri delle navi o alla sommità delle antenne.

In particolare il fenomeno è provocato dalla ionizzazione delle molecole e di ossigeno (O<sub>2</sub>) e di azoto atmosferico (N<sub>2</sub>), che si caricano e, quando tornano nello stato precedente, emettono un bagliore; l'effetto è visibile solo quando l'aria è priva di umidità.

L'atmosfera secca, infatti, accumula più facilmente elettricità; per questo, non appena arriva la pioggia, il bagliore scompare.



**Curiosità**

Il Santo e Martire **Sant'Erasmo di Formia**, conosciuto anche come **Sant'Elmo** visse intorno al III secolo d.C. e fu Vescovo di Formia; venerato come santo dalla Chiesa cattolica era il patrono dei marinai del Mediterraneo che consideravano i *fuochi di sant'elmo* come un segno della sua presenza.

In *dorgalese* il **fuoco** si chiama: **focu**.

**Un'altra curiosità**

**Sant'Elmo** è una delle spiagge della località di **Costa Rei**; si trova sul tratto finale nord della spiaggia di **Cala Sinzias**, a circa «60 km» da Cagliari, in Sardegna,

## *Le masse d'aria*

In meteorologia, una **massa d'aria** è una porzione di troposfera di notevoli dimensioni (ampia anche qualche migliaio di chilometri) all'interno della quale le condizioni e di temperatura e di umidità sono relativamente e costanti ed omogenee ed uniformi.



# I fronti

## Definizione

In meteorologia, il **fronte meteorologico** o **fronte atmosferico** è la superficie di contatto e, pertanto, di discontinuità, tra due masse d'aria aventi caratteristiche e di temperatura e di pressione e d'umidità differenti, tipico della dinamica dei cicloni extratropicali.

## Fronte caldo

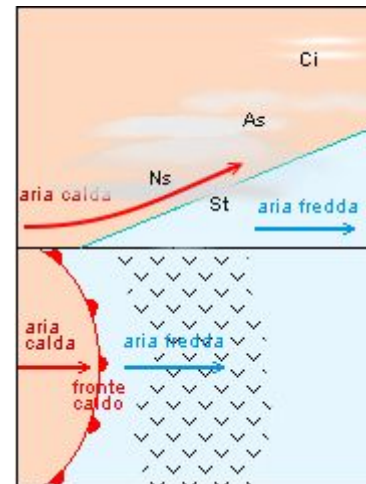
Si ha un **fronte caldo** quando una massa d'aria e più calda e più umida e meno densa e più leggera si avvicina ad una massa d'aria e più fredda e meno umida e più densa e più pesante; in questo caso l'aria calda, più leggera, sale sopra quella fredda, raffreddandosi e causando anche piogge leggere o nevicate al passaggio del fronte.

L'aria fredda sottostante, più pesante, produce attrito sul terreno e, pertanto, si sposta lentamente; questo è il motivo per cui i fronti caldi, e le perturbazioni che li accompagnano, possono durare anche alcuni giorni.

### Precisazioni

In cui: Ci = cirrus – As = Altostratus – Ns = nenbostratus - St = stratus.

In *dorgalese* **caldo** si dice: **caente, caentosu**.



## Caratteristiche peculiari (a)

Fenomeni atmosferici	Prima del passaggio del fronte	Durante il passaggio del fronte	Dopo il passaggio del fronte
Temperatura	Freddo	Riscaldamento improvviso	Più caldo seguito da un livellamento
Pressione atmosferica	Decrescita regolare	Livellamento	Leggera salita seguita da discesa
Vento	Da sud a sud-est (emisfero nord) Da nord a nord-est (emisfero sud)	Variabile	Da sud a sud-est (emisfero nord) Da nord a nord-est (emisfero sud)
Precipitazioni	Acquazzoni, neve, acqua neve, pioggia e fine e fitta	Pioggia e leggera e fine e fitta	Generalmente assenti, qualche volta o pioggia leggera o acquazzoni
Nubi	Cirri, cirrostrati, altostrati, nenbostrati,	Strati; qualche volta cumulonembi	Schiarite con strati sparsi, qualche volta cumulonembi sparsi
Visibilità	Scarsa	Scarsa, ma in miglioramento	Abbastanza buona, con foschia
Umidità	Aumenta regolarmente	Stazionaria	Aumenta, poi si stabilizza

## Fronte freddo

Si ha un **fronte freddo** quando una massa d'aria e più fredda e meno umida e più densa e più pesante si avvicina ad una massa d'aria e più calda e più umida e meno densa e più leggera; in questo caso l'aria fredda si incunea sotto quella calda, spingendola verso l'alto.

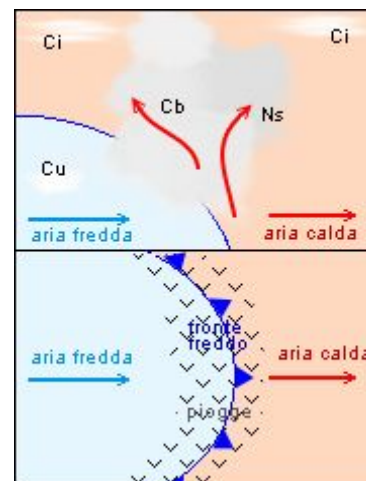
Lungo il fronte si possono generare fenomeni meteorologici anche violenti, come e temporali e vento forte e turbolenza e tempeste e bufere (anche di neve), ma i fronti freddi passano velocemente, anche in poche ore, lasciando dopo il loro passaggio aria fredda e asciutta; se l'aria però è sufficientemente secca non ci sono precipitazioni.

Le nubi caratteristiche del fronte freddo sono a sviluppo verticale o cumulus o cumulonimbus.

### Precisazioni

In cui: Ci = cirrus – Cb = cumulominbus – Ns = nenbostratus – Cu = cumulus.

In *dorgalese* **freddo** si dice: **fritu**.



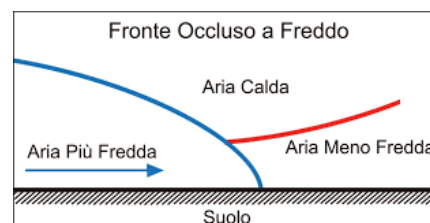
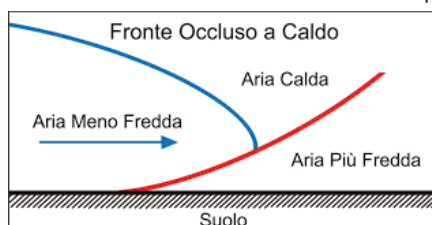
### Caratteristiche peculiari (b)

Fenomeni atmosferici	Prima del passaggio del fronte	Durante il passaggio del fronte	Dopo il passaggio del fronte
Temperatura	Caldo	Raffreddamento rapido	Stabilmente freddo
Pressione atmosferica	Decresce costantemente	Raggiunge il minimo, poi aumenta rapidamente	Aumenta costantemente
Vento	Da sud-ovest a sud-est (emisfero nord) Da nord-ovest a nord-est (emisfero sud)	A raffiche, direzione variabile	Da nord a ovest (emisfero nord) Da sud a ovest (emisfero sud)
Precipitazioni	Bravi acquazzoni	Temporal, qualche volta anche violenti	Acquazzoni seguite da schiarite
Nubi	In aumento: cirri, cirrostrati, cumulonembi	Cumulonembi	Cumuli
Visibilità	Scarsa, con foschia	Scarsa, ma in miglioramento	Buona, eccetto durante gli acquazzoni
Umidità	Alta, stazionaria	Rapido salto	In caduta

### Fronte occluso

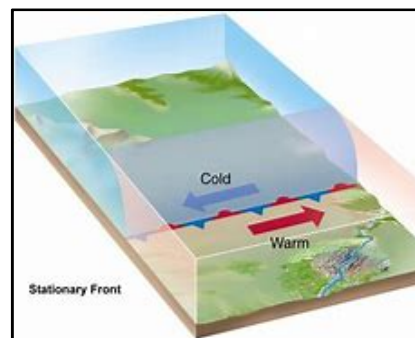
Si ha un **fronte occluso** quando un fronte e più freddo e più veloce raggiunge un fronte più caldo. Il fronte occluso può essere a carattere caldo o a carattere freddo, a seconda delle temperature: se un fronte freddo a «5 °C» raggiunge un fronte caldo a «7 °C» che sovrasta una massa d'aria a «3 °C», entrambi salgono sopra quest'ultima, generando una situazione simile al fronte caldo.

Se invece il fronte freddo ha l'aria più fredda di tutte, si incunea sotto tutte e due le masse d'aria generando una situazione simile al fronte freddo; i fenomeni del fronte occluso sono però e più violenti (spesso genera temporal) e persistenti.



### Fronte stazionario

Si ha un **fronte stazionario** quando di due masse d'aria a contatto nessuna delle due riesce a sostituire l'altra; si ha, pertanto, una situazione di stallo con eventuali fenomeni precipitativi che possono durare anche molti giorni simili a quelli di un fronte caldo, finché o il fronte si dissolve oppure si tramuta od in un fronte caldo od in un fronte freddo.



### Promontori e cunei e saccature

Sono forme assunte dalle isobare rappresentate nelle Carte meteorologiche

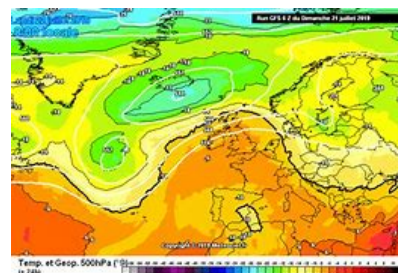
#### I promontori

In meteorologia sono figure bariche di forma elongata a *scala sinottica*, ovvero aree di alta pressione, la parte avanzata di un anticiclone, che si insinuano tra due zone di bassa pressione, da «sud» verso «nord», con una forma ad «U» rovesciata; nel caso l'espansione dell'anticiclone avvenisse in direzione «ovest-est» si parlerebbe di **cunei**.

In essi vi sono condizioni di tempo stabile con cielo o terso o poco nuvoloso, atmosfera limpida e visibilità ottima, ma hanno, in genere, una breve durata.

#### Precisazioni

La **scala sinottica**, dal greco *synoptikos* (qui nel senso di *visione globale*) è la dimensione dei fenomeni o



meteorologici o oceanografici che si estendono su un'ampia porzione della superficie del pianeta Terra e che si manifestino per una durata di diversi giorni; diciamo di un fenomeno tale che è *sinottico* per indicare così la sua grande dimensione, per convenzione oltre i «1 000 km».

In oceanografia, le grandi correnti oceaniche sono esempi tipici che si estendono per migliaia di chilometri.

#### Curiosità

Un esempio eclatante di promontorio anticiclonico è l'**alta pressione Hannibal**, che è la parte più avanzata dell'anticiclone subtropicale che nasce nell'entroterra africano e che poi si allunga fin verso il Mediterraneo.

#### Le saccature

In meteorologia sono figure bariche di forma elongata a *scala sinottica*, ovvero aree di bassa pressione che si insaccano tra due zone anticicloniche con una forma od a «U» od a «V»; la strozzatura di una saccatura fa nascere la cosiddetta *goccia fredda*.

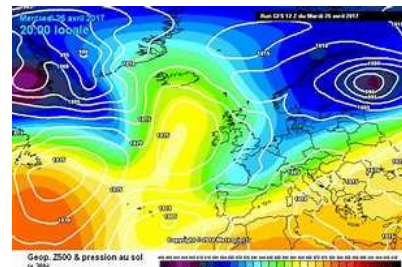
In essi vi sono condizioni di tempo instabile con violenti e rovesci e temporali.

#### Precisazioni

Le gocce fredde si formano perché le saccature si allungano a tal punto che la loro parte terminale assume la forma sempre più simile ad una goccia finché si stacca (cut-off).

Quando una zona è dominata da una *goccia di aria fredda*, saranno presenti e rovesci e temporali isolati.

In *dorgalese goccia* si dice: **gutzu**.



## *Cenni di climatologia*

### **Definizione**

La **climatologia** (dal greco κλίμα *klima*, ovvero "regione, zona", e λογία *logia*) è la branca e delle scienze della Terra e delle scienze dell'atmosfera che si occupa dello studio del clima, ovvero, scientificamente parlando, delle: *condizioni medie del tempo meteorologico in un periodo di tempo di almeno «20 anni ÷ 30 anni»*.

### **Differenze con la meteorologia**

Si può dire che, mentre *la climatologia* è deputata all'analisi e allo studio delle condizioni atmosferiche permanenti o usuali in una determinata zona, *la meteorologia* studia le condizioni atmosferiche transitorie ,.

In semplici ma efficaci parole si potrebbe riassumere affermando: *la Meteorologia si occupa di come dobbiamo vestirci in un determinato giorno; il clima rappresenta l'insieme dei vestiti che dobbiamo tenere nel nostro guardaroba.*

### **Le scale di riferimento**

**Il microclima:** rappresenta le piccole regini in prossimità del suolo con caratteristiche climatiche simili; tali regioni hanno una dimensione dell'ordine del chilometro o meno.

**Il mesoclima:** è una regione più grande e può contenere diversi microclimi.

**Il macroclima:** è una regione climatica delle dimensioni di qualche o centinaio o migliaio di chilometri.

**Il clima globale:** si estende a tutta la Terra.

### **Chi controlla il clima?**

Gli elementi che controllano il clima sono:

- a) e l'intensità della radiazione solare e le sue variazioni in funzione della latitudine.
- b) e le correnti oceaniche e la struttura termica dei sistemi circolatori marini.
- c) la distribuzione relativa fra ed oceani e terre emerse.
- d) e l'intensità e direzione dei venti.
- e) la posizione delle aree e di alta e di bassa pressione.
- f) le montagne.
- g) l'altitudine.

Gli elementi principali cui fa riferimento il clima sono: e temperature e precipitazioni.

### **Il clima e la temperatura**

Sulla Terra, le isoterme, a cagione del fatto che queste sono disposte per fasce di latitudine, sono generalmente orientate nella direzione est-ovest.

Le variazioni stagionali della temperatura sono maggiori nelle aree continentali rispetto a quelle presso e i mari e gli oceani.

Le temperature medie maggiori si registrano nelle zone tropicali o desertiche o semidesertiche dell'emisfero settentrionale; per contro, le temperature medie più basse si registrano nelle zone con grandi estensioni continentali a latitudini elevate.

L'emisfero meridionale, o australe o sud, è generalmente più freddo di quello settentrionale, o boreale o nord, a causa e della presenza dell'Antartide (zona più fredda della terra) e della minore quantità di terre emerse e per il fatto che le regioni polari meridionali riflettono una quantità maggiore di radiazione solare (e la neve ed il ghiaccio riflettono oltre l'80% della radiazione solare).

### **Il clima e le precipitazioni**

La distribuzione generale delle precipitazioni è sia governata dalla circolazione generale dell'atmosfera sia influenzata dalla distribuzione e delle montagne e degli altopiani e delle pianure; le regioni equatoriali sono generalmente umide, mentre e quelle subtropicali e quelle polari sono relativamente secche.

Costatato che le precipitazioni dipendono dall'ascesa di aria e calda ed umida, esse sono più abbondanti ove vi è prevalenza di moti ascendenti; nelle regioni tropicali, ad esempio, i venti zonali inducono sollevamenti di masse d'aria che provocano piogge intense per tutto l'anno.

Nell'aria fredda delle regioni polari il contenuto di umidità è molto basso; nell'Artico, pertanto, le precipitazioni sono scarse,

### **Classificazione delle aree climatiche**

Alla base della classificazione delle aree climatiche vi è il concetto di similitudine in termini e di temperatura e di precipitazione.

La **classificazione dei climi di Köppen** è la più usata tra le classificazioni climatiche a scopi geografici; proposta per la prima volta nel 1918 dal climatologo e geografo e botanico tedesco **Wladimir Peter Köppen** (1846 – 1940) e poi perfezionata più volte, sino alla sua edizione definitiva del 1936.

Nella sua forma più semplice, si possono identificare cinque aree climatiche riconducibili a due gruppi principali.

#### **a) gruppo a clima tropicale umido**

Nelle aree dei **gruppi a clima tropicale umido** le temperature medie mensili superano i «18 °C», non esiste una vera e propria stagione invernale, le precipitazioni, che si estendono tra i «15°» e i «25°» di latitudine, sono abbondanti «>1 500 mm».

All'interno di queste aree, possiamo distinguere:

- **Aree tropicali umide:** le variazioni stagionali di temperatura sono inferiori a «3 °C»; giornalmente si formano cumuli che possono dare rovesci localizzati di forte intensità nelle ore pomeridiane; nelle zone esposte ai venti le precipitazioni possono eccedere i «4 000 mm» di pioggia all'anno.
- **Aree tropicali monsoniche:** sono le aree dove le piogge sono inferiori a «60 mm» per circa due mesi l'anno.
- **Aree tropicali parzialmente umide:** è definito come una vera e propria stagione secca; anche se le piogge annuali possono superare i «1 000 mm», esistono più di due mesi l'anno nei quali le piogge sono minori di «60 mm».

#### **b) gruppo a clima secco**

Nelle aree dei **gruppi a clima secco** gli effetti legati all'evapotraspirazione sono prevalenti rispetto alle precipitazioni e le piogge sono poche ed irregolari; circa il «26%» delle terre emerse ricade in questo tipo di clima.

All'interno di queste aree, possiamo distinguere:

- **Aree aride:** sono ulteriormente divise sia in aree calde e secche, con una temperatura media annua maggiore di «18°C» sia in aree in cui il clima è freddo in inverno e la temperatura media annuale è minore di «18 °C».
- **Aree desertiche:** alle basse latitudini, la temperatura massima estiva può superare anche i «50 °C» con un'umidità attorno al «10% ÷ 15%»; le temperature minime possono arrivare al di sotto dei «25 °C».



## *Meteorologia marina*

La meteorologia marina è quel ramo della meteorologia che studia l'insieme delle acque salate del nostro pianeta, e le varie correlazioni climatiche che ne derivano.



## Per chi va per mare

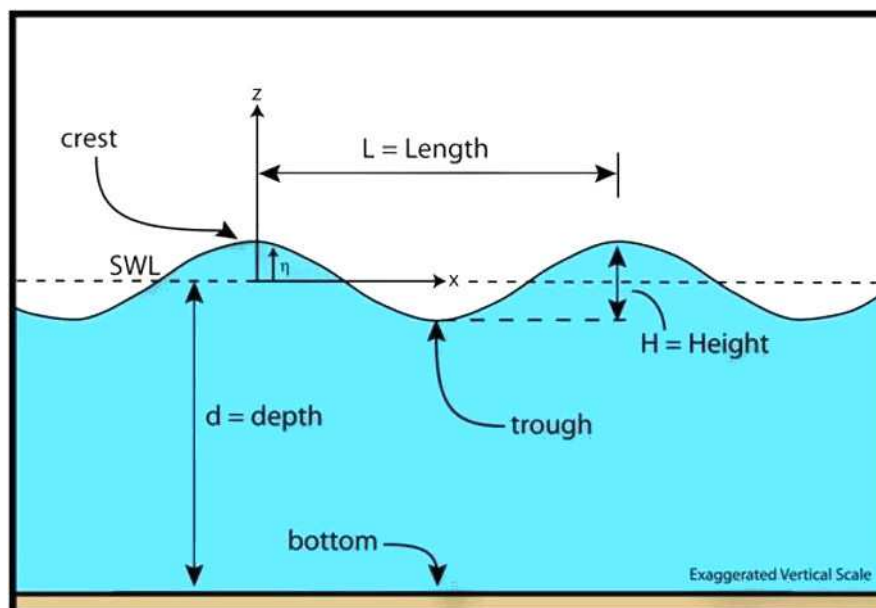
### Definizione di onda marina

Col termine di **Onda marina** si suole definire un caso particolare di onda fisica in cui è messa in moto la superficie d'acqua di un ampio bacino come il mare; si tratta di un caso particolare di onde di gravità, ossia di onde che si propagano all'interfaccia di due fluidi con densità diversa (in questo caso ed acqua ed aria).

Nelle onde marine l'acqua non si *sposta*, ma *oscilla*, la configurazione dell'onda dovuta principalmente alla viscosità del liquido, trascina una piccola quantità di acqua nella direzione di propagazione; osservando un galleggiante e non ancorato ed in balia delle onde, si nota, infatti, che esso sale e scende con moto verticale e solo molto lentamente viene trascinato nella direzione del moto delle onde stesse.

I fenomeni ondulatori periodici, infatti, sono descritti da una *curva sinusoidale* (rappresentativa della funzione trigonometrica seno); la forma delle onde marine, per contro, sono descritte da una *curva tricoidale*, ottenuta considerando il moto e rotatorio e traslatorio di un punto materiale (particella d'acqua).

Nella figura a destra è rappresentata un'onda marina con alcuni suoi parametri tipici.



#### In cui:

crest = cresta, o culmine.

trough = gola, o cavo o valle.

bottom = fondo.

L = lunghezza dell'onda; distanza o fra due creste o fra due gole successivi (nel seguito, per la lunghezza d'onda, si utilizzerà il simbolo « $\lambda$ »).

H = altezza dell'onda; distanza verticale fra il livello delle creste e quello delle gole.

SWL = superficie libera (livello medio del mare).

d = profondità; distanza del fondo dalla superficie libera.

$\eta$  = ampiezza; distanza fra o la cresta o la gola ed il livello indisturbato della superficie marina.

#### Inoltre:

T = Periodo; intervallo di tempo fra il passaggio di due onde consecutive, ovvero fra un innalzamento e l'innalzamento successivo della superficie.

C = velocità di fase; in corrispondenza di un punto, un'onda transita percorrendo la lunghezza « $\lambda$ » nel tempo «T», ovvero « $C = \lambda/T$ ».

$\gamma$  = ripidità; rapporto fra l'altezza e la lunghezza « $\gamma = H/\lambda$ ».

#### Ed ancora

Fronte d'onda; luogo dei punti caratterizzati dalla medesima condizione di oscillazione (convenzionalmente si considerano le creste).

Direzione di propagazione; è la normale alla direzione del fronte d'onda.

Frech; lunghezza del tratto di mare sul quale o spira o ha spirato un vento tale da generare moto ondoso.

L'onda non riesce a prendere

il fiore che galleggia:

quando cerca di raggiungerlo lo allontana

**Rabindranath Tagore** (1861 – 1941), poeta bengalese

### Tipi di onde

Le caratteristiche delle onde dipendono principalmente dalla causa che le hanno generate: la peculiarità principale riguarda il *periodo* «T» che è breve per le **onde superficiali**

generate dal vento; per le cosiddette **onde lunghe**, le più caratteristiche delle quali sono le onde di marea e le onde di maremoto (tsunami) il periodo è molto maggiore.

Si definiscono **onde superficiali** quelle onde la cui lunghezza è inferiore alla profondità, ovvero « $\lambda \ll d$ »; nel caso si abbia « $\lambda \cong d$ » tutta l'acqua partecipa all'oscillazione ondosa, in modo o più o meno accentuata, dalla superficie libera al fondo.

Il comportamento del moto ondoso può, pertanto, essere definito in modo significativo, dal rapporto « $d/\lambda$ ».

### Altri tipi di onde

Si generano **onde progressive** quando tutti i punti della superficie marina sono interessati e da un'oscillazione e da una variazione del proprio livello regolata, ovunque, dalla medesima legge matematica.

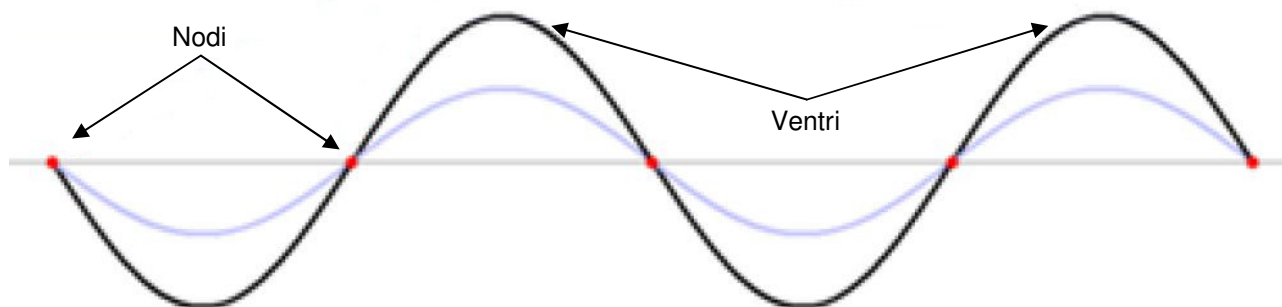
Nei punti che distano una lunghezza d'onda nella direzione del moto ondoso, si avranno le medesime oscillazioni sfasate di un periodo.

È il tipo di onda che si forma, ad esempio, quando si lancia un sasso in acqua; la maggior parte delle onde superficiali è di tipo progressivo.

Si generano **onde stazionarie** quando si sommano due onde progressive, aventi parametri simili ( $H$ ,  $\lambda$ ,  $T$ ), correttamente sfasate; in questa situazione il dislivello varia continuamente, in modo differente, varia continuamente, da punto a punto, divenendo massimo nei **ventri** e nullo nei **nodi**.

Si verificano e nelle darsene portuali e in prossimità di coste a picco sul mare e sono dovute, generalmente, al sommarsi di un'onda progressiva incidente con quella riflessa.

### L'onda stazionaria



### Il solitone

Il fenomeno dei **solitoni** od **onde solitarie** fu descritto per la prima volta dall'ingegnere navale scozzese **John Scott Russell** (1808 – 1882) dopo aver osservato un'onda solitaria risalire la corrente nell'**Union Canal** per chilometri senza perdere energia; la chiamò **onda di traslazione**.

La velocità con cui si muove un'onda solitaria dipende, oltre che dalla profondità « $d$ », anche dall'altezza dell'onda « $H$ »; poiché l'onda non è simmetrica rispetto al livello medio del mare «SWL», non ha senso parlare di ampiezza « $\eta$ ».

$$C = \sqrt{(d + H) \cdot g}$$

### Formazione delle onde

Le comuni onde marine, od onde superficiali, iniziano a manifestarsi, per effetto del vento, con piccole increspature della superficie libera, con lunghezza d'onda di qualche centimetro ed ampiezza dell'ordine del millimetro, chiamate **onde capillari**.

In questa prima fase, l'azione del vento e le forze di viscosità e di tensione superficiale dell'acqua restano in precario equilibrio; se l'energia del vento non è sufficiente a rompere tale equilibrio, la superficie torna calma, mentre, se il vento supera determinati valori e di intensità e di durata, iniziano a formarsi onde di maggior ed ampiezza e periodo.

Se si prescinde dagli attriti, la gravità è l'unica forza che agisce su questo tipo di onde per cui esse vengono anche chiamate onde gravitazionali.

### Stabilità dell'onda

Secondo la teoria elaborata dal e matematico e fisico irlandese **George Gabriel Stokes** (1819 – 1903) il rapporto « $H/\lambda$ » non può assumere qualsiasi valore, infatti, quando:

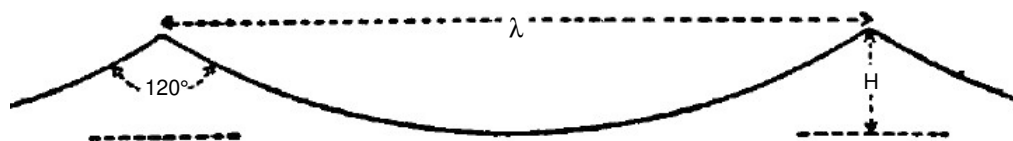
$$\frac{H}{\lambda} > \frac{1}{7}$$

l'onda si rompe.

Il valore « $H/\lambda = 1/7$ » è, pertanto, un valore limite per l'onda tricoidale.

Le onde più violente hanno il rapporto compreso fra « $H/\lambda = 1/10$ » e « $H/\lambda = 1/35$ », le onde di medie proporzioni hanno un rapporto compreso fra « $H/\lambda = 1/35$ » e « $H/\lambda = 1/70$ », le onde smorzate, che si propagano o dopo od al di fuori dell'azione del vento, hanno rapporti ancora minori.

Per un'onda, l'angolo limite formato dalla cresta dell'onda è all'incirca di «120°»; angoli più acuti non sono compatibili con la stabilità.



Per rapporti inferiori a « $H/\lambda = 1/100$ », in pratica, l'onda perde in proprio profili trocoidale che si riduce al più semplice profilo sinusoidale studiato dalla teoria dell'astronomo inglese sir **George Biddell Airy** (1801 – 1892).

Il rapporto limite di « $H/\lambda$ » ed il valore limite di «120°», che vengono spiegati in maniera precisa per via teorica, considerando sia il limite della la tensione superficiale acqua-aria sia l'opposizione causata da questa azione alla deformazione della superficie libera, vengono confermati effettivamente dalle osservazioni.

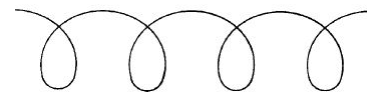
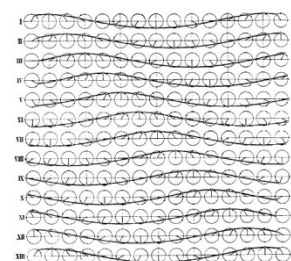
### La teoria

Se il moto ondoso consistesse esclusivamente nella propagazione di energia, senza trasporto di materia, le particelle d'acqua descriverebbero traiettorie chiuse; o di forma circolare negli alti fondali o di forma ellittica nei bassi fondali,

#### Precisazioni

Nel moto ondoso, si parla di **bassi fondali** quando la profondità «d» è o dello stesso ordine di grandezza o minore della lunghezza dell'onda «λ», ovvero « $d \leq \lambda$ »; si parla di **alti fondali** quando la profondità «d» è molto maggiore della lunghezza dell'onda «λ», ovvero « $d \gg \lambda$ ».

Le traiettorie ellittiche nei bassi fondali hanno l'asse maggiore disposto nella direzione di propagazione del moto ondoso; le orbite tendono ad appiattirsi a mano a mano che si riduce la profondità fino a quando, sulla battigia il moto delle particelle diviene praticamente orizzontale, e si ha la risacca.



In realtà esiste sempre un seppur lieve trasporto di materia che si manifesta con una corrente connessa al moto ondoso verticale; le traiettorie non sono, pertanto, linee chiuse bensì linee aperte che evolvono o più o meno lontano dalla loro posizione originaria.

Dal punto di vista pratico più che l'altezza media «H» delle onde interessa l'altezza della media delle onde più alte, ossia di quella che viene detta altezza delle onde significative « $H_{1/3}$ », elemento che figura anche nei bollettini meteo.

Altro dato interessante è l'altezza media delle onde massime più probabili « $H_{1/10}$ ».

Questi due elementi si assumono come parametri che esprimono lo stato del mare vivo.

Altresì questi dati compaiono anche tra gli elementi indicati dalla scala Douglas dello stato del mare, che fornisce elementi di misura dei parametri delle onde marine con lo scopo di fornire indicazioni legate alla forza del vento e quindi ai rischi cui può essere esposta od una nave od una imbarcazione più piccola.

### Fetch e durata del vento minima necessaria per generare un mare pienamente sviluppato per varie velocità del vento

Velocità del vento kn (nodi)	Velocità del vento km / h	Fetch nmi (miglia nautiche)	Tempo h (ore)	Altezza media delle onde m (metri)	Altezza massima delle onde m (metri)
10	18,52	10	2,4	0,3	0,4
15	27,78	34	6	0,7	1,0
20	37,04	75	10	1,5	2,4
25	46,30	160	16	2,7	4,2
30	55,56	280	23	4,2	6,6
40	74,08	710	42	8,4	13,0
50	92,60	1 420	69	14,0	23,0

#### Osservazioni

Spesso al posto del simbolo «kn», per indicare il nodo (1 kn = 1,852 km/h = 0,514 m/s) si utilizza il simbolo «kt», da **knot**.

Il miglio **nautico internazionale**, detto anche miglio marino «nmi = 1 852 m», può essere indicato anche con i simboli e «M» e «NM».

Il vento genera lo stato del mare e pertanto questo si forma sotto la sua azione fino a diventare completamente formato presentando una configurazione generalmente caotica, nel senso che, mentre la lunghezza bene o male ha una certa costanza, l'altezza varia anche molto da onda a onda successiva.

L'età del mare « $\beta$ » è data dal rapporto tra la velocità delle onde «C» e quella del vento «V» ossia: « $\beta = \frac{C}{V}$ ».

Generalmente « $\beta$ » risulta inferiore a uno e solo raramente può raggiungere o superare tal valore.

La scala che classifica lo stato del mare in base all'**Altezza significativa**, ossia la media tra il terzo delle onde più alte (motivo per cui non è corretto in realtà utilizzare il termine *forza*) è la **Scala Internazionale del Mare e delle Onde**, ideata negli «anni 20» dal Vice Ammiraglio **Sir Henry Percy Douglas (1876 – 1939)**, idrografo della *Royal Navy*, la Marina Militare Britannica.

Per la precisione esistono due tipi di scale, differenti in base allo stato del mare.

Una che va a definire il **Mare Vivo** (*Wind Sea*), dove il moto ondoso caotico di creste di forma diversa, ove sono, però, individuabili e la lunghezza « $\lambda$ » e l'altezza «H» d'onda è generato direttamente dal vento o nella zona osservata o nelle vicinanze, dipende dalla velocità del vento, dalla sua durata e dalla lunghezza del fetch; è quella comunemente utilizzata ed è strutturata in «10 gradi» che delineano degli intervalli (range per chi preferisce i termini inglesi) di *altezza delle onde* (vedi tabella precedente).

#### Stato del mare vivo (o mare di vento)

Scala	Altezza onde m	Termine specifico Stato del mare <i>State of sea</i>	descrizione
0	0	Calmo piatto <i>Calm (glassy)</i>	Liscio, senza increspature
1	0 – 0,10	Quasi calmo <i>Calm (rippled)</i>	Piccole increspature
2	0,10 – 0,5	Poco mosso <i>Smooth</i>	Onde appena accennate, molto corte
3	0,50 – 1,25	Mosso <i>Slight</i>	Onde piccole; le creste formano un po' di schiuma
4	1,25 – 2,50	Molto mosso <i>Moderate</i>	Onde piccole che tendono ad allungarsi; marosi con schiuma
5	2,50 – 4	Agitato <i>Rough</i>	Onde di media altezza allungate; molti marosi con schiuma
6	4 – 6	Molto agitato, con spruzzi <i>Very rough</i>	Onde ampie; creste di schiuma
7	6 – 9	Grosso <i>High</i>	Il mare si gonfia; il vento trascina gli spruzzi in strisce
8	9 – 14	Molto grosso <i>Veri high</i>	Onde abbastanza alte e lunghe; spruzzi vorticosi sulle creste
9	> 14	Tempestoso <i>Phenomenal</i>	Onde alte; le creste rotolano a valle dell'onda

Un'altra che va a definire il **Mare Morto** (*Swell*), dove il moto ondoso consegue o da altra zona lontana di burrasca (onde lunghe) oppure è il residuo di un tratto di mare in cui a soffiato un vento molto forte (onde morte).

Nell'area del fetch, allo svanire del vento, si ha una rapida regolarizzazione della superficie caotica del mare vivo e la sua trasformazione in mare morto che si propaga nella direzione aveva il vento; questa scala, oltre all'altezza dell'onda utilizza, come parametro, la sua *lunghezza*.

### Stato del mare morto (o mare lungo)

Scala	descrizione
0	Nessuna onda lunga
1	Onda corta, o media, e bassa
2	Onda lunga e bassa
3	Onda corta e moderata
4	Onda media e moderata
5	Onda lunga e moderata
6	Onda corta ed alta
7	Onda media ed alta
8	Onda lunga ed alta
9	Onda confusa (altezza indeterminabile)

Onda	Lunghezza		Onda	Altezza
Corta	0 m – 100 m		Bassa	0 m – 2 m
Media	100 m – 200 m		Media (Moderata)	2 m – 4 m
Lunga	> 200 m		Alta	> 4 m

Le onde di acqua profonda si generano in corrispondenza di fondali con profondità «d» maggiori della semilunghezza dell'onda « $d > \lambda/2$ »; per tali onde valgono approssimativamente le seguenti relazioni tra i valori di lunghezza « $\lambda$ » (in metri), periodo «T» (in secondi) e velocità «v» (in metri al secondo) del loro moto.

$$L = 1,5 \cdot T^2, \quad v = 1,5 \cdot T, \quad v = 1,2 \cdot \sqrt{\lambda}$$

Le onde di acqua bassa si generano in fondali con profondità minori della semilunghezza d'onda, cioè in prossimità della costa « $d < \lambda/2$ »; per queste onde la velocità dipende solo dalla profondità del fondale secondo la relazione approssimata

$$v = 3,1 \cdot \sqrt{d}$$

Un'onda che scorre in acque sempre più basse, pertanto, diminuisce di velocità a causa dell'attrito con il fondale; tale diminuzione è accompagnata da una diminuzione della lunghezza d'onda e da un aumento della pendenza, portando poi alla rottura dell'onda stessa e alla formazione di frangenti.

In pratica, quando il fondale si trova a una profondità inferiore ad una volta e mezza l'altezza dell'onda, avviene la formazione dei frangenti.

Le onde che si avvicinano alla spiaggia ruotano la loro direzione e tendono a disporsi parallelamente ad essa; in questa rotazione la loro altezza diminuisce, raggiungendo il «30%» di riduzione per le onde corte che ruotano per più di «60°» tendendo, per effetto della rifrazione, a disporsi parallelamente alle *isobate*.

### Onde di maremoto (Tsunami)

Questo tipo di moto ondoso anomalo del mare si verifica a seguito di forti scosse sismiche che hanno il loro epicentro in mare come i terremoti o sottomarini o prossimi alla costa; impropriamente viene anche usato per indicare grandi onde generate da altri eventi che comportano uno spostamento improvviso di una notevole massa d'acqua quali o frane o eruzioni vulcaniche sottomarine od impatti di meteoriti.

Come sinonimo di **onda di terremoto** si è diffuso il termine giapponese **tsunami** (津波), che significa *onda contro il porto*.

#### Precisazioni

L'**ipocentro**, o **fuoco**, (dal greco ὑπόκεντρον, *centro al di sotto*) è il punto all'interno della Terra dove ha origine un terremoto; l'**epicentro** (dal Greco: ἐπίκεντρον) è quel punto della superficie terrestre posto esattamente sopra l'ipocentro.

Si tratta di onde lunghe, oltre le «100 n mi = 185 200 m = 185,2 km», ed aventi un'altezza di circa un metro, che si verificano generalmente nell'oceano Pacifico.

Poco visibili in mare aperto, concentrano la loro forza in prossimità della costa quando, a causa del fondale poco profondo, aumentano d'ampiezza riversandosi nell'entroterra; la loro velocità «V» dipende solo dalla profondità ed è data dall'equazione:

$$C = \sqrt{d \cdot g}$$

In cui: C = velocità dell'onda, espressa in «m • s<sup>-1</sup>» - d = profondità - g = accelerazione di gravità il cui valore convenzionale è «g = 9,80665 m • s<sup>-2</sup>» (approssimato in «g = 9,81 m • s<sup>-2</sup>»).

Come si evince dalla seguente tabella, la velocità dell'onda di maremoto risulta molto elevata.

Profondità m	Velocità		
	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	kn	$\text{km} \cdot \text{h}$
3 000	172	334	619
4 000	198	385	713
5 000	221	430	796
6 000	243	472	875

Per contro, è sbagliato, per indicare un'onda di terremoto, l'uso del termine **onda anomala** (in inglese *rogue wave*); quest'ultimo, in oceanografia fisica, indica un fenomeno nettamente distinto, non legato a eventi improvvisi che provocano spostamenti di enormi masse d'acqua.

Si parla di **onda anomala** (od **onda assassina**) quando un'onda supera di 2,2 volte l'altezza massima del treno di onde a cui appartiene: le dimensioni di tale fenomeni possono raggiungere valori anche considerevoli, tanto che sono state registrate onde anomale alte addirittura «30 m».

Arriva sempre quell'onda che ti travolge, stravolge e capovolge, anche quella ti insegna tanto del mare.

(bolla\_bo, Twitter)

### I maremoti nel tempo, ma non tutti

Il maremoto è più potente e più distruttivo della storia fu quello scatenato dall'asteroide di 14 km di diametro che 66 milioni di anni fa si schiantò sull'attuale Penisola dello Yucatan, in Messico; in quell'occasione, si generò un'onda alta «1,5 km» che, viaggiando alla velocità di oltre «140  $\text{km}/\text{h}$ » penetrò in profondità nell'entroterra distruggendo qualsiasi cosa si trovasse lungo il suo percorso.

Il maremoto con il **Run-up** maggiore, ovvero la massima altezza raggiunta da un'onda di tsunami (escluso il precedente), si è verificato in Alaska, il 9 luglio del 1958, nella baia di Lituya; l'onda raggiunse l'altezza di «525 m».

Nel 426 a.C., lo storico e militare ateniese **Tucidide** (460 a.C. – 404 a.C.) descrisse un maremoto, nella sua opera sulla **Guerra del Peloponneso**, nella quale ipotizzò che fosse stato innescato da un terremoto sottomarino.

Il 22 maggio 1960, in Cile avvenne il più forte terremoto del **XX** secolo, conosciuto come terremoto di Valdivia (Magnitudo 9,5 della scala Richter), seguito da un violento maremoto con onde alte «15 m ÷ 20 m» sulle coste vicine all'epicentro.

#### Curiosità

**Charles Francis Richter** (1900 – 1985) è stato un fisico e sismologo statunitense; ha dato il nome alla famosa scala sismica che misura la magnitudo di un terremoto.

Il terremoto più potente nella storia del Giappone, ed il quarto più potente e devastante di sempre a livello mondiale, si verificò l'11 marzo del 2011, con epicentro al largo della costa della regione di Tohoku.

Questo terremoto generò un maremoto con un'onda gigantesca di «14 m» che si scagliò sulla costa giapponese alla velocità di «70  $\text{km}/\text{h}$ » uccidendo 15 703 persone e danneggiando in modo grave la centrale nucleare di Fukushima.

In **dorgalese** **onda** si chiama: **unda, cupa d'aba**.

In **dorgalese** **ondata** si dice: **undada**.

In **dorgalese** **terremoto** si chiama: **terremotu**.

In **dorgalese** **maremoto** si chiama: **maremotu**.

### La circolazione oceanica globale

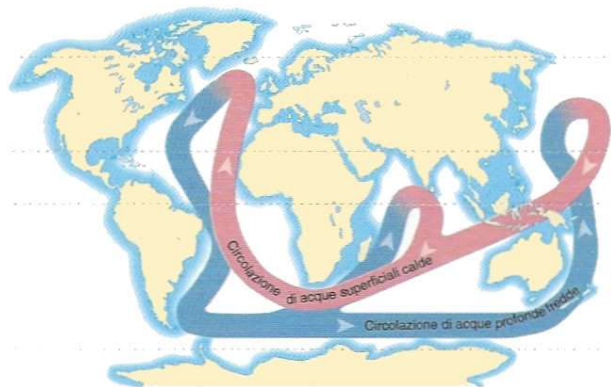
Le correnti marine sono provocate da differenze di temperatura e di salinità ed il loro movimento è condizionato dalla rotazione terrestre oltre che dallo spirare dei venti.

I cambiamenti a lungo termine delle temperature delle acque marine superficiali, importante fattore di controllo del clima, potrebbero essere indotti dalla **circolazione oceanica globale** (vedi figura a pagina seguente).

Le acque più fredde, perciò e più dense e più pesanti, s'inabissano nel l'oceano Atlantico settentrionale, scorrono verso sud, virano ad est aggirando l'Africa, e si riscaldano e riemergono negli oceani ed Indiano e Pacifico.

Il processo fisico è di accumulo e di sprofondamento di acque e ad alta densità ed a bassa temperatura al di sotto di acque ed a densità inferiore ed a temperatura più elevata, in oceanografia, si indica col termine inglese **downwelling** (termine intraducibile).

Correnti di superficie, poi, fanno riaffluire queste acque più calde dagli oceani ed Indiano e Pacifico fino all'oceano Atlantico.



Il ciclo completo si compie in un periodo di «500 anni ÷ 2 000 anni».

Le improvvise variazioni climatiche, come la piccola era glaciale (1450 – 1850) potrebbero essere spiegate con cambiamenti o di velocità o di direzione delle correnti oceaniche, ma non possediamo una serie di osservazioni sufficientemente lunga per poterlo affermare con certezza anche se, misurazioni effettuate nel 1980 lasciano intendere che la circolazione delle acque oceaniche e fredde e profonde, nei mari della Groenlandia, si sia

ridotta dell'80% rispetto alla situazione del 1970.

Per contro, la risalita delle acque profonde, in oceanografia, si indica col termine inglese **upwelling** (termine intraducibile); questo è un fenomeno che coinvolge il movimento, provocato dal vento, di grandi masse d'acqua e fredda e densa e generalmente ricca di nutrienti che risalgono verso la superficie dell'oceano dove vanno a rimpiazzare l'acqua superficiale più calda, pertanto, e meno densa e generalmente ormai impoverita dei suoi nutrienti.

### Il maelstrom

Il **maelstrom** (voce inglese/olandese; anche scritto **maelström**; è un fenomeno simile a un gorgo causato dalla marea, che entra con prepotenza in passaggi molto stretti e non riesce a fluire agevolmente; si riscontra nelle coste della Norvegia e della Scozia.

#### Moskstraumen

Il più famoso maelstrom è il **Moskstraumen** (corrente di Mosken), causato dalla marea lungo la costa atlantica della Norvegia, nei pressi delle isole Lofoten.

Quattro volte al giorno il flusso di marea, che avviene ogni sei ore, scorre e avanti e indietro nello stretto tra Lofotodden e Værøy e, a causa della conformazione dello stretto, ed angusto e poco profondo, si genera una corrente molto forte, con onde e vortici che rendono pericolosa la navigazione, specie con navi di piccole dimensioni.

Il fenomeno prende il nome dall'isolotto di Mosken, situato in mezzo allo stretto.

#### Curiosità

Nella sua famosa opera **Ventimila leghe sotto i mari**, lo scrittore francese **Jules Verne** (1828 – 1905), nel 1870, faceva riferimento al **Maelstrom**.

#### Saltstraumen

Il **Saltstraumen**, considerato il maelstrom più potente del pianeta si forma nello stretto che separa le isole e Straumen e Straumøya dalla costa meridionale della **Norvegia**, (fotografia a destra),

Con il cambio di marea, più di «480.000 litri» d'acqua o entrano o escono dall'angusto stretto, tra i fiordi di Salten e Skjerstad, a una velocità di «40 km/h»; nel flusso massimo di queste correnti si producono diversi vortici che hanno raggiunto fino a «40 ÷ 50 m» di larghezza e fino a «5 m» di profondità.



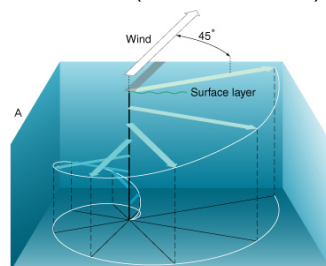
#### Corryvreckan

Nello stretto tra l'isola di **Jura** e quella di **Scarba**, in Scozia, si forma il **Corryvreckan**, uno dei maggiori gorgi marini europei.

### La spirale di Ekman

La **spirale di Ekman**, dal nome del fisico svedese **Vagn Walfrid Ekman** (1874 - 1954), si riferisce ad una struttura o di venti o di correnti attorno ad un limite orizzontale in cui la direzione del flusso ruota quando ci si muove rispetto al limite.

La spirale è una conseguenza della forza di Coriolis che provoca un movimento verso destra degli oggetti con velocità non nulla nell'emisfero nord e verso sinistra nell'emisfero sud; pertanto quando i venti soffiano sulla superficie oceanica (in maniera *continua*), nell'emisfero nord, si crea uno strato superficiale detto strato di Ekman, che può andare da 45 m fino a 300 m (in condizioni



ottimali), in base alle caratteristiche del bacino idrico, alla forza del vento o alla latitudine.

La corrente di superficie, in questo strato, si muove a «45°» verso destra rispetto alla direzione del vento.

Quando l'acqua sulla superficie spinge l'acqua sottostante, a causa delle forze d'attrito, questa si muove ulteriormente verso destra rispetto alla direzione del vento, e così per tutti gli strati più profondi ancora.

Scendendo in profondità, a causa della deflessione della corrente, la velocità dell'acqua diminuisce progressivamente fino ad annullarsi; il fenomeno è osservabile in mare nelle correnti marine e nelle derive glaciali di superficie.

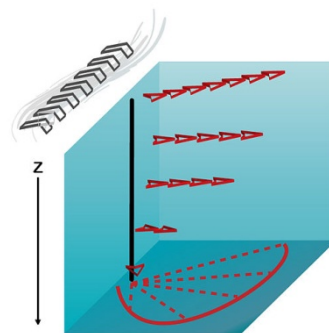
Un ulteriore fenomeno presente nello strato di Ekman è il trasporto di Ekman.

### Il trasporto di Ekman

Il **trasporto di Ekman**, che fa parte della teoria del moto all'interno delle grandi masse d'acqua marina investigata dall'oceanografo svedese **Vagn Walfrid Ekman**, indica il trasporto netto risultante ad un angolo di «90°» dello strato superficiale dell'acqua del mare sotto l'effetto di un vento costante.

Il fenomeno era stato osservato per la prima volta dal ed esploratore e scienziato e politico norvegese **Fridtjof Nansen** (1861 – 1930), noto anche come **Federico Nansen**, che, durante la sua spedizione polare del «1890», aveva notato che il moto di deriva degli iceberg nel mare Artico avveniva con un certo angolo rispetto alla direzione del vento.

La direzione in cui avviene il trasporto dipende dall'emisfero in cui esso avviene: nell'emisfero Nord il movimento è a «90°» in senso orario rispetto alla direzione del vento, mentre nell'emisfero Sud avviene sempre a «90°», ma in senso antiorario.



## *Le organizzazioni meteorologiche*



# Organizzazione mondiale della meteorologia (OMM)

## L'organizzazione

L'**Organizzazione Mondiale della Meteorologia - OMM** (in inglese **World Meteorological Organization - WMO**) è la massima agenzia mondiale per la Meteorologia, nata dall'**International Meteorological Organization - IOM**, fondata nel 1873.

Naque, il 23 Marzo 1951 (*L'atto conclusivo avvenne con la Conferenza finale dei Direttori dei Servizi Meteorologici che il 15 Marzo 1951 a Parigi dichiararono chiuso l'IMO*) e divenne l'agenzia delle Nazioni Unite nel campo della meteorologia come e il tempo sia atmosferico sia climatico e l'idrologia e le scienze geofisiche correlate; l'organizzazione OMM ha base a Ginevra (Svizzera).

Fanno parte dell'OMM «193» e Stati membri e Territori (al 30 ottobre 2017), che collaborano su scala globale per lo sviluppo, e nelle attività operative nel campo della meteorologia e della idrologia.

Il sistema è costituito (2005) da una rete di stazioni per l'osservazione simultanea (sinottica) delle condizioni meteorologiche ed al suolo ed in quota.

Le stazioni sinottiche per le osservazioni di superficie, circa «15 000» in tutto il mondo, con una distanza media, fra loro, di «100 km», misurano, ogni tre ore, ed i parametri più significativi per l'evoluzione del tempo come sia la pressione atmosferica sia la temperatura sia l'umidità sia e la direzione e l'intensità del vento sia la nuvolosità sia la quantità e di precipitazioni, ed i fenomeni significativi in atto come sia la nebbia sia l'intensità e della pioggia e della neve sia l'intensità dei temporali; alle stazioni di superficie si affiancano le misure giornaliere di circa «4 000» boe oceaniche ed i rapporti di circa «5 000» navi.

La rete di stazioni sinottiche per le osservazioni in quota è costituita da circa «1 400» postazioni che, con intervalli o di sei o di dodici ore, inviano palloni gonfiati ad elio che trasportano, fino a «25 km ÷ 30 km» di quota, una sonda munita di sensori di temperatura ed umidità e pressione atmosferica che inviano i rilevamenti, via radio, alla stazione ricevente a terra.

Sotto la guida e nell'ambito dei programmi dell'Organizzazione, i servizi e meteorologici e idrologici nazionali contribuiscono e alla protezione, e della vita e delle cose, dai disastri naturali, ed alla protezione dell'ambiente naturale ed al miglioramento del benessere di tutti i settori della società civile.

## Gli Obiettivi

Gli obiettivi che l'organizzazione si è imposta sono

- facilitare la cooperazione internazionale per stabilire una rete di stazioni, per effettuare rilevamenti e meteorologici e idrogeologici e geofisici, oltre a promuovere e l'instaurazione e il mantenimento dei centri di previsione meteorologica.
- promuovere lo scambio d'informazioni meteorologiche.
- promuovere una standardizzazione dei rilevamenti meteorologici, per rendere uniformi le pubblicazioni e statistiche e delle osservazioni.
- all'applicazione della meteorologia ed all'aeronautica ed al trasporto, ai problemi dell'acqua, all'agricoltura e ad altre attività umane.
- promuovere le attività idrologiche operative e a un'ulteriore collaborazione fra i servizi meteorologici e idrologici.
- promuovere la ricerca nel campo meteorologico.

### Curiosità

Una delle funzioni è l'assegnazione dei nomi ai cicloni tropicali.

L'OMM è stata coinvolta nella creazione del Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC), oltre all'istituzione della Global Atmosphere Watch (GAW).

Il 23 marzo l'ONU festeggia la Giornata mondiale della meteorologia.

## La partecipazione italiana

Nell'ambito dell'**Organizzazione Mondiale della Meteorologia**, l'Italia partecipa sia per gli aspetti finanziari sia per gli aspetti tecnici alle attività dell'Organizzazione.

La partecipazione italiana alle attività dell'OMM si sviluppa tramite la collaborazione con il **Servizio Meteorologico Nazionale** che partecipa con il suo Direttore ai lavori del Consiglio Esecutivo e con delegati tecnici ai lavori delle varie Commissioni.

L'addetto scientifico, della Rappresentanza Permanente d'Italia a Ginevra, partecipa ai lavori dell'Organizzazione in qualità di Esperto e svolge le funzioni di *sindacato* (*trade Union* per chi ama i termini inglesi) con l'Organizzazione.

Il **Servizio Meteo Nazionale Distribuito - SMND** è l'ente pubblico italiano con competenza sulle previsioni meteo in Italia.

### **Vi sono inoltre altre organizzazioni, come:**

#### **American Meteorological Society**

È un'organizzazione statunitense atta a promuovere e lo sviluppo e la diffusione di informazioni riguardanti la meteorologia e l'oceanografia e l'idrologia.

#### **Cacciatori di uragani**

O *Cacciatori di tifoni*, o *Cacciatori di cicloni*, sono equipaggi di aerei che volano all'interno di cicloni tropicali per raccogliere dati atmosferici.

#### **Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine**

(CEPMMT; in inglese: *European Center Medium Weather Forecast*, in sigla ECMWF) è un'organizzazione intergovernativa sostenuta da 20 Stati membri europei e 14 Stati cooperativi.

#### **Geophysical Fluid Dynamics Laboratory**

(**GFDL**) (*Laboratorio Geofisico di Fluidodinamica*) è un laboratorio dell'Office of Oceanic and Atmospheric Research (OAR), uno dei sette laboratori del *NOAA Research Laboratories (RLs)*, con lo scopo di espandere la comprensione scientifica dei processi fisici che governano il comportamento di atmosfera e oceani, considerati come sistemi fluidi complessi, occupandosi soprattutto di ricerche globali caratterizzate da tempi lunghi di risposta.

#### **Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Coupled Model**

**GFDL CM2.X** (**Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Coupled Model**, version 2.X) è un modello generale della circolazione con accoppiamento atmosfera-oceano (AOGCM) sviluppato presso il Geophysical Fluid Dynamics Laboratory del NOAA negli Stati Uniti.

#### **Global Climate Observing System**

(GCOS) è stato istituito a seguito della seconda Conferenza mondiale sul clima tenutosi a Rio de Janeiro dal 3 al 14 giugno 1992, al fine di garantire che le osservazioni e le informazioni necessarie per affrontare le questioni legate ai problemi climatici fossero ed ottenute e messe a disposizione di tutti i potenziali utenti.

#### **National Hurricane Center**

(**NHC**) è la divisione della National Oceanic and Atmospheric Administration e del National Weather Service responsabile del monitoraggio delle perturbazioni di origine tropicale e nell'oceano Atlantico e nell'oceano Pacifico orientale.

#### **National Oceanic and Atmospheric Administration**

(in acronimo **NOAA**; in italiano Amministrazione nazionale per l'oceano e l'atmosfera) è un'agenzia scientifica e normativa statunitense, all'interno del Dipartimento del commercio degli Stati Uniti d'America, che si occupa di previsioni meteorologiche, monitoraggio delle condizioni oceaniche e atmosferiche e tracciamento di mappe dei mari; inoltre conduce esplorazioni in acque profonde e gestisce la pesca e la protezione dei mammiferi marini e delle specie in via di estinzione nella zona economica esclusiva degli Stati Uniti.

#### **National Oceanic and Atmospheric Administration Commissioned Corps**

(in acronimo **NOAA**; in italiano "Amministrazione nazionale per l'oceano e l'atmosfera") è un'agenzia scientifica e normativa statunitense, all'interno del Dipartimento del commercio degli Stati Uniti d'America, che si occupa di previsioni meteorologiche, monitoraggio delle condizioni oceaniche e atmosferiche e tracciamento di mappe dei mari; inoltre conduce esplorazioni in acque profonde e gestisce la pesca e la protezione dei mammiferi marini e delle specie in via di estinzione nella zona economica esclusiva degli Stati Uniti.

#### **National Weather Service**

(NWS) è l'agenzia governativa statunitense che si occupa delle previsioni meteorologiche; fondata nel 1890 come **United States Weather Bureau**, ha adottato il nome corrente nel 1970.

#### **Pacific Tsunami Warning Center**

(**PTWC**), gestito dalla National Oceanic and Atmospheric Administration, con sede a Ewa Beach, nelle Hawaii, è uno dei due centri d'allerta tsunami degli Stati Uniti d'America; fa parte di un sistema internazionale di allerta tsunami con competenza per l'area del Pacifico.

## *Il tempo atmosferico*

Nella meteorologia, indica il complesso delle condizioni dell'atmosfera terrestre definite sia da parametri come e temperatura e pressione atmosferica ed uidità e nuvolosità e precipitazioni e visibilità e vento sia dai fenomeni associati ad essi come e pioggia e neve e grandine ed ecc.; ed in un dato momento ed in un dato luogo o della superficie terrestre o in libera atmosfera



## La previsione del tempo

### Premessa

La previsione del tempo è una scienza che, nonostante gli enormi progressi compiuti negli ultimi quarant'anni, non può essere considerata una scienza esatta; nell'utilizzare il termine previsione si ammette, etimologicamente, un certo grado di incertezza.

Le leggi che descrivono l'evoluzione dell'atmosfera sono quelle classiche e della dinamica e della termodinamica la cui formulazione è nota da più di due secoli.

A cagione e della complessità e dell'aleatorietà dei fenomeni atmosferici, queste leggi sono espresse da equazioni risolubili esclusivamente con metodi numerici, una forma ed approssimata e non analitica di risoluzione su punti di una griglia discreta con la quale viene divisa l'area da esaminare.

Il primo tentativo di calcolo numerico fu quello compiuto nel 1922 dal fisico inglese **Lewis Fry Richardson** (1881 – 1953), con un risultato disastroso a causa della mancanza sia di osservazioni adeguate sia di strumenti adatti.

Si è dovuto attendere, pertanto, che la potenza di calcolo delle macchine disponibili permettesse la risoluzione diretta, seppur approssimata, del sistema di equazioni in tempi ragionevoli simulando il comportamento dell'atmosfera attraverso appropriati modelli numerici.

Si è dovuto attendere, parimenti, che le prime radiosonde, utilizzabili per le osservazioni, divenissero e pratiche ed affidabili, fornendo le misure e sufficientemente attendibili ed approssimate necessarie per l'applicazione dei metodi numerici.

La prima vera previsione meteorologica, effettuata con un calcolatore, è stata eseguita nel 1949 dal meteorologo statunitense **Jule Charney Gregory** (1917 - 1981) con l'ENIAC, dotato di una potenza di calcolo di «5 000 flops» (flops = acronimo di **F**loating **p**oint **O**perations **P**er **S**econd; indica, in informatica, il numero di operazioni in virgola mobile eseguite in un secondo dalla CPU).

Agli inizi degli anni Ottanta si poteva disporre già di una potenza di calcolo dell'ordine del miliardo di flops ( $10^9$  flops); attualmente i meteorologi possono disporre di calcolatori della potenza dell'ordine di «**100 petaflops**» (peta =  $10^{15}$  = 1 000 000 000 000 000 = un milione di miliardi; 100 petaflops =  $10^{17}$  flops = 100 000 000 000 000 000 = cento milioni di miliardi di operazioni al secondo).

Per prevedere l'evoluzione dell'atmosfera occorre risolvere alcune espressioni matematiche (equazioni denominate **PDE**, **Partial Differential Equations**) che descrivono le leggi fisiche mediante una serie di parametri i cui valori sono inevitabilmente approssimati.

Poiché le soluzioni sono numeriche, esse sono ricavate per mezzo di griglie tridimensionale, quindi di un insieme discreto di punti che più è fitto, meglio può descrivere l'evoluzione dell'atmosfera; l'insieme di punti è discreto anche nel tempo, per cui si utilizzano passi temporali finiti.

Per dare almeno un'idea della complessità da superare, in una previsione accurata, a seconda e della griglia ed al passo temporale utilizzati, potrebbero occorrere anche centinaia di migliaia di miliardi di operazioni ( $10^{14}$ ); le previsioni numeriche richiedono, infatti, un numero di equazioni pari al numero delle incognite che descrivono le leggi fisiche..

### Le osservazioni in quota

Le **osservazioni in quota** forniscono una grande quantità di informazioni per cui sono uno strumento indispensabile per determinare lo stato iniziale necessario ai modelli di previsione; i rilevamenti delle radiosonde sono, infatti, abbastanza rappresentativi, dell'area circostante la stazione, fino ad un centinaio di chilometri.

Le misure fornite dalle radiosonde consentono di dare una risposta a vari quesiti; i rilevamenti eseguiti dalle singole stazioni di lancio dei palloni sonda vengono opportunamente sintetizzati in un caratteristico grafico denominato **diagramma aerologico** (vedi; *Il diagramma aerologico*, pagina 151).

In Italia, le stazioni che effettuano radiosondaggi (al 2005) sono sette: **Milano, Udine, San Pietro, Capofiume** (Bologna), **Pratica di Mare** (Roma), **Brindisi, Cagliari, Trapani**.

### Le osservazioni dallo spazio

Le osservazioni che possono essere eseguite mediante l'utilizzo di satelliti artificiali, utili alla previsione del tempo meteorologico, sono molteplici; fra le più importanti possiamo annoverare:

- analisi dei sistemi nuvolosi come e la forma ed il tipo e l'altezza della sommità della nube ed il contenuto totale sia d'acqua sia di ghiaccio.
- profili atmosferici verticali sia e di temperatura e d'umidità sia percentuali e d'ozono ed altri gas rari.

- direzione e velocità media del vento nei vari strati.
- temperatura del terreno.
- temperatura della superficie del mare.
- direzione e velocità delle correnti marine.
- caratteristiche del moto ondoso.
- estensione del manto nevoso.
- estensione dei ghiacciai polari.
- parametri relativi alle precipitazioni a grande scala.
- parametri relativi all'albedo sia delle nubi e della loro persistenza sia del suolo e delle sue variazioni stagionali.
- parametri relativi al bilancio radioattivo fra il sistema Terra-Atmosfera e lo spazio; radiazione termica perduta verso lo spazio.

*Gli angoli*



## *L'angolo dei record*

### **Premessa**

Un fenomeno meteorologico estremo si definisce **record** se la stazione di rilevamento dispone di una ed affidabile e sufficientemente lunga serie di osservazioni climatologiche per poter operare confronti attendibili.

### **I Record**

#### **Sulla Temperatura**

##### **La temperatura più alta**

In **Aziziyah** (Libia), il 13 settembre 1922 si è registrata una temperatura di «+57,8 °C».

##### **Il luogo più caldo**

Sulla base della media annuale, con riferimenti presi per un periodo di 6 anni, è **Dallol** (Etiopia), con una media di «34 °C».

##### **La mezzanotte più calda**

Nella **Valle della Morte**, tra la mezzanotte di domenica e le ore «1.00» di lunedì 17 luglio la stazione meteorologica di **Badwater**, situata presso il centro visitatori della **Death Valley a Furnace Creek**, ha misurato «+48,9 °C»; per l'esattezza «120 °F».

La misura deve, però, essere validata dall'Organizzazione meteorologica mondiale.

##### **La temperatura più bassa**

A **Vostok** (Antartide), il 21 luglio 1983, si è registrata una temperatura di «-89,4 °C».

##### **Il luogo con la media annuale più bassa**

Nella **Plateau Station** (Antartide), è stata registrata la media annuale più bassa, con una temperatura di «-57 °C».

##### **La città più fredda**

**Oymyakon** (un villaggio di circa 800 abitanti situato presso il fiume Indigirka in **Siberia**) è la città più fredda del mondo, anche se in effetti condivide tale primato con **Tomtor** e **Verchojansk**.

È stata premiata ed insignita della medaglia d'oro per via del suo incredibile record di ben «-69,9 °C» raggiunto il 26 gennaio del 1926; secondo fonti differenti la temperatura raggiunta quell'anno fu ancora inferiore, pari a «-71,2 °C» o addirittura a «-82 °C».

##### **La stazione meteorologica più fredda**

Nella **stazione meteorologica** nel centro di ricerca sull'**isola di Ellesmere** si sono registrate temperature di «-19,7 °C».

##### **Il posto più freddo degli USA**

Nella Rogers Pass (Montana), nel 1954 la temperatura è scesa fino a «-56 °C»

##### **La base russa più fredda**

A Vostok (Antartico), nel 2010 si è registrata una temperatura di «-93,2 °C».

##### **La maggiore insolazione annua**

A **Yuma** (Arizona, Usa), si sono registrate «4 055 ore» di sole su «4 456 ore» annui; A **St. Petersburg** (Florida, USA), dal 9 febbraio 1967 al 17 marzo 1969 si registrarono «768 giorni» consecutivi di sole.

##### **La massima escursione tra temperature estreme**

È stata registrata a **Verkhoyansk** (Siberia), dove si è passati dai «-70 °C» ai «33,9 °C» con una escursione di ben «103,9 °C».

##### **La più ampia escursione termica in un giorno**

A **Browning** (Montana, USA), nella notte dal 23 al 24 gennaio 1916, la temperatura crollò da «+6,7 °C» a «-49 °C», con un'escursione termica di «55,7 °C».

##### **La più rapida escursione termica**

A **Spearfish** (Sud Dakota, USA), il 22 gennaio 1943, la temperatura passò da «-20 °C» a «+7 °C» in due minuti.

##### **La massima temperatura media annua**

A **Dallol** (Etiopia), dal 1960 al 1966, si sono registrate temperature di «+34,4 °C».

##### **La più bassa temperatura media annua**

Al polo **Antartide** si è registrata una temperatura di «-57,8 °C».

### Il luogo abitato più freddo del Pianeta

A **Oymyakon**, piccolo villaggio della repubblica di Sacha, nell'est della Siberia, nel 1924 è stato raggiunto il record quando la colonnina di mercurio ha fatto toccare i «-71,2 °C», la temperatura in assoluto più bassa registrata in una zona abitata.

### Sulla pressione

#### La più elevata pressione atmosferica

A **Tosontsengel** (Mongolia), il 18 dicembre 2001, si è registrata una pressione atmosferica di «1 085,7 hPa».

#### La più bassa pressione atmosferica

A 483 km ad ovest di **Guan** (Oceano pacifico), il 12 ottobre 1979, durante il tifone **Tip** si registrò una pressione di «870 hPa».

### Sulle piogge

#### Le più abbondanti piogge in un anno

A **Cherrapuni** (Maghalaya), dal 1° agosto 1860, il 31 luglio 1861 caddero «26 462 mm» di pioggia.

#### Il maggiore numero di giornate piovose

È stato registrato sul monte **Wai'ale'ale** (Kauai, Hawaii) [1 569 metri s.l.m.], dove normalmente piove più di «350 giorni» l'anno.

#### La pioggia più intensa

È stata registrata a **Barst** (Guadalupa, Caraibi), il 26 novembre 1970, con «38 mm» di pioggia in un solo minuto.

#### La massima precipitazione in 24 ore

A **Chilaos** (Isole della riunione), fra il 15 ed il 16 marzo 1952 caddero «1 870 mm».

#### La massima precipitazione mensile

È stata registrata a **Cherrapunji** (Meghalaya, India), nel luglio del 1861 con «9 300 mm».

#### La massima precipitazione annuale

È stata registrata ancora a **Cherrapunji**, dove si sono avuti, tra l'agosto del 1860 e il luglio del 1861, più di «26 metri» d'acqua (26 461.2 mm).

#### La media annuale massima delle precipitazioni

Spetta alla località di **Lloro** (Colombia), con «13 299 mm» di pioggia, media calcolata utilizzando «29 anni» di dati.

#### Il luogo più secco

Nel deserto di **Atacama** (Cile), si registra una precipitazione media annua di «0,08 mm»; prima del 1971 non erano state segnalate piogge per ben 400 anni;

#### La media annuale minima delle precipitazioni

Spetta alla località di **Arica** (Cile), con «0.8 mm» (media calcolata utilizzando «59 anni» di dati).

#### Il massimo periodo di siccità

È stato registrato nel deserto di **Atacama** (Cile), attraversato dal Tropico del Capricorno, durato circa 375 anni.

### Sui venti

#### I venti più forti in un ciclone tropicale

Durante l'uragano **Camilla**, dal 17 al 18 agosto 1969 lungo le coste e dell'Alabama e del Mississippi, i venti raggiunsero la velocità di «322 km/h» con raffiche a «338 km/h».

#### Il luogo più ventoso

Il luogo più ventoso è **Commonwealth Bay** (Costa di Giorgio V, Antartide), in cui si sono registrati venti usualmente alla velocità di «322 km/h».

#### La più forte raffica di vento

Nello **New Hampshire** (Washington), il 12 aprile 1934 è stata registrata una velocità di «372 km/h».

### Sulla neve

#### La più abbondante caduta di neve in un anno

Nel **Paradise**, dal 19 febbraio 1971 al 18 febbraio 1972, sul monte **Rainier** (Washington), caddero «31,102 m» di neve.

### **La massima precipitazione nevosa in un'unica bufera**

Avvenne sul monte **Shasta** (Ski Bowl, USA), tra il «13 ÷ 19 febbraio) del 1959 e fu di «480 cm».

### **La massima precipitazione nevosa in un solo giorno**

Ha avuto luogo il 14 aprile 1921 a **Silverlake** (Colorado, USA), dove ne caddero quasi «193 cm».

### **Lo strato di neve più spesso al suolo**

A **Tamarack** (California), nel marzo del 1911 si misurò uno strato di «11,455 m».

## **Sulla grandine**

### **Il più pesante chicco di grandine**

Nel **Gopalganj** (Bangladesh), il 14 aprile del 1966 cadde un chicco di grandine del peso di «1,02 kg».

## **Sulla nebbia**

### **Le nebbie e più fitte e più intense**

Si hanno a **Grand Banks** (Terranova, Canada), dove la nebbia è presente «120 giorni» all'anno.

## **Sull'umidità**

### **Il luogo più umido**

Durante il pomeriggio, in **Assab** (Eritrea), la temperatura di rugiada è in media sopra i «29 °C».

## **Sui fulmini**

### **Il fulmine più lungo**

Il 20 aprile 2020, negli Stati Uniti, si è registrato un fulmine lungo «768 km»; la scarica elettrica ha attraversato tre stati: Texas, Luisania, Mississippi.

### **Il fulmine di maggio durata**

Il 18 giugno 2020, sull'Uruguay ed Argentina settentrionale si è registrato un fulmine il cui lampo è durato «17 s».

## **Sui terremoti**

### **Il terremoto più violento**

Il terremoto più potente mai registrato nella storia (fino al *giugno* del 2024) fu il *terremoto di Valdivia* del «1960», noto anche o come *grande terremoto del Cile* o come *terremoto di Bío Bío*; si è verificato il «22 maggio 1960» alle «14:11» ora locale (19:11 UTC), con una magnitudo di «9,5».

Il suo epicentro fu localizzato nei pressi di Cañete, a circa «900 km» a sud di Santiago, ma la città più colpita fu Valdivia.

## **Sul mare**

### **La tromba marina più alta**

Il 16 maggi 1898 ad Ede, New South Wales (Australia) fu avvistata una tromba marina di altezza stimata in «1 500 m».

### **Il tsunami più disastroso**

Nel 2004, a nord-ovest delle coste dell'Indonesia, un terremoto di magnitudo «9.3» provocò uno dei tsunami più disastrosi dell'era moderna; con circa «14 m» di altezza ha causato «230.000 vittime» e migliaia di dispersi

### **Il tsunami più alto**

Il più alto tsunami della storia è avvenuto in Alaska nel 1958; si stima fosse alto circa «500 m».

## L'angolo delle domande

### Perché piove più frequentemente di giorno?

Va premesso che le nuvole, pertanto le piogge, si formano solo dove l'atmosfera è animata da correnti ascendenti; in tale situazione, infatti, la massa d'aria in ascesa, incontrando pressioni decrescenti, si dilata e quindi si raffredda.

Se l'aria è abbastanza umida, il raffreddamento fa condensare una parte del vapore acqueo presente nell'aria sotto forma di goccioline in sospensione, originando le nuvole.

Si conoscono quattro cause che possono portare alla formazione di correnti ascendenti:

- 1) la presenza di una bassa pressione che fa convergere aria dalle zone circostanti.
- 2) il sollevamento forzato (la spinta verso l'alto che una massa d'aria subisce per la presenza di un ostacolo naturale, per esempio una catena montuosa).
- 3) il sollevamento di una massa d'aria fredda che incontri aria più calda o viceversa.
- 4) i moti di natura termica (detti *convettivi*) che si generano di giorno al di sopra dei suoli più riscaldati dal sole, perché l'aria calda tende a salire.

Mentre le prime tre cause possono verificarsi sia di giorno sia di notte, i moti convettivi si verificano solo di giorno.

Per questo motivo in qualunque località, in media, piove più di giorno che di notte.

### Perché la pasta non cuoce bene ad alta quota?

Se qualche volta avete provato a cucinare un piatto di pasta in montagna, avrete sicuramente notato che il risultato non era dei migliori e che al mare la pasta si cuoce decisamente meglio; ciò avviene perché salendo di quota la pressione diminuisce e la temperatura di ebollizione dell'acqua diviene più bassa, diminuendo mediamente di circa dieci gradi ogni chilometro di quota.

Le tecniche di cottura a calore secco, come o la tostatura o la grigliatura, non sono influenzate dalla quota.

Per conoscere la temperatura di ebollizione dell'acqua «Tz» ad una determinata quota «z», si può utilizzare la **Tabella delle temperature di ebollizione dell'acqua distillata alla quota «z»**, presentata appresso o la seguente formula:

$$T_z \sim \frac{373}{1 + 8,8 \cdot 10^{-6} \cdot z}$$

In cui: Tz = la temperatura di ebollizione dell'acqua, espressa in kelvin (K) - z = quota, espressa in metri (m).

Si inizia a notare la differenza già ad altitudini superiori a circa «3 000 ft (914,4 m)»; lì, l'acqua bollirebbe a «97 °C» secondo la tabella, ed a «96,9 °C» secondo la formula, anziché a «100 °C».

L'acqua bollerà prima che al livello del mare, ma far bollire la pasta nell'acqua a «97 °C» non darà lo stesso risultato di cottura che si avrà facendola bollire a «100 °C».

A 5 000 ft (1 524 m) l'acqua bollirebbe a «94,5 °C» secondo la tabella, ed a «94,9 °C» secondo la formula,

A 8 000 ft (2 438 m) l'acqua bollirebbe a «91,5 °C» secondo la tabella, ed a «92,0 °C» secondo la formula.

Secondo la formula, a «8 848,86 m», altezza del monte Everest (il monte più alto della Terra), l'acqua bollirebbe alla temperatura di «72,9 °C».

#### Curiosità

Si può anche notare una differenza nel modo in cui i forni a microonde funzionano a quote più elevate, questo perché le microonde cuociono eccitando le molecole d'acqua nel cibo; quando si utilizza un forno a microonde, pertanto, è meglio prevedere un tempo di cottura extra.

Da notare, inoltre, che a qualsiasi altitudine considerata, l'acqua bolle ad una certa temperatura che resta costante fino a che sia evaporata tutta; non si può farla diventare più calda alzando la fiamma sotto la pentola.

Si può calcolare, inoltre, a quale valore di pressione di vapore «P<sub>acqua</sub>» l'acqua, portata ad una certa temperatura «t», entra in ebollizione; a tal uopo si può utilizzare una formula che metta in relazione tale pressione con una determinata temperatura.

La seguente è una delle formule possibili:

$$P_{\text{acqua}} = 611 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot t}{237,7+t}}$$

In cui: P<sub>acqua</sub> = pressione di vapore di ebollizione, espressa in pascal (Pa) - t = temperatura dell'acqua, espressa in gradi Celsius (°C).

**Tabella delle temperature di ebollizione dell'acqua distillata  
alle varie quote**

<b>Altitudine Piedi (metri)</b>	<b>Punto di ebollizione Fahrenheit (Celsius)</b>
0 ft (0 m)	212 °F (100 °C)
500 ft (152 m)	211 °F (99,5 °C)
1 000 ft (305 m)	210 °F (99 °C)
1 500 ft (457 m)	209 °F (98,5 °C)
2 000 ft (610 m)	208 °F (98 °C)
2 500 ft (762 m)	207 °F (97,5 °C)
3 000 ft (914 m)	206 °F (97 °C)
3 500 ft (1 067 m)	205,5 °F (96 °C)
4 000 ft (1 219 m)	204 °F (95,5 °C)
4 500 ft (1 372 m)	203,5 °F (95 °C)
5 000 ft (1 524 m)	202 °F (94,5 °C)
5 500 ft (1 676 m)	201,5 °F (94 °C)
6 000 ft (1 829 m)	200,5 °F (93,5 °C)
6 500 ft (1 981 m)	199,5 °F (93 °C)
7 000 ft (2 134 m)	198,5 °F (92,5 °C)
7 500 ft (2 286 m)	198 °F (92 °C)
8 000 ft (2 438 m)	197 °F (91,5 °C)
8 500 ft (2 591 m)	196 °F (91 °C)
9 000 ft (2 743 m)	195 °F (90,5 °C)
9 500 ft (2 895 m)	194 °F (90 °C)
10 000 ft (3 048 m)	193 °F (89,5 °C)
10 000 ft (3 048 m)	193 °F (89,5 °C)

*Le quote, espresse in metri, sono state arrotondate al metro, tutte le temperature sono state arrotondate al mezzo grado.*

**Tabella e delle temperature e delle pressioni di ebollizione  
dell'acqua distillata alle varie quote**

<b>Altitudine metri (m)</b>	<b>Temperatura gradi Celsius (°C)</b>	<b>Pressione Pascal (Pa)</b>
4 000	86,7	61 390
5 000	83,4	54 035
6 000	81,0	47 268
7 000	76,8	41 286
8 000	74,0	35 892
9 000	70,6	31 970
10 000	68,0	28 832

*Le temperature sono state arrotondate al decimo di grado, le pressioni al pascal..*



## *Approfondimenti*



## L'indice di rifrazione

### Definizione

L'**indice di rifrazione assoluto** « $n$ » di un mezzo in cui si propaga la luce è una grandezza adimensionale che quantifica la diminuzione della velocità di propagazione della radiazione elettromagnetica quando transita dal vuoto a quel mezzo; la diminuzione della velocità « $v$ » di propagazione viene accompagnata dalla variazione della sua direzione, secondo il fenomeno della rifrazione.

Si parla di **indice di rifrazione relativo** quando i due mezzi sono ambedue diversi dal vuoto.

La **legge di Snell** (nota anche come **legge di Descartes** o **legge di Snell-Descartes**), dal nome del matematico olandese **Willebrord Snell** (1591-. 1626) che la scoprì, descrive quanto la direzione di propagazione della luce è deviata nel passare da un mezzo ad un altro.

Essa afferma che se il raggio « $i$ » proviene da una regione « $m_1$ » con indice di rifrazione « $n_1$ » ed entra in un mezzo « $m_2$ » ad indice di rifrazione « $n_2$ », viene deviato, nel punto di separazione « $O$ » dei due mezzi, nell'angolo rifratto « $r$ » mentre gli angoli di incidenza « $\theta_1$ » e di rifrazione « $\theta_2$ » sono legati dalla relazione:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

In cui: « $v_1$ » e « $v_2$ » sono le velocità della luce nei mezzi rispettivamente « $m_1$ » e « $m_2$ ».

La velocità della radiazione deve, pertanto, cambiare da « $c/n_1$ » a « $c/n_2$ ».

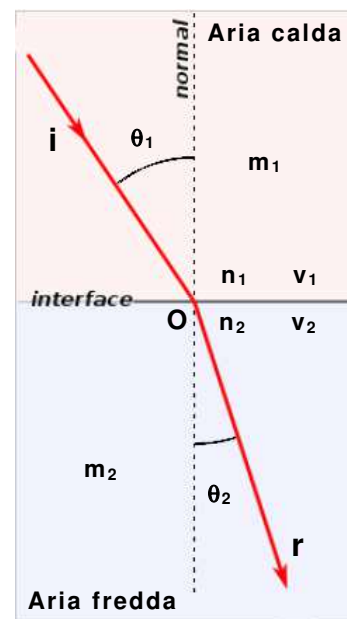
Se non vi è nessun angolo « $\theta_2$ » che soddisfa la relazione, ovvero se si ha:

$$\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \theta_1 < 1$$

La luce, proveniente dal primo mezzo « $m_1$ », non viene trasmessa nel secondo mezzo « $m_2$ », ma si verifica il fenomeno della riflessione interna totale.

**Indice di rifrazione assoluti di alcuni mezzi in cui si può propagare la luce.**

Mezzo	« $n$ » (a $\lambda = 589,3 \text{ nm}$ )
elio	1,000 036
aria (in condizioni normali)	1,000 292 6
anidride carbonica	1,000 45
acqua (20 °C)	1,333
vetro (tipico)	da 1,5 a 1,9
diamante	2,419
silicio	3,4



## Ancora sulle nubi

### Il colore delle nuvole

I fattori che determinano il colore delle nuvole sono essenzialmente tre:

- a) la loro consistenza, ovvero il loro spessore.
- b) la direzione di provenienza della luce del sole, ovvero le zone d'ombra che si generano
- c) le condizioni atmosferiche; alcune nubi di piccolo spessore sono trasparenti alla luce, altre sono opache.

La trasparenza è una indicazione di pochi elementi condensati, l'opacità caratterizza una nube molto spessa ed una struttura fibrosa legata a cristalli finissimi.

Le nubi che vediamo nel cielo sono costituite o da minuscole gocce d'acqua o da cristalli di ghiaccio, della dimensione da «1  $\mu\text{m}$ » a «100  $\mu\text{m}$ », che si formano per condensazione.

#### Precisazioni

Il **micrometro** (pronuncia: [mikro'metro] e simbolo « $\mu\text{m}$ », è un'unità di misura derivata del Sistema Internazionale (SI); corrisponde a un milionesimo di metro:

$$1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$$

In passato era usata la dizione **micron** (simbolo:  $\mu$ ), il cui uso è oggi vivamente sconsigliato nel Sistema Internazionale (SI).

Sfortunatamente la parola **micron** è usata ambiguamente, in lingua anglosassone, anche per il **microinch** « $\mu\text{in}$ » (1 micrometro = 39,37 microinch), quindi bisognerebbe sempre indicare se ci si sta riferendo o a « $\mu\text{m}$ » o a « $\mu\text{in}$ ».

Il vapore acqueo che risale nell'atmosfera si raffredda e, in presenza di impurità, quali particelle di polvere o piccoli cristalli di sale marino, si condensa in minuscole gocce d'acqua o, talvolta in cristalli di ghiaccio.

A temperature negative, tra i «0 °C» e i «-10 °C ÷ -15 °C», per il fenomeno noto come **sopraffusione**, le nuvole sono ancora formate da goccioline d'acqua; soltanto a temperature prossime o inferiori a «-40 °C» le nubi sono formate solo da cristalli di ghiaccio.

Se una nuvola si è formata a temperature positive prende il nome di **nube calda**, se si trova a temperature negative si chiamerà **nube fredda**, qualora la nube presenta la parte inferiore a temperature positive e la parte superiore a temperatura negativa prenderà il nome di **nube mista**.

Le nuvole se colpite direttamente dalla luce sono in genere sempre bianche; quando osserviamo delle nubi scure ci troviamo dalla parte opposta a quella colpita dal sole e in presenza di nubi spesse e dense la luce è assorbita e non raggiunge la parete opposta, insomma osserviamo una zona in ombra.

Lo possiamo constatare quando viaggiamo in aereo; non appena il veicolo passa la coltre di nubi e possiamo osservare la parte esposta al sole, quello che ci era apparso dal basso, mentre la stavamo attraversando, un ammasso grigio, talvolta scuro e minaccioso, ci appare ora come un mare di candida ovatta.

Le nubi molto sottili illuminate dalla luce del sole ci appaiono bianche in trasparenza; al momento del tramonto invece, le nubi ancora illuminate direttamente dal sole, specialmente quelle sottili e stratificate, prendono una colorazione arancio.

All'alba ed al tramonto, quando i raggi solari sono radenti agli strati più alti dell'atmosfera, la radiazione di frequenza vicina al violetto non penetra più l'atmosfera, al contrario della radiazione vicina al rosso; le nubi assumono, pertanto, quella colorazione rossastra che caratterizza soprattutto i tramonti.

Di solito sono bianche anche le nuvole della parte più alta dell'atmosfera, perché composte da cristalli di ghiaccio che riflettono molto bene tutte le lunghezze d'onda.

### Il fallstreak hole cloud

Il **fallstreaks hole cloud** (noto anche come: **cavum**, **hole punch cloud**, **punch hole cloud**, **skypunch**, **cloud canal**, **cloud hole**) può essere tradotto in italiano come **foro di caduta** ed è un grande vuoto, solitamente o circolare od ellittico, che può apparire od in *cirrocumulus* od in nuvole di *altocumulus*.

Tali buchi si formano quando la temperatura dell'acqua nelle nuvole è sotto zero, ma l'acqua, in uno stato di sopraffusione, non si è ancora congelata a causa della mancanza di nucleazione del ghiaccio (mancanza di nuclei di condensazione).

Quando si formano i cristalli di ghiaccio, un effetto domino viene attivato, a causa del processo Wegener-Bergeron-Findeisen (vedi: **Formazione della pioggia**, a pagina 144), facendo evaporare le goccioline d'acqua intorno ai cristalli; questo lascia un grande buco spesso circolare nella nuvola



Oklahoma City Gennaio 2010

### Curiosità

**Alfred Lothar Wegener** (1880 – 1930), e geofisico e meteorologo tedesco.

**Tor Bergeron** (1891 – 1977), meteorologo svedese.

**Theodor Robert Walter Findeisen** (1909 – 1945), meteorologo tedesco

### Le morning Glory

Le **Morning Glory** sono enormi rulli di nuvole che si possono estendere anche per tutto l'orizzonte, muovendosi dall'oceano verso la terra; possono avere anche e «2 km» di spessore e «1 000 km» di lunghezza.

Solitamente si formano a circa «1 km ÷ 2 km» di altitudine quando le onde d'aria che arrivano dall'oceano, che solitamente si spostano orizzontalmente, si scontrano, all'alba, con l'aria ed umida e calda che risale verticalmente dal terreno.

Le nubi di tanto in tanto  
ci danno riposo  
mentre guardiamo la Luna

**Matsuo Basho** (1644 – 1694)



### Le mammatus cloud

Le **mammatus** sono nuvole chiamate così perchè la loro forma è molto simile a quella delle **mammelle** di una mucca (non mi sarei mai azzardato a paragonarle a quelle di un'avvenente ragazza),

Le nubi *mammatus* sono una tipologia di nube temporalesca e la loro formazione avviene tramite due processi simultanei:

intense *correnti ascensionali* unite ad un alto tasso di *umidità* presente nei bassi strati; le intense correnti ascensionali, possono trasportare, alle alte quote atmosferiche, nella tropopausa) ingenti quantità di vapor d'acqua il quale, attraversando strati più freddi nell'atmosfera, e condensa in cristalli di ghiaccio e favorisce lo sviluppo di imponenti nubi temporalesche con la caratteristica forma ad incudine.

Da questi nuclei temporaleschi, precipitano sulla terra forti piogge, che hanno dissipano la maggior parte dell'umidità trasportata e, pertanto, tendono a far *svanire* il temporale.

Quando il temporale o cessa o si smorza e l'incudine (il top della nuvola) inizia ad espandersi, distendendosi fino a svariati chilometri di distanza dalla torre principale (in zone lontano dalla corrente ascensionale), i cristalli di ghiaccio presenti nell'incudine, dato il loro peso, tendono ed a scendere verso il basso e ad uscire dal raggio della nuvola, ma qui trovano aria molto secca e fredda e, pertanto, *sublimano* all'istante e, ritornando di nuovo allo *stato gassoso*, tendono a risalire verso l'alto.

Data la notevole quantità d'acqua coinvolta nel fenomeno (sotto varie forme), sia il moto e discensionale ed ascensionale sia il ciclo e di cristallizzazione e di sublimazione creano le **Mammatus cloud**.



### La Tuba

La **tuba** (tu), o **nube ad imbuto**, è una nube accessoria che si staglia come una protuberanza dalla base della nube (di solito o un cumulus o un cumulonimbus), generalmente molto allungata; è formata da goccioline d'acqua condensata, associata ad una colonna di vento in rotazione che scende, senza toccare o il suolo o la superficie dell'acqua.

Non tutte queste nubi, frequentemente associate con temporali di supercella, giungono a toccare il suolo, ma nel caso lo raggiungano, si trasformano in un *tornado* anche se nella prima fase mantengono ancora la forma imbutiforme.

La maggior parte dei tornado iniziano come nubi ad imbuto, anche se un tornado, per formarsi, non ha necessariamente bisogno di avere una nube a condensazione del tipo imbutiforme.

Una nube ad imbuto è chiaramente rilevabile quando passa sopra la testa dell'osservatore; le sono associati, infatti, suoni caratteristici che ricordano o il ronzio delle api o un muggito o un risucchio o lo scroscio di una cascata.

Nel caso in cui la nube ad imbuto tocchi la superficie dell'acqua, il risultato è la formazione di una *tromba marina*.



### La frequenza di Brunt-Väisälä

La **frequenza di Brunt-Väisälä** (o *frequenza di Brunt-Vaisala*) è la frequenza di oscillazione di una *particella fluida* spostata verticalmente in un ambiente stabile intorno alla sua posizione iniziale parametrizzata e dal meteorologo gallese David Brunt (1886 – 1965) e dal meteorologo e fisico finlandese **Vilho Väisälä** (189 – 1969).

Corrisponde alla frequenza di un'onda gravitazionale che gioca un ruolo molto importante negli scambi energetici dei flussi geofisici, in particolare nella dinamica atmosferica e per l'oceanografia fisica.

Ad esempio, tra gli altri parametri, la frequenza Brunt-Väisälä controlla e l'altezza e la spaziatura tra le strade dei cumulus o dell'altocumulus lenticolare a valle delle montagne, così come quella tra le creste delle onde in mare aperto.

Il concetto e di oscillazione e di frequenza di **Brunt-Väisälä** nasce dall'applicazione della seconda delle tre leggi di *Newton* in un mezzo stabilmente stratificato verticalmente.

La natura oscillatoria dei fluidi stratificati può essere spiegata pensando a una particella fluida la cui densità aumenta con la perdita di quota.

Quando viene spostata verticalmente fuori dalla sua posizione di equilibrio, la sua densità diventa o maggiore o minore del fluido circostante e, pertanto, compare una forza di restituzione in eccesso, rispettivamente o la *gravità* o la *spinta di Archimede*, che tende a riportarla al punto di equilibrio.

In generale, la particella supera l'equilibrio sulla via del ritorno perché la forza ha indotto l'accelerazione.

Questo fenomeno, mantenuto, innesca un'oscillazione la cui frequenza è:

$$N = \sqrt{-\frac{g}{\theta} \cdot \frac{d\theta}{dz}}$$

In cui: N = frequenza di Brunt-Väisälä – g = accelerazione di gravità –  $\theta$  = temperatura potenziale – z = altitudine.

#### Precisazioni

La **temperatura potenziale** di una particella di fluido alla pressione «P» è la temperatura che quella particella avrebbe se fosse portata, tramite uno spostamento adiabatico, ad una pressione standard di riferimento, in genere «101 325 Pa».

### I vortici di Karman

I **vortici di Karman** sono delle turbolenze (mulinelli) che si creano nel cielo quando le correnti d'aria trovano un ostacolo sul loro percorso e sono, pertanto, costrette a separarsi; sono stati osservati per la prima volta dal ed ingegnere e fisico e matematico ungherese **Theodore von Kármán** (1881 – 193) nel 1912, da cui prendono il nome, che ne sviluppò la trattazione teorica.

Le scie vorticosi possono essere osservate solo all'interno di un dato intervallo di *numeri di Reynolds* «120 < Re < 250»; il campo di variabilità di «Re» è influenzato, oltre che dalle caratteristiche della massa d'aria e dell'intensità del vento, anche e dalla forma e dalle dimensioni del corpo che causa il fenomeno,

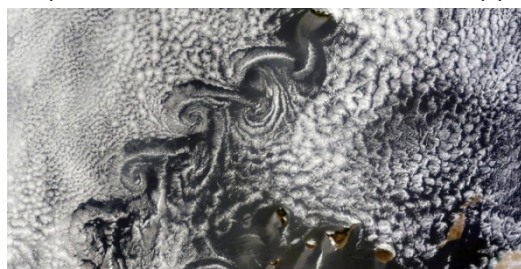
Oggi vengono fotografati da molti satelliti: al largo del Messico, vicino alla costa del Cile, nei paesi nordici, sul mar Cinese orientale o sopra le isole Canarie, solo per citare alcune località.

I **vortici di Karman** sono un *fenomeno* bellissimo da osservare, ma possono rappresentare un pericolo da non trascurare e nella progettazione e nella costruzione di strutture come e palazzi e grattacieli e ciminiere e ponti e quant'altro si possa trovare esposto all'azione di forti venti.

Alcuni studi suggeriscono, infatti, che nel 1940 potrebbero aver causato il cedimento del **ponte di Tacoma** (Stati Uniti), mentre nel 1965 tre delle otto torri della centrale elettrica di Ferrybridge (Inghilterra), sono crollate proprio a causa della formazione di una serie di questi vortici.

### Le undulatus asperatus

Le **undulatus asperatus** (inserite nell'Atlante Ufficiale delle Nubi nel 2009) sono nubi e scure e minacciose che si formano molto rapidamente nel cielo e sembrano siano pronte a



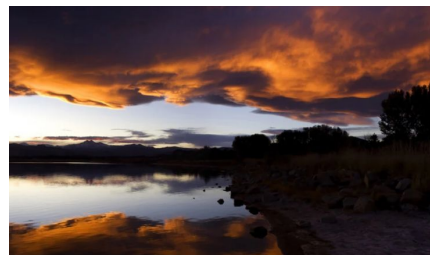
scatenare una tempesta quando, per contro, nella maggior parte dei casi si dissolvono senza aver prodotto una sola goccia di pioggia.

Sono un autentico mistero della meteorologia fisica tant'è che sono ancora in corso diversi studi per comprendere appieno il meccanismo e di formazione e di sviluppo

Secondo il meteorologo inglese **Paul James Hardaker** (1966 - ?), responsabile della *Royal Meteorological Society*, la formazione delle nubi *asperatus* richiede enormi quantità di energia; si possono osservare quando o venti turbolenti o grandi masse di aria *frustano* dal basso lo strato inferiore delle nuvole.

Secondo la teoria più accreditata, possono essere considerate come l'evoluzione successiva di un *Mammatus*, ma solo ed in particolari ed in rare condizioni.

Sono comuni e nelle grandi pianure degli Stati Uniti ed in Bretagna ed in Nuova Zelanda, dove spesso compaiono nelle ore immediatamente successive ad un forte temporale.



### Le nubi a muro

Le **nubi a muro** o **nuvole murate** o **nuvole a parete** o **nuvole piedistallo** o **murus** nella nomenclatura convenzionale dell'OMM (*wall cloud* in inglese), sono una caratteristica accessoria riscontrabile in alcuni cumulonimbus; da esse può talvolta formarsi un tornado mesociclonico.

Si trovano tipicamente sotto la *zona senza precipitazioni* (RFB), nell'area in cui si ha la più forte corrente ascendente dove il vapore acqueo condensa a una quota inferiore rispetto alle nubi circostanti.



Le nubi a muro nascono per il fatto che la corrente discendente all'interno del cumulonimbus (*downdraft*), invece di abbattersi al suolo dietro al temporale come outflow, viene richiamata all'interno della nube temporalesca da un movimento rotatorio indotto dal mesociclone interno alla supercella.

#### Chiarimenti

Un **outflow**, in meteorologia, è l'aria che si propaga verso l'esterno di un complesso temporalesco (il termine inglese è composto e dalla parola *out*, fuori, e dalla parola *flow*, flusso).

Durante i temporali più intensi o la pioggia o la grandine raffreddano l'aria circostante che viene spinta violentemente verso il basso e, a contatto con il terreno, tende a scorrere più velocemente della nube temporalesca per decine e decine di chilometri.

Questa massa d'aria più fresca ed asciutta forma una specie di fronte freddo in superficie a forma di arco che si può notare facilmente sulle immagini dei radar Doppler.

L'avanzamento del fronte derivato dall'outflow è capace di generare altri temporali se la massa d'aria che incontra è sufficientemente calda e umida.

Le correnti verticali, note come o correnti ascensionali (**updraft**) o correnti discendenti (**downdraft**), sono regioni localizzate di aria o calda o fredda che si muovono verticalmente.

Una massa di aria calda sarà in genere meno densa della regione circostante e quindi salirà fino a raggiungere aria che è e più calda e meno densa di sé stessa.

Una massa di aria fredda sarà in genere più densa della regione circostante e quindi scenderà fino a raggiungere aria che è e più fredda e più densa di sé stessa.

Parte di quest'aria fredda si infiltra nella corrente ascendente calda (*updraft*) e, avvolgendosi a spirale intorno ad essa, viene spinta nuovamente verso l'alto.

Nel tempo che l'aria calda continua a trasportare l'aria più fredda, la temperatura dell'aria scende ed il punto di rugiada aumenta; la *depressione del punto di rugiada*, pertanto, diminuisce.

Poiché il punto di rugiada di una massa di aria fredda si trova a una quota inferiore rispetto a quello di una massa di aria più calda, l'aria fredda infiltrata condenserà ad una quota altimetrica inferiore.

Una nube a muro può essere grande da «250 m» a quasi «8 km»; nell'emisfero settentrionale si forma generalmente od a sud od a sud-ovest di una supercella.

Un movimento rotatorio della nube a muro indica la presenza di un mesociclone.

Attaccata alle nubi a muro, soprattutto in ambienti umidi, è possibile notare una *nube a coda* (in inglese *tail cloud*), una banda nuvolosa che si estende verso l'area delle precipitazioni; alcune nubi a muro possiedono anche una banda di nuvole frammentate che circondano la loro parte superiore (corrispondente alla base del cumulonimbus).

### La nubi a mensola

Le **nubi a mensola** (*shelf cloud* in inglese), identificate dal meteorologo giapponese-statunitense **Tetsuya Theodore Fujita** (1920 – 1998), sono nubi e basse e lunghe e arcuate che si sviluppano in senso orizzontale alla base di un temporale, segnatamente sul lato anteriore (ovvero nel lato avanzante); queste nubi si formano davanti al *downdraft*, cioè la

corrente di aria fredda che scende dall'alto verso il basso, all'interno del temporale.

Le nubi a mensola si presentano, pertanto, sul bordo del temporale e precedono di pochi istanti l'arrivo o della pioggia o della grandine; si formano nel punto di contrasto tra ed *updraft* e *downdraft*, però ad innescare la sua formazione è l'aria e calda ed umida sollevata dal suolo dal *gust front*: quest'aria presente al suolo viene è sollevata sino a raggiungere i «1 000 m ÷ 1 500 m» di quota dove, a causa della temperatura più bassa, si **condensa** dando così origine a questa nube a mensola, che appare quasi come un muro di nubi.

Sul lato posteriore di queste nubi, quindi verso l'interno del temporale, raramente possono svilupparsi le Whale's Mouth.

#### Osservazioni

È possibile scambiare una *nube a mensola* per una *nube a muro* che, soprattutto se osservata da molto vicino, appare come un grosso muro di nubi basse. Tuttavia la nube a mensola compare sempre sul bordo avanzante del temporale mentre la nube a muro è posta sul retro. Le nubi a muro tendono ad allungarsi verso la zona delle precipitazioni, mentre le nubi a mensola si sporgono verso l'esterno dell'area temporalesca.

### Le whale's mouth

Le **Whale's Mouth** (letteralmente *Bocche di Balena*), sono nubi piuttosto rare specie in Italia dove siamo più abituati ad assistere alle classiche *nubi a mensola*; in effetti e le shelf e le Whale's sono collegate e possiamo dire che quest'ultime rappresentano un *accessorio* che si manifesta solo in determinate condizioni.

Le *Whale's Mouth* sono nubi accessorie che si manifestano nei temporali più violenti; si presentano dopo il passaggio del *gust front* (vedi pagina 44) del temporale e anche della shelf cloud.

Esse sono esattamente la *parte posteriore della shelf cloud* che è visibile solo in caso di altissima instabilità, durante i temporali più violenti.

Le whale's mouth sono ed irregolari e frastagliate, questo perché la condensazione dell'aria è molto disorganizzata a causa e dei fortissimi sbalzi termici e degli intensi moti ascensionali.

Sono accompagnate spesso e da intense grandinate e da repentini cali della temperatura (anche di oltre «10 °C» in pochi minuti); subito dopo il transito di queste rare nubi solitamente il tempo inizia a migliorare, a meno che non ci troviamo davanti ad una supercella tornadica che può benissimo sorprenderci con un tornado come ultimo fenomeno.



## Cupola di nebbia

### Trattezione

La **cupola di nebbia** o **Cupola di nubi** è uno strano *oggetto vaporoso*; tra le teorie più interessanti a suo riguardo, vi è quella che l'associa ad un fenomeno noto in meteorologia col nome di *inversione*; ovvero quando l'aria calda, spinta innanzi dall'energia del vento, si ritrova sopra un'area comparativamente più fredda, invertendo il naturale gradiente della temperatura atmosferica terrestre.

Una situazione che può generarsi spontaneamente ogni notte, o in determinate zone della Terra prossime al Circolo Polare Artico, oppure per compressione adiabatica altrove, a seguito del fenomeno noto come anticiclone.

Una situazione in cui la naturale convezione atmosferica si blocca, causando una temporanea immobilità dei normali processi di ricircolo dell'atmosfera, il che crea un gradiente facilmente visibile ad occhio nudo.

La foto qui a destra arriva dal **Galles**, e più precisamente dalla località di **Tremeirchion**, un piccolo paesino della contea di **Denbigshire**.

A quanto pare, durante l'irrigazione dei terreni in una azienda agricola del posto, si è formata una strana e spettrale *Cupola di nebbia*.

L'ipotesi più probabile è che il rilascio dei getti di acqua utilizzati per irrigare, con temperatura più calda rispetto alla temperatura esterna «-4°C», hanno dato vita ad un incredibile fenomeno di condensazione dell'umidità generato soprattutto dai valori freddissimi che si sono registrati, portando così alla formazione di questa straordinaria cupola.



## Il cloud seeding

### Premessa

Il **Cloud seeding**, noto anche come **inseminazione delle nuvole**, è una tecnica di modificazione meteorologica che mira ad influenzare i processi atmosferici stimolando artificialmente l'interno delle nuvole, attraverso la dispersione nelle nubi di sostanze chimiche sia per aumentare la piovosità in zone aride sia per ridurre le precipitazioni sia o prevenire o mitigare la grandine in fronti temporaleschi sia dissipare le nebbie.

Questa tecnologia è utilizzata in tutto il mondo per vari scopi mirati a modificare il clima, tra cui e la gestione delle risorse idriche e la prevenzione dei disastri naturali ed il miglioramento delle condizioni meteorologiche.

### Trattazione

Il principio dell'inseminazione delle nuvole fu scoperto dal e chimico e meteorologo statunitense **Vincent Joseph Schaefer** (1906 – 1993) nel «luglio 1946» attraverso una serie di eventi fortuiti, durante una scalata sul Monte Washington, nello Stato di New York.

Mentre stava conducendo esperimenti allo **Schenectady Lab.**, notò che l'aria non si era raffreddata abbastanza; decise, pertanto, di innescare il processo usando ghiaccio secco per abbassare la temperatura, ed in effetti si ebbe la formazione di milioni di microcristalli.

L'esperimento fu facilmente replicato, ed egli stabilì anche in «-40 °C» il limite di temperatura per la formazione di ghiaccio.

Contemporaneamente il noto climatologo **Bernard Vonnegut**, collega di *Schaefer*, ideò un differente metodo di inseminazione usando ed *iodio* ed *argento* per produrre *ioduro d'argento*; mentre *Schaefer* alterava la temperatura all'interno della nuvola, *Vonnegut* ne alterava la struttura cristallina sfruttando la proprietà detta **parametro di rete tra due tipi di cristallo**.

Il **cloud seeding** funziona, come detto, attraverso l'*introduzione di particelle microscopiche* come o *ioduro d'argento* o *cloruro di sodio* (sale) o ghiaccio secco (o diossido di carbonio o biossido di carbonio od anidride carbonica congelata «CO<sub>2</sub>»), nelle nuvole; sono inoltre usati, per produrre cristalli, espansioni di *propano liquido*.

Affinché si formi ghiaccio è necessario che la nuvola contenga acqua sovrassatura allo stato liquido, ovvero a una temperatura inferiore ai «0 °C»; l'introduzione di una sostanza come lo ioduro d'argento, che ha una struttura cristallina simile al ghiaccio, induce una reazione di congelamento del vapore acqueo per **nucleazione eterogenea**.

Anche l'espansione o di propano o di ghiaccio secco raffredda l'aria abbastanza da far nucleare spontaneamente i cristalli di ghiaccio dallo stato gassoso, ma a differenza dell'inseminazione con ioduro d'argento, questa nucleazione non richiede particelle d'acqua preesistenti, dal momento che produce una quantità di vapore estremamente alta, vicino al livello di saturazione.

Le goccioline d'acqua esistenti siano comunque necessarie per aggregare i cristalli di ghiaccio in particelle di dimensione sufficienti a dare origine alle precipitazioni.

Queste particelle agiscono come nuclei di condensazione, attorno ai quali o le gocce di acqua o i cristalli di ghiaccio possono formarsi più facilmente; ci sono diversi metodi per disperdere queste particelle nelle nuvole:

Le sostanze possono essere disperse per mezzo di:

- a) **aerei**, o iniettate direttamente nelle nuvole volando attraverso di esse o lasciate cadere al di sopra di esse, rilasciando le particelle attraverso appositi dispositivi.
- b) **altri mezzi**: veicolate dentro le nuvole tramite uso o di razzi o di proiettili per cannoni antiaerei contenenti le particelle.
- c) **generatori a Terra**, che rilasciano le particelle nell'atmosfera, disperdendole al di sotto delle nuvole affinché siano trasportate al loro interno dalle correnti ascensionali.

Il primo tentativo di alterare la struttura delle nuvole attraverso le tecniche di "**cloud seeding**" si svolse durante un volo nel novembre dello stesso anno nello Stato di New York, quando **Schaefer** riuscì a stimolare una precipitazione nevosa presso il monte Greylock, nel Massachusetts orientale. In seguito inseminò una nube con circa 2 kg di ghiaccio secco da una distanza di «96» km dall'aeroporto della contea di Schenectady.

In un documento di ricerca prodotto dalla **United States Air Force** scritto nel 1996, si parla del futuro uso di nanotecnologie per produrre **meteo artificiale**, *nuvole di particelle microscopiche computerizzate tutte comunicanti tra loro per formare una nebbia intelligente, che potrebbe essere utilizzato per vari scopi*.

### Curiosità

La cosiddetta **guerra meteorologica** consiste nell'uso di tecniche di modificazione del tempo atmosferico, come l'inseminazione delle nubi, per scopi militari.

## *Classificazione delle nubi per: specie, varietà, particolarità supplementari, nubi accessorie, nubi generatrici.*

### **Premessa**

Appurato che, ai fini della previsione meteorologica, la classificazione delle nubi, nei soli generi, non è sufficiente a rivelare l'entità di alcuni importanti parametri quali e l'umidità specifica in quota e le inversioni termiche e la turbolenza e . . ., si è provveduto a suddividere la maggior parte dei generi ed in *specie* ed in *varietà*; in particolare, una nube appartenente ad un genere può essere qualificata con una sola specie, mentre quest'ultima può essere caratterizzata o da una o più varietà.

Anche in questo caso il riconoscimento comporta, per l'osservatore, il possesso di una notevole esperienza che può essere acquisita solo e con l'assidua consultazione di pubblicazioni specializzate, quali: e l'**Atlante operativo delle nubi sul mare**, edito dall'**Istituto Idrografico della Marina Militare** e L'**Atlante delle Nubi**, edito dalla **Società Meteorologica Italiana**, e con un'attenta osservazione delle varie conformazioni di nubi.

E' possibile in tal modo poter procedere anche all'individuazione e delle particolarità supplementari, collegate a molte nubi, e delle nubi accessorie, rivelatrici queste ultime della fase di massimo sviluppo di un dato genere.

Dal punto di vista della previsione è inoltre molto utile riconoscere se una nube deriva o meno dalla trasformazione subita da un'altra nube, chiamata *generatrice*, la cui avvenuta formazione può essere spesso un indice rivelatore delle condizioni meteorologiche in atto sulla zona.

I casi più frequenti e di *specie* e di *varietà* e di *particolarità supplementari* e di *nubi accessorie* e di *nubi generatrici* sono elencati, *latine* (in latino), nella sottostante Tabella.

### **Specie principali**

#### **Calvus**

La specie **calvus** (ca) comprende il **cumulonimbus calvus** (Cb ca), una nube la cui sommità sta perdendo i propri contorni cumuliformi ed è in grado di produrre precipitazioni; moderatamente alta non ha ancora raggiunto la tropopausa, cioè l'altezza di stabilità stratosferica a cui evolve o in **cumulonimbus capillatus** o in **cumulonimbus incus**; si sviluppa a partire dal un Cumulus congestus ed, in condizioni opportune, possono ulteriormente evolvere in **Cumulonimbus incus**.

#### **Capillatus**

-La specie **capillatus** (cap) comprende il **cumulonimbus capillatus** (Cb cap), una nube la cui sommità ha ormai acquisito una struttura fibrosa e generato un insieme di Cirri che possono essere disposti od a pennacchio o ad incudine.

#### **Castellanus**

La specie **castellanus** (cas) comprende una serie di nubi caratterizzate da protuberanze cumuliformi che ricordano delle torri, più o meno elevate, che s'innalzano, connesse fra loro in linee più o meno regolari, da uno o più punti della superficie superiore delle nubi stesse.

#### **Congestus**

La specie **congestus** (con) comprende il **cumulus congestus** (Cu con) è una nube a grande sviluppo verticale; può raggiungere i «6 km» di altezza ed è caratterizzata dall'aspetto simile od alla panna montata od alla superficie di un cavolfiore.

#### **Fibratus**

La specie **fibratus** (fib) si applica ed ai **cirrus** ed ai **cirrostratus**, ogni qualvolta tali nubi si presentano in sottili filamenti bianchi separati che mantengono un andamento o lineare o leggermente curvo e che non terminano con o ciuffi o fiocchi o ganci (uncini); quest'ultima caratteristica li distingue dai *Cirrus uncinus*.

Qualora i filamenti siano ben distanti tra loro, disposti e parallelamente e apparentemente convergenti verso un punto dell'orizzonte, la nube si presenta nella varietà cosiddetta *radiatus*: **cirrus fibratus radiatus** (Ci fib ra), **cirrostratus fibratus radiatus** (Cs fib ra).

#### **Floccus**

La specie **floccus** (flo) caratterizza ed i **cirrus floccus** (Ci flo) ed i **cirrocumulus floccus** (Cc flo) e gli **altocumulus floccus** (Ac flo) quando assumono l'aspetto di piccoli fiocchi (da cui la designazione *floccus*) con la sommità arrotondata e la base frastagliata.

I fiocchi possono presentare un'orlatura di colore chiaro mentre, dirigendosi verso il centro, il colore tende a virare verso il grigio; possono, inoltre, avere come caratteristica

accessoria la formazione di *virghe* (vedi **Virga** in **Particolarità supplementari più comuni** a pagina 134).

### **Fractus**

La specie **fractus** (fra) comprende e i ***cumulus fractus*** (Cu fra) e gli ***stratus fractus*** (St fra) quando si presentano in elementi e piccoli e sfrangiati.

In assenza di pioggia sono definiti o cumuli o Strati sfrangiati non di cattivo tempo; se, per contro la loro formazione è accompagnata da precipitazioni, vengono chiamati o cumuli o Strati sfrangiati di cattivo tempo.

Per tali nubi sussistono anche le denominazioni (non internazionali) di e ***fractocumuli*** e ***fractostrati***.

### **Humilis**

La specie ***humilis*** comprende i ***cumulus humilis*** che è la più piccola nube cumuliforme dai contorni netti ed una colorazione o bianca o al più grigiastra; ha una base appiattita più scura, posta nei bassi strati atmosferici, ed ha uno scarso sviluppo verticale.

Alcuni scienziati tedeschi di Kiel hanno dimostrato che le nubi *Cumulus humilis* possono rendere i raggi **UV** molto più pericolosi.

### **Incus**

La specie ***incus*** (inc) comprendono nubi ***cumulonimbus incus*** che hanno raggiunto il livello di stabilità stratosferica e terminano superiormente con la caratteristica forma piatta a incudine

### **Lenticularis**

La specie ***lenticularis*** (len) comprende ed i ***cirrocumulus lenticularis*** (Cc len) ed gli ***altocumulus lenticularis*** (Ac len) ed gli ***stratocumulus lenticularis*** (Sc len) caratterizzati da una tipica forma dall'aspetto o di lenti o di mandorle; queste nubi sono spesso associate alla formazione di un'onda orografica (mountain wave), fenomeno che può risultare molto pericoloso per il volo.

### **Mediocris**

La specie ***mediocris*** comprende il ***cumulus mediocris***, a moderato sviluppo verticale, che rappresenta l'evoluzione del ***cumulus humilis***, con cui condivide e genesi e struttura.

### **Nebulosus**

La specie ***nebulosus*** (neb) comprende e gli ***stratus nebulosus*** (St neb) e i ***cirrostratus nebulosus*** (Cs neb); queste nubi appaiono come una distesa e continua ed amorfa o di veli nebulosi indistinti o stratificazioni di nubi del genere strato, ma prive e di strutture e caratteristiche distintive.

### **Spissatus**

La specie ***spissatus*** (spi) è una delle specie in cui si possono presentare i *Cirri*; i ***cirrus spissatus*** (Ci spi) sono fra le nubi più alte (possono spingersi anche fino alla bassa stratosfera) e sono caratterizzate da un aspetto o filamentoso o simile a ciocche di cristalli di ghiaccio; generalmente bianche possono talvolta apparire grigiastre quando sono e dense e viste controluce.

Non sono associate a precipitazioni al suolo, mentre possono essere associate a fenomeni ottici.

La specie ***castellanus*** comprende i seguenti quattro generi di nube: ***cirrus castellanus*** (Ci cas), ***cirrocumulus castellanus*** (Cc cas), ***altocumuli castellanus*** (Ac cas), ***stratocumulus castellanus*** (Sc cas),

### **Stratiformis**

La specie ***stratiformis*** (str) caratterizza nubi sviluppate per lo più orizzontalmente, nella forma o di sottili veli ad alta quota o di e bassi e densi cuscini estesi per centinaia di chilometri; si formano in seguito alla condensazione del vapor d'acqua per effetto o di deboli correnti ascendenti o per raffreddamento isobarico di uno strato d'aria al di sotto del punto di saturazione (nebbie) o per avvezione di aria calda al di sopra di uno strato d'aria fredda (fronte caldo).

La specie ***stratiformis*** comprende i seguenti tre generi di nube: ***cirrocumulus stratiformis*** (Cc str), ***altocumulus stratiformis*** (Ac str), ***stratocumulus stratiformis*** (Sc str), che, pur mantenendo la loro origine ondulatoria, si presentano in distese orizzontali di grande estensione.

### **Uncinus**

La specie ***uncinus*** (unc) è una delle specie in cui si possono presentare i *Cirri* in cui la parte terminale ha la caratteristica forma a *virgola* (uncino) che deriva dalla nucleazione delle particelle di ghiaccio che danno luogo alla lunga scia di cristalli di ghiaccio.

I ***cirrus uncinus*** (Ci unc) si formano generalmente ad altitudini superiori ai «7 000 m»

ad una temperatura di «-40 °C ÷ -50 °C» ed indicano l'approssimarsi o di un fronte caldo o di un fronte occluso; la loro comparsa è segno di una probabile precipitazione, per lo più piovosa.

### **Varietà principali**

#### **Intortus**

La varietà **intortus** comprende i **cirrus intortus** che hanno l'aspetto di ciocche intreciate fra loro in modo casuale e non ordinato; i filamenti sono spesso curvati in modo piuttosto irregolare.

#### **Radiatus**

La varietà **radiatus** (ra) comprende i **cirrus radiatus** (Ci ra), gli **altocumulus radiatus** (Ac ra), gli **altostratus radiatus** (As ra), gli **stratocumulus radiatus** (Sc ra) e i **cumulus radiatus** (Cu ra); quando sono disposti in bande parallele, può verificarsi un caso per cui le bande stesse sembrano convergere verso un punto dell'orizzonte o, nel caso in cui le bande attraversino interamente il cielo, verso due punti opposti dell'orizzonte chiamati *punti di radiazione*.

#### **Lacunosus**

La varietà **lacunosus** (la) comprende e i **cirrocumulus lacunosus** (Ci la) o gli **altocumulus lacunosus** (Ac la) e, molto raramente, gli **stratocumulus lacunosus** (Sc la); nubi suddivise tra loro o da interstizi o da spazi vuoti tondeggianti che le fanno somigliare o ad una rete o ad un nido d'ape.

#### **Duplicatus**

La varietà **duplicatus** (du) comprende e i **cirrus duplicatus** (Ci du) e i **cirrostratus duplicatus** (Cs du) e gli **altocumulus duplicatus** (Ac du) e gli **altostratus duplicatus** (As du) ed i **stratocumulus duplicatus** (Sc du), ed indica la situazione in cui le coltri nuvolose sono disposte o in due o più banchi (o strati) sovrapposti, o leggermente separati tra loro o parzialmente uniti.

#### **Opacus**

La varietà **opacus** (op) indica le nubi che si presentano o in grandi banchi o in strati ed indicano la situazione in cui le coltri nuvolose sono sufficientemente e spesse ed opache da riuscire a nascondere o il Sole o la Luna.

#### **Perlucidus**

La varietà **perlucidus** (pe) indica la situazione in cui le coltri nuvolose presentano degli interstizi chiaramente delineati, anche se a volte possono essere di dimensioni piuttosto ridotte, attraverso i quali è possibile vedere direttamente od il Sole o la Luna o l'azzurro del cielo o altre nubi situate a quote più alte.

#### **Translucidus**

La varietà **translucidus** (tr) comprende e gli **altocumulus translucidus** (Ac tr) e gli **altostratus translucidus** (As tr) e gli **stratocumulus translucidus** (Sc tr) e gli **stratus translucidus** (St tr), ed indica la situazione in cui lo spessore delle coltri nuvolose è sufficientemente sottile da lasciar distinguere la posizione o del il Sole o della Luna.

#### **Undulatus**

La varietà **undulatus** (un) comprende e i **cirrocumulus undulatus** (Ci un) e gli **altocumulus undulatus** (Ac un) e gli **stratocumulus undulatus** (Sc un); a volte è riscontrabile anche in alcune parti e dei **cirrostratus undulatus** (Cs un) e degli **altostratus undulatus** (As un) e degli **strati undulatus** (St un), ed indica le nubi che si presentano o in grandi banchi o in strati ed indica la situazione in cui sono presenti od uno o due sistemi di ondulazioni.

I singoli strati nuvolosi possono essere o di forma circolare o allungati nella direzione dell'ondulazione.

#### **Vertebratus**

La varietà **vertebratus** (ve) comprende esclusivamente il genere **cirrus** ed è una tipologia di nubi i cui suoi elementi si presentano disposti o come le costole in una colonna vertebrale o a spina di pesce.

### **Particolarità supplementari più comuni**

#### **Incus**

Col termine **incus** (inc), che significa *incudine*, si indica la forma (ad incudine) assunta dalla parte superiore di un **cumulonimbus incus** (Cb inc).

#### **Virga**

Col termine **virga** si indicano precipitazioni che provengono dalla base di molte nubi, ma che non raggiungono il suolo; possono presentarsi al di sotto e dei **cirrocumulus** e degli

*altocumulus* e degli *altostratus* e dei *nimbostratus* e degli *stratocumulus* e dei *cumulus* e dei *cumulonimbus*.

### Nubi accessorie più comuni

#### Pileus

Il termine *pileus* designa una piccola nube accessoria di breve durata ed a sviluppo orizzontale ed a forma o di berretto o di cappuccio, che spesso ricopre la sommità e di un *cumulus pileus*, a grande sviluppo verticale, e di un *cumulonimbus pileus*.

Questa tipologia di nubi può provocare un tempo molto perturbato e l'apparire di un *pileus* va interpretato come il segnale e di un imminente temporale e di forti venti..

Un *pileus* può formarsi anche al di sopra o di una nube di cenere vulcanica o di un *pyrocumulus* generato da un'eruzione vulcanica.

#### Pannus

Il termine *pannus* designa delle nuvole accessorie, o più o meno sfilacciate che comprendono e gli *altostratus pannus* e gli *nimbostratus pannus* e gli *cumulus pannus* ed i *cumulonimbus pannus*; sono disposti, rispettivamente, o in serie o in distese continue, e formano una locale coltre nuvolosa presagio di cattivo tempo.

In ambito aeroportuale (METAR) il *pannus* è chiamato *scud*, acronimo di «*stratocumulus under deck*», ossia *stratocumulus frammentatus* al di sotto di una copertura nuvolosa principale.

### Riepilogando

Tipologie di nubi		
Mesosferiche	Nubi nottilucenti.	
Stratosferiche	Nubi madreperlacee.	
Troposferiche alte	Generi	Cirrus, Cirrocumulus, Cirrostratus.
	Specie	Cirrus fibratus, Cirrus castellanus, Cirrus floccus, Cirrus spissatus, Cirrus uncinus, Cirrocumulus castellatus, Cirrocumulus floccus, Cirrocumulus lenticularis, Cirrocumulus stratiformis, Cirrostratus fibratus, Cirrostratus nebulosus.
Troposferiche medie	Generi	Alto cumulus, Altostratus.
	Specie	Alto cumulus castellanus, Alto cumulus floccus, Alto cumulus lenticularis, Alto cumulus stratiformis, Alto cumulus volutus, Altostratus undulatus.
Troposferiche basse	Generi	Stratus, Stratocumulus
	Specie	Stratus fractus, Stratus nebulosus, Stratocumulus castellanus, Stratocumulus floccus, Stratocumulus lenticularis, Stratocumulus stratiformis, Stratocumulus volutus.
Troposferiche a sviluppo verticale	Generi	Cumulus, Cumulonimbus, Nimbostratus
	Specie	Cumulus castellanus, Cumulus congestus, Cumulus fractus, Cumulus humilis, Cumulonimbus incus, Cumulus mediocris, Cumulonimbus calvus, Cumulonimbus capillatus
Varietà	Duplicatus, Asperitas, Lacunosus, Opacus, Perlucidus, Radiatus, Translucidus, Vertebratus	
Caratteristiche supplementari E nubi accessorie	Arcus, asperitas, cauda, cavum, flammagenitus, fluctus, flumen, incus, mamma, murus, pannus, pileus, praecipitatio, tuba, velum, virga	

## Ancora sui venti

### Premessa

A causa e della sfericità della Terra e dell'inclinazione del suo asse di rotazione, le zone alle basse latitudini vengono maggiormente riscaldate rispetto a quelle situate alle latitudini più alte, poiché, a causa del maggiore angolo di incidenza, i raggi solari si distribuiscono ai poli su una superficie molto più estesa che all'equatore.

La differenza di riscaldamento fra le zone polari e le zone equatoriali produce una differenza di temperatura, che l'atmosfera tende a riequilibrare attraverso il movimento delle masse d'aria dall'Equatore verso i poli.

### Cella di Hadley

A causa del riscaldamento solare, all'Equatore si generano correnti ascendenti di aria calda, che salgono a quote elevate, ma sempre nella bassa troposfera, dove divergono e verso il Polo Nord e verso il Polo Sud, seguendo l'andamento dei meridiani.

Spostandosi verso i poli, le correnti d'aria si raffreddano sempre più, fino a che chiudono il ciclo della circolazione ritornando verso l'Equatore come correnti fredde; questa circolazione d'aria determina la formazione di una cella nota come **cella di Hadley**, così chiamata in onore dello scienziato che nel 1735 tentò di spiegare per la prima volta i fenomeni atmosferici su scala planetaria.

**George Hadley** (1685-1768), è stato un ed avvocato e meteorologo dilettante inglese.

Il moto di rotazione terrestre introduce nella circolazione *ideale* dell'aria ora descritta una significativa modifica, dovuta, inoltre, anche alla disomogenea distribuzione e dei continenti e degli oceani.

Sulle regioni equatoriali, a causa di correnti ascendenti verticali che si generano sulla regione maggiormente riscaldata del pianeta, si trova una zona di bassa pressione, nota anche come *calma equatoriale*, tanto temuta ai tempi della navigazione a vela, poiché la mancanza di venti poteva bloccare per lunghi periodi la navigazione.

A nord e a sud di questa zona spirano gli **alisei**, che si formano a causa del movimento di aria che si sposta dalla zona di alta pressione, presente al di sopra delle fasce subtropicali del «30°» parallelo, verso quelle di bassa pressione equatoriali.

A causa della *forza di Coriolis*, nell'emisfero boreale gli alisei deviano verso destra (alisei di nord-est), mentre nell'emisfero australe deviano verso sinistra (alisei di sud-est).

### Celle di Ferrel

Fra le latitudini di «25° N» e «35° N» e «25° S» e «35° S» si trovano zone di alta pressione che, invece di costituire fasce continue, si concentrano in celle anticicloniche poste sugli oceani.

Il movimento a spirale dell'aria divergente da queste due zone si dirige sia verso l'Equatore, generando gli alisei, sia verso i poli, generando i venti occidentali (o *controalisei*): quest'ultimi spirano tra le latitudini di «35° N» e «60° N» e «35° S» e «60° S», provenienti prevalentemente da sud-ovest nell'emisfero boreale e da nord-ovest nell'emisfero australe.

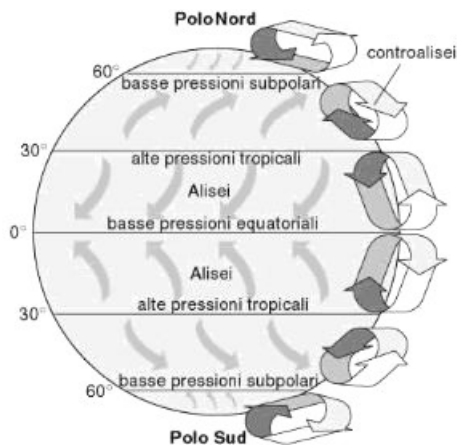
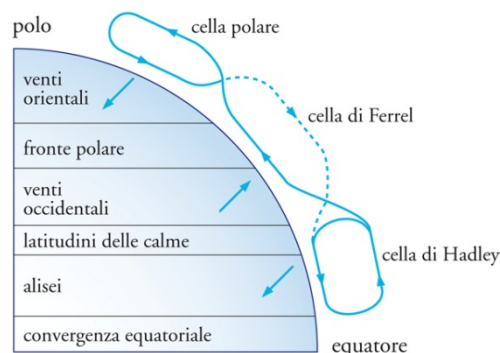
Le celle di Ferrel sono un tipo di circolazione atmosferica convettiva presente nelle zone comprese fra le latitudini di «30° N» e «60° N» e «30° S» e «60° S».

**William Ferrel** (1817 – 1891) è stato un meteorologo statunitense.

Mentre nell'emisfero nord le masse continentali causano interruzioni nella fascia dei venti occidentali, nell'emisfero sud la fascia è pressoché ininterrotta e i venti assumono persistenza e vigore.

### Celle polari

Le zone polari, ed artica ed antartica, sono caratterizzate da venti orientali (perché provenienti da est), **detti anche polari**, che si spostano dalle zone di alta pressione polare verso le fasce di bassa pressione subpolare; le **celle polari** sono un tipo di circolazione atmosferica convettiva presente nelle zone polari della Terra, fra le latitudini di «60° N» e



«90° N» e «60° S» e «90° S».

Qui l'aria fredda incontra la componente diretta verso nord del flusso atmosferico zonale della **cella di Ferrel**: fra le due celle si produce convergenza e ascesa di aria, generando zone a bassa pressione.

Nell'*alta troposfera*, mancando l'attrito esercitato da ostacoli presenti sulla superficie terrestre (per esempio, catene montuose), i venti si muovono a maggiore velocità, che tende ad aumentare con l'altezza; inoltre, la situazione relativa alla pressione è invertita rispetto al suolo (alta pressione sulla zona equatoriale e bassa pressione sulle zone polari): quindi, le masse d'aria si spostano dall'Equatore verso i poli e, deviate a causa della rotazione terrestre, generano delle *correnti occidentali*, che si spostano verso est seguendo l'andamento dei paralleli.

Alle medie latitudini, le correnti occidentali spirano a velocità molto elevate (250 km/h ÷ 500 km/h), tanto da essere chiamate **correnti a getto**; esse sono paragonabili a *fiumi di aria* molto ampi (fino a 500 km) e poco profondi (alcuni chilometri), che talvolta circondano come un'unica fascia l'intero globo (vedi *Correnti a getto*, a pagina 119).

## Ancora sulla pioggia

### Formazione delle nubi

Una **nube** è una massa visibile composta o di piccole goccioline o di cristalli di ghiaccio, sospesi nell'atmosfera sopra la superficie terrestre grazie a correnti ascensionali.

La loro formazione avviene per condensazione di vapore acqueo all'interno e del vasto e continuo ciclo dell'acqua, mentre la loro dissoluzione avviene mediante il processo di evaporazione.

Le nubi sono generate dalla condensazione del vapor d'acqua, prodotto dall'evaporazione dell'acqua presente sulla superficie terrestre (contenuta e nei mari e nei laghi e nei fiumi e nei . . .) a causa del riscaldamento solare; il fenomeno, alquanto complesso, si può semplificare come segue:

La temperatura della superficie terrestre aumenta a causa dell'irraggiamento solare e, per conduzione termica, il suolo scalda anche l'aria a suo diretto contatto. l'aria calda, più leggera di quella circostante relativamente fredda, si solleva e generando una corrente ascensionale e portando con sé l'umidità in essa contenuta.

Salendo, l'aria si raffredda *adiabaticamente*, raggiungendo il punto di saturazione del vapore, il quale, pertanto, si trasforma in minuscole goccioline di nube, del diametro medio di «0,01 mm = 10 µm» che, a causa della loro leggerezza, restano sospese nell'aria, formando appunto le nubi; se la temperatura è particolarmente bassa, le goccioline di nube si trasformano in microscopici cristalli di ghiaccio.

#### Precisazioni

Il **raffreddamento adiabatico** o **raffreddamento evaporativo**, è la trasformazione fisica delle variabili macroscopiche di un sistema termodinamico (e pressione e temperatura e volume) da uno stato fisico ad un altro senza scambi di calore con l'ambiente circostante al sistema; se la massa d'aria ascendente, per effetto della turbolenza, non si mescola subito con l'aria ambiente, essa scambia pochissimo calore con il mezzo circostante a causa della cattiva conducibilità termica dell'aria.

Negli strati bassi dell'atmosfera sia il raffreddamento adiabatico sia il riscaldamento adiabatico, dovuti o alla salita o alla discesa di una massa d'aria, hanno un gradiente adiabatico secco di «9,76 °C/km» di altezza, se non interviene alcun fenomeno o di condensazione o d'evaporazione.

### Raffreddamento dell'aria

Più dettagliatamente, il **raffreddamento dell'aria** può avvenire per le seguenti ragioni.

- Lungo un fronte meteorologico, o caldo o freddo; in questo caso l'aria fredda, più densa, scorre sotto l'aria calda, con la conseguente formazione di ammassi nuvolosi.
- Quando l'aria soffia lungo il versante di una montagna e si raffredda progressivamente mentre sale verso gli strati più alti dell'atmosfera.
- Per convezione, quando una massa d'aria calda si solleva a causa del riscaldamento; il riscaldamento è di solito dovuto all'irraggiamento solare, ma può essere anche causato da incendi.
- Quando l'aria calda giunge a contatto con una superficie più fredda, come uno specchio d'acqua fredda.

L'acqua in una nuvola tipica può avere una massa fino a parecchi milioni di tonnellate. comunque, il volume di una nuvola è anch'esso molto grande e la densità dell'aria relativamente calda che trattiene le goccioline d'acqua è più bassa di quelle sottostante, per cui l'aria scorre al di sotto di essa ed è capace di tenerla in sospensione.

Le condizioni all'interno di una nuvola non sono comunque stabili: le goccioline, che hanno un raggio dell'ordine di «10 µm» e si formano ed evaporano in continuazione.

Le goccioline si formano principalmente quando una particella di pulviscolo agisce da nucleo di condensazione; quando si ha una condizione di supersaturazione vicina al «400%» le goccioline d'acqua stesse possono agire da nuclei di condensazione, ma si tratta di una condizione relativamente rara.

Quando si formano agglomerati di miliardi di queste minute goccioline, la nube diviene visibile, apparendo di un tipico colore bianco dovuto all'elevata capacità di riflessione della luce «60% ÷ 85%» della superficie di queste goccioline.

Il processo di crescita delle gocce d'acqua in condizioni di saturazione è descritto matematicamente dalla *formula del guadagno di Mason*, dal nome dell'ingegnere elettronico newyorchese **Samuel Jefferson Mason** (1921–1974) che l'ha derivata.

Finché le correnti d'aria nella nuvola e quelle che scorrono sotto riescono a mantenere in sospensione le goccioline, esse continueranno a ingrandirsi; raggiunta la sommità della nuvola, dove le correnti ascendenti divergono, le goccioline ricadono verso il basso a causa

della forza di gravità e poi vengono nuovamente portate verso l'alto, creando continui saliscendi, che fanno ulteriormente incrementare le dimensioni delle goccioline di nube.

Quando quest'ultime raggiungono dimensioni di circa «200  $\mu\text{m}$ », le correnti ascensionali non possono più sostenerle e, pertanto, cadono verso il suolo prendendo il nome di goccioline di pioggia; una *gocciolina di pioggia* contiene un milione di volte più acqua di una *gocciolina di nube*.

#### Curiosità

Il **ghiaccio bollente**, oltre ad essere un *termine colloquiale* usato per descrivere il ghiaccio secco, è il nome dato al fenomeno controverso nel quale l'acqua si potrebbe trasformare in ghiaccio, a temperatura ambiente, grazie ad un campo elettrico dell'ordine di (1 000 000  $\text{V/m}$ ); l'effetto di questo campo elettrico è stato suggerito come un'ipotesi per la formazione delle nuvole, generando tuttavia non poche perplessità e per questo tale ipotesi non è largamente accettata.

#### Precisazioni

Con il termine **ghiaccio secco** si indica l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) allo stato solido, che si ottiene quando la temperatura raggiunge i «-78 °C» a pressione atmosferica.

Viene definito **secco** perché in condizioni di pressione standard, l'anidride carbonica passa dallo stato solido a quello gassoso per sublimazione, ovvero senza passare per lo stato liquido.

### La nuvolosità

La **nuvolosità** del cielo è misurabile in «okta», con una scala che va da «0» a «9»; ogni grado è identificabile con un colore:

okta	(blu chiaro)	nessuna nuvola in cielo
okta	(giallo)	nuvole rare e sparse
okta	(magenta)	nuvole sparse
okta	(verde chiaro)	nuvole sparse che hanno tendenza a raggrupparsi e accumularsi
okta	(argento)	metà del cielo è coperta da nuvole
okta	(blu-nero)	la maggior parte del cielo è coperta da nuvole
okta	(marrone)	cielo generalmente coperto
okta	(grigio)	cielo coperto con rare schiarite
okta	(viola)	cielo totalmente coperto
okta	(rosso)	cielo completamente invisibile (a causa di nebbia o neve)

### Formazione della pioggia

La **formazione della pioggia** può avvenire tramite due differenti principi:

Il **processo Wegener-Bergeron-Findelsen**, responsabile della maggior quantità delle precipitazioni alle medie latitudini; consiste in un processo di crescita dei minutissimi cristalli di ghiaccio che avviene nelle nubi a fase mista, che contengono una miscela di acqua e di ghiaccio *super-raffreddati*, nelle regioni in cui la tensione di vapore ambiente resta fra e la *tensione di vapore di saturazione sull'acqua* e la *tensione di vapore di saturazione sul ghiaccio*; quest'ultima inferiore alla precedente.

Questo è un ambiente *sub-saturato* per l'acqua liquida, ma un ambiente *sopra-saturo* per il ghiaccio, con conseguente e rapida evaporazione dell'acqua liquida e rapido accrescimento dei cristalli di ghiaccio attraverso la *deposizione* di vapore; il processo che permette l'accrescimento dei cristalli di ghiaccio per collisione con le goccioline d'acqua di nube si chiama *accrezione*.

Questi cristalli, sufficientemente pesanti da cadere dalla nuvola, prima di giungere al suolo, possono incontrare strati d'aria a temperatura superiore ai «0 °C» e possono, pertanto, sciogliersi, mentre cadono, trasformandosi in pioggia.

Il processo avviene nelle nubi che hanno una temperatura sommità inferiore a «-15 °C» (258,15 K).

#### Precisazioni

La **tensione di vapore** o la **pressione di vapore** è definita come la pressione esercitata da un vapore, in equilibrio termodinamico con le sue fasi condensate: liquida, solida, ad una data temperatura in un sistema chiuso.

Chi dice che il sole porta la felicità non ha mai ballato sotto la pioggia.  
(Anonimo)

Il **processo di coalescenza**, più comune nelle zone tropicali, avviene in nubi più calde; risulta dalla collisione tra le goccioline d'acqua più piccole, che si spostano più velocemente nella turbolenza dell'aria, con quelle più grandi, che si spostano più lentamente con traietto-

rie differenti.

Il tal modo, le goccioline piccole con le goccioline più grosse e si scontrano e si fondono e si ingrandiscono finendo per cadere sotto forma di pioggia; il processo risulta efficace soprattutto quando la nuvola ha un'elevata densità.

Le precipitazioni a carattere di rovescio sono generate da nubi denominate tecnicamente **nubi convettive da precipitazione**, i cumulonimbus; i più imponenti possono raggiungere i «12 km» d'altezza e i «16 km» di larghezza.

Le violente correnti, sia ascendenti sia discendenti, presenti all'interno di queste nubi trasportano alternativamente, e verso l'alto e verso il basso, i cristalli di ghiaccio, entro strati di diversa temperatura, generando i chicchi di **grandine**.

### Le precipitazioni (le gocce d'acqua)

La forma di una **goccia d'acqua**, in assenza di altre forze esterne che potrebbero agire su di essa modificandola, è perfettamente *sferica*; su una goccia di pioggia, per contro, cadendo quest'ultima da grandi altezze, agiscono proprio le *forze esterne*: in particolare, la forza di gravità contrastata dalla resistenza dall'aria.

Maggiore è la dimensione di una goccia di pioggia, più la sua forma differisce da quella di una sfera; le gocce più piccole, quelle con un diametro inferiore a «1 mm» hanno una forma quasi sferica, le gocce con un diametro che va da «1 mm ÷ 3 mm», quelle cioè più diffuse, hanno una forma diversa sia dalla sfera che dalla classica *lacrima*.

Quest'ultime si presentano con una *forma elissoidale*, quasi fossero piccole ciambelle o pagnotte, e con la parte rivolta verso il terreno pressoché piatta; nel loro tragitto, dalla nube verso il suolo, le gocce di pioggia si gonfiano e tendono ad appiattirsi.

Per quanto riguarda la loro *velocità*, se non ci fosse l'atmosfera (nel vuoto) una goccia di pioggia che cade da «1 000 m» di altezza dovrebbe, in teoria, raggiungere il suolo a una velocità di «504 km/h»; grazie, per contro, all'attrito con l'aria, che riesce ad equilibrare perfettamente la *forza peso* della goccia, dopo aver percorso un breve tratto in accelerazione le gocce di pioggia assumono una *velocità limite* o *velocità asintotica*, che dipende dalla grandezza della goccia di pioggia, pressoché costante.

Una precipitazione classificata come *debole*, nella quale le gocce hanno un diametro di circa «450 µm», la velocità di caduta al suolo è di circa «7,2 km/h», con una precipitazione classificata come *moderata*, con gocce del diametro di «1 mm», la velocità di caduta è di «14,4 km/h»; con pioggia *forte*, con gocce del diametro di «1,5 mm», la velocità di caduta è di «18 km/h».

Negli *acquazzoni*, con gocce del diametro di «2 mm», quest'ultime hanno una velocità di circa «21,6 km/h», nei *nubifragi*, con gocce del diametro di «3 mm», presentano una velocità di circa «28,8 km/h».

#### Precisazioni

Il moto di una goccia di pioggia in aria non rientra nel modello di caduta libera enunciato dalla **Legge di Stokes** dal nome del fisico e matematico irlandese **George Gabriel Stokes** (1819 – 1903).

Considerando una goccia del diametro di «3 mm», si avrebbe:

$$V_L = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2}{\eta} \cdot g \cdot (\rho_{\text{acqua}} - \rho_{\text{aria}}) = \frac{2}{9} \cdot \frac{0,0015^2}{1,71 \cdot 10^{-5}} \cdot 9,81 \cdot (998 - 1,29) \approx 285,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} (\approx 1\,029 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1})$$

**In cui:**  $V_L$  = velocità limite –  $r$  = raggio della goccia espresso in metri –  $\eta_{\text{aria}}$  = viscosità dinamica dell'aria a «273,15 K» espressa in  $\text{Pa} \cdot \text{s}$  –  $g$  = accelerazione di gravità espressa in  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$  –  $\rho_{\text{goccia}}$  = massa volumica dell'acqua espressa in  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  –  $\rho_{\text{aria}}$  = massa volumica dell'aria espressa in  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Per oggetti che si muovono in un fluido ad alte velocità, l'approssimazione lineare non fornisce però una rappresentazione adeguata del moto, per cui si deve considerare una dipendenza quadratica della forza dalla velocità; il moto è definito, in questo caso: o vorticoso o turbolento.

Utilizzando, per contro, la formula seguente, si avrebbe.

$$V_L = \sqrt{\frac{8}{3} \cdot \frac{r}{C_{\text{aria}}} \cdot \frac{\rho_{\text{goccia}}}{\rho_{\text{aria}}} \cdot g} = \sqrt{\frac{8}{3} \cdot \frac{0,0015}{0,5} \cdot \frac{999}{1,29} \cdot 9,81} = 7,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} (\approx 28,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1})$$

**In cui:**  $V_L$  = velocità limite –  $C_{\text{aria}}$  = Coefficiente di trascinamento – noti gli altri parametri

In ottimo accordo con l'esperienza.

La forma e la dimensione di una goccia di pioggia rappresentano dei parametri per distinguere le precipitazioni piovose (gli altri elementi distintivi sono e la visibilità, associata alle gocce stesse, ed il tipo di nubi che genera la precipitazione).

In particolare, la pioviggine (pioggia più debole) è formata da gocce molto piccole e fitte e ha origine in nubi basse dette *strati*, la pioggia vera e propria ha gocce del diametro di «0,5 mm ÷ 6 mm» che nascono da nubi più spesse, o dai *nembostratus* o dai *cumulonimbus*.

È interessante notare come, generalmente, molte gocce di pioggia, che cadono alle nostre latitudini, nascono come fiocchi di neve che poi, attraversando gli strati più caldi vicini al suolo, fondono, trasformandosi in acqua.

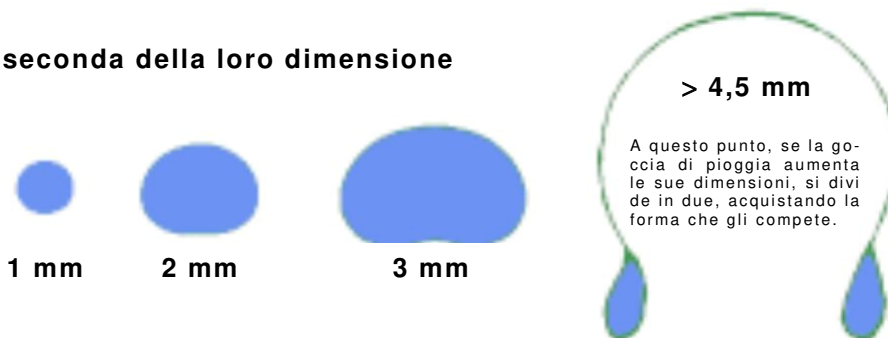
### Caratteristiche medie delle gocce di pioggia

Pioggia	Diametro della goccia mm	Velocità di caduta $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$
Acquerugiola	$0,006 \div 0,06$	$0,10 \div 20$
PiovigGINE	$0,06 \div 0,6$	$20 \div 100$
Pioggia continua	$1 \div 3$	$150 \div 400$
Acquazzone	$4 \div 6$	$500 \div 800$

Se esaminiamo il numero di gocce che cadono al suolo, possiamo affermare che, nel corso di un temporale e di media intensità e della durata di «30 minuti», cadono in media circa «600 miliardi  $\div$  1 300 miliardi» di gocce di pioggia; parliamo di una quantità o pari a circa «4  $\frac{\text{litri}}{\text{m}^2} \div$  6  $\frac{\text{litri}}{\text{m}^2}$ » o, parimenti, a circa «4 mm  $\div$  6 mm» di pioggia.

### La forma delle gocce di pioggia

#### A seconda della loro dimensione



La pioggia può essere provocata o con ghiaccio secco finemente polverizzato, che determina la cristallizzazione delle goccioline di nube e poi la loro *coalescenza* (il ghiaccio secco deve essere proiettato con un aereo) o bruciando ioduro d'argento; con questo secondo metodo, più economico, il gas, salendo nelle nubi, agisce come il ghiaccio secco.

#### Osservazioni

Un ruolo interessante, come apportatori di nuclei di condensazione, è giocato dai cirrus, che possono letteralmente inseminare con cristalli di ghiaccio altre nubi, e aumentando i nuclei di condensazione e favorendo la pioggia.

### Le precipitazioni (i chicchi di grandine)

La genesi della formazione dei chicchi di grandine, all'interno di un cumulonimbus è un poco complessa:

le piccole goccioline d'acqua sovrassature gelano istantaneamente intorno ai cristalli di ghiaccio presenti nella zona superiore più fredda della nube dando origine ai primi granuli, od anelli, di nevischio, o di ghiaccio vitreo, che presentano inclusioni d'aria.

nella zona inferiore più calda della nube, le gocce d'acqua più grandi gelano lentamente intorno ai granuli di ghiaccio, o già formatesi nella parte più alta e discendenti verso il basso, aggiungendovi un ulteriore strato chiaro.

I primi granuli, pertanto, muovendosi e verso l'alto e verso il basso all'interno della nube e coprendosi alternativamente di strati e di ghiaccio vitreo e di ghiaccio chiaro, formano il vero **chicco di grandine** che, ed ingrandendosi ed appesantendosi, alla fine precipita verso il suolo.

La grandine è uno dei fenomeni meteorologici più distruttivi; un chicco di grandine del diametro di «1 cm» può raggiungere la velocità di caduta di circa «180  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ».

#### Curiosità

Il chicco di grandine più grande conosciuto aveva un diametro di «19 cm», ma vi sono notizie, non confermate, della caduta di chicchi di grandine di dimensioni maggiori.

### La misura delle precipitazioni

Le precipitazioni atmosferiche, ed in particolare la pioggia, si misurano attraverso i pluviometri tarati in millimetri di colonna d'acqua; quest'ultimi corrispondono alla così detta altezza pluviometrica.

La misura in millimetri corrisponde alla così detta **altezza pluviometrica**; un millimetro di accumulo è pari come quantità ad *un litro caduto su una superficie di un metro quadrato* ( $\frac{\text{L}}{\text{m}^2}$ ).

#### Curiosità

Nel 1979, la 16° Conferenza generale dei pesi e delle misure (CGPM) ha deciso di utilizzare il simbolo «L» per evitare confusioni col numero «1».

Il **litro**, unità di misura del volume, non è un'unità del «SI», ma è tuttora accettata a titolo transitorio.

Dire, ad esempio, che la quantità di pioggia caduta in una certa località è di «10 mm», equivale a dire che, in quella determinata località, su ogni superficie di «1 m<sup>2</sup>» sono caduti «10 litri» di pioggia; se si posizionasse al suolo un contenitore, con una apertura di «1 m<sup>2</sup>», troverebbero, quindi, al suo interno «10 litri».

La misura così ottenuta è universale, e non devono, pertanto, essere forniti i dati di apertura dell'imboccatura del pluviometro che però deve seguire delle regole e per la sua progettazione e per il posizionamento.

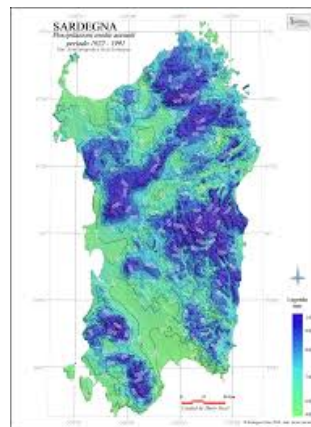
I pluviometri dovrebbero essere installati sempre in aree aperte (lontano da elementi od edifici od alberi o . . .) che possano fare da scudo alla pioggia, con la bocca ad «1,5 m» dal suolo; inoltre, non dovrebbero avere mai una imboccatura troppo piccola che potrebbe non raccogliere tutta l'acqua in caduta comportando un errore in difetto, specie in occasione di pioggia a vento (per questo che i pluviometri ufficiali hanno una imboccatura circolare standard di «36 cm» di diametro).

La neve e la grandine vengono misurate dopo il loro scioglimento nel contenitore; per la neve depositatasi al suolo da tempo, «10 cm» corrispondono a «25 mm» di pioggia, per la neve fresca «1 cm» di neve equivale ad «1 mm» di pioggia.

Questa maniera di misurare le precipitazioni permette facilmente di calcolare i volumi di pioggia caduti su estensioni areali più grandi; ad esempio, per calcolare la quantità d'acqua che alimenta un determinato bacino idrografico, basterà conoscere i dati medi di pioggia caduta in un anno (in millimetri) su quel bacino e l'estensione areale che esso ha; moltiplicando i due valori si ottengono i metri cubi di acqua caduti.

Si tratta di un calcolo utilizzato anche dagli idrogeologi per calcolare la ricarica delle falde utile anche per prevenire piene.

Una volta conosciuta l'altezza di pioggia caduta in varie parti del territorio, possono essere costruite le carte di precipitazione, dove vengono tracciate le **isiete** che indicano aree dove è caduta una uguale quantità di pioggia; questo permette una visione di insieme del territorio, e in poco tempo permette di capire in quali aree potrebbero esserci state criticità per piogge molto abbondanti.



#### Osservazioni

Un dato da considerare se si vuole essere molto precisi è che i pluviometri, essendo situati al di sopra della superficie del suolo, non registrano le cosiddette **precipitazioni occulte**, cioè quella piccola quantità di acqua che arriva al suolo per la presenza di nebbia, rugiada, brina: si tratta però di quantitativi molto piccoli (inferiori al millimetro di colonna d'acqua), che non incidono in modo particolare sui valori di altezza d'acqua.

### Le piogge acide

Le **piogge acide**, o **deposizione acida umida**, consistono nella ricaduta di particelle acide dall'atmosfera sul suolo; le molecole acide diffuse nell'atmosfera vengono e catturate e depositate al suolo da precipitazioni sotto forma di: *pioggia, neve, grandine, nebbie, rugiada*, ecc..

#### Osservazioni

Le **piogge acide** si distinguono dal fenomeno della **deposizione acida secca**, nella quale la ricaduta dall'atmosfera di particelle acide non è veicolata dalle precipitazioni, ma avviene per effetto della forza di gravità.

La pioggia non inquinata, composta esclusivamente di acqua e pulviscolo atmosferico, ha un «pH» leggermente acido che oscilla fra «5» e «6,5»; ciò è dovuto alla presenza di *anidride carbonica* «CO<sub>2</sub>» ed *acqua in atmosfera*, le quali reagiscono insieme a formare *acido carbonico* «H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>».

Il «pH» dell'acqua distillata, in assenza di *anidride carbonica*, ha un valore neutro, ovvero di «7».

Le **piogge acide** si formano per svariate cause, ma tutte riconducibili alla presenza e di **gas serra** e di *sostanze inquinanti nell'atmosfera*, dovute principalmente ed al consumo di combustibili fossili, ed al funzionamento di impianti industriali, ed agli incendi che scoppiano e nelle foreste e nelle savane ed all'attività di centrali elettriche e l'impiego di autoveicoli; tutti questi gas possono essere trasformati in acidi attraverso delle reazioni chimiche tramite la combinazione con l'acqua piovana.

Nelle **piogge acide** troviamo principalmente acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) «70%» ed ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) «30%»; questi composti rendono il «pH» dell'acqua minore di «5» ed è proprio per tale ragione che queste piogge si possono definire appunto **acide**.

#### Precisazioni

«NO<sub>x</sub>» è una sigla generica che identifica collettivamente tutti gli **ossidi di azoto** e le loro miscele.

#### Conseguenze

Le *piogge acide* vanno ed ad intaccare ed ad alzare i livelli di tossicità degli alimenti che vengono coltivati; vanno ad intaccare, inoltre, e la crescita e le capacità riproduttive delle piante, riducendole drasticamente.

Molte foreste rischiano di essere distrutte e la penetrazione nel sottosuolo di acqua con valori di «ph» così bassi inquinano le **falde acquifere**.

L'*acido solforico*, contenuto nelle piogge acide, tende, inoltre, a corrodere la maggior parte dei materiali utilizzati per la costruzione di edifici, compreso il cemento armato, accelerandone il decadimento.

#### Divagando sulle curiosità

Il **petricore** è una particolare sensazione olfattiva che si percepisce al battere della pioggia sulla terra da tempo asciutta; è il nome dell'odore che si sente e durante e dopo la pioggia che interrompe un periodo secco.

Il termine è un composto neoclassico nato in inglese (*petrichor*) e formato da petro, *pietra* e icore, *essudato*; in origine descriveva in modo più specifico l'odore del mix e di acidi grassi e di alcoli e di idrocarburi rilasciati da molecole di origine o vegetale o animale su superfici o minerali od argillose che si ricombinano dopo il contatto con l'acqua.

Il composto organico che più contribuisce al sentore è la geosmina, da geo, *terra*, e ὀσμή, *odore*. (Licia Corbolante, *Terminologiaetc.it*, 9 agosto 2013).

Avete presente l'odore caratteristico che accompagna le prime piogge dopo un periodo di bel tempo? Non tutti lo sanno ma quel profumo ha un nome, ovvero **petricore**, termine coniato dai due scienziati australiani, **Isabel Joy Bear** e **R. G. Thomas**, nel «1964» che hanno studiato per primi il fenomeno, scoprendo che a causarlo è un mix e di composti organici batterici e di particolari oli prodotti dalle piante, che impregnano il suolo nei periodi asciutti; con la pioggia, purché sia breve e leggera, questo miscuglio si solleva da terra e raggiunge le nostre narici, noi immediatamente associamo quell'odore al sollievo per un acquazzone finito, e per il ritorno del sole.

## Il colore del cielo

### Di giorno

Di giorno il colore del cielo sereno è azzurro, con differenti tonalità, a seconda delle situazioni; la ragione è da attribuire all'interazione della luce solare con l'atmosfera terrestre i cui effetti dipendono e dalla lunghezza d'onda della radiazione e dalle dimensioni degli elementi su cui la radiazione incide.

La luce visibile è di color bianco e proveniente dal Sole è composta da un insieme di onde elettromagnetiche la cui lunghezza d'onda è compresa fra « $\lambda = 380 \text{ nm}$ », della radiazione che percepiamo come violetta, e « $\lambda = 740 \text{ nm}$ », della radiazione che percepiamo come rossa; passando per: l'indaco, il blu, il verde, il giallo, l'arancio.

L'atmosfera è composta per il 78% da azoto e per il 21% da ossigeno; il restante 1% è composto da e argo ed anidride carbonica, acqua nelle varie forme: gassosa (vapore), liquida (goccioline), solida (cristalli).

Negli strati più bassi dell'atmosfera sono inoltre presenti: polveri, ceneri, sali.

Le dimensioni e delle particelle di polvere e delle goccioline d'acqua e dei cristalli di ghiaccio sono molto maggiori della lunghezza d'onda della luce visibile per cui le varie radiazioni, indipendentemente dalla propria lunghezza d'onda, vengono e riflesse e diffuse in tutte le direzioni allo stesso modo.

Le molecole di gas, per contro, hanno dimensioni inferiori delle onde elettromagnetiche per cui, quest'ultime, si comportano in modo differente a seconda della propria lunghezza d'onda.

La prima ipotesi che spiegava correttamente il colore azzurro del cielo fu avanzata dal fisico irlandese **John Tyndall** (1820 – 1893) nel 1859, il quale scoprì che, quando la luce attraversa un liquido chiaro contenente piccole particelle in sospensione (o una *emulsione* o una *sospensione*), la luce con più breve lunghezza d'onda (blu) è diffusa più fortemente rispetto alla luce rossa, che ha una lunghezza d'onda maggiore: **effetto Tyndall**.

La radiazione rossa ha la lunghezza d'onda maggiore fra quelle del visibile e, pertanto, interagisce molto debolmente con l'atmosfera proseguendo lungo la sua direzione originale senza subire variazioni apprezzabili.

La radiazione violetta, per contro, ha la lunghezza d'onda minore fra quelle del visibile e, pertanto, interagisce più intensamente con le molecole venendo da queste e riflessa e diffusa in tutte le direzioni.

Le altre radiazioni, percepite da noi come e l'arancio ed il giallo ed il verde ed il blu, interagiscono con l'atmosfera in modo inversamente proporzionale alle loro lunghezze d'onda.

### Curiosità

Fu il fisico tedesco naturalizzato e svizzero e statunitense **Albert Einstein** (1879 – 1955) a dimostrare nel 1911, contrariamente a quanto si credeva sino allora, che erano proprio le molecole, e non le polveri in sospensione, la causa della diffusione della luce).

Questa diffusione differenziale dipendente dalla lunghezza d'onda è chiamata, in inglese, *Rayleigh scattering*, dal nome del fisico britannico Lord **John William Rayleigh** (1842 – 1919), che per primo la descrisse nella seconda metà dell'Ottocento.

Più precisamente, la quantità di luce diffusa è inversamente proporzionale alla quarta potenza della lunghezza d'onda « $\lambda$ », ne consegue che la luce *violetta* è diffusa più di quella *rossa* di un fattore pari a: « $(\frac{740}{380})^4 \sim 14,4$ ».

A ragione *Rayleigh scattering* una parte della radiazione, nell'attraversare l'atmosfera, prosegue quasi indisturbata nella sua traiettoria rettilinea; la luce e rossa ed arancio e gialla viene influenzata solo debolmente.

La luce e blu ed indaco e violetta, per contro, venendo diffusa in tutte le direzioni, processo che avviene negli strati più alti dell'atmosfera, conferisce al cielo quella particolare colorazione azzurra che e sovrasta la luce delle stelle e conferisce alla luce proveniente dal Sole una tonalità più gialla.

In ultima analisi possiamo affermare che: *durante il giorno, il cielo appare azzurro perché l'aria diffonde la componente blu della luce solare più di quanto diffonde la componente rossa*.

Presso l'orizzonte il cielo è di un azzurro più chiaro, tendente al celeste, perché la luce, per raggiungerci da questa direzione, deve attraversare più atmosfera per cui viene diffusa maggiormente; siamo raggiunti, pertanto, da una minor quantità di luce blu.

Da quanto detto ci si potrebbe chiedere il motivo per cui, dato che le lunghezze d'onda minori sono quelle diffuse più fortemente, il cielo non appare violetto, che è il colore con la più breve lunghezza d'onda nel visibile.

Il fatto è che lo spettro di emissione della luce solare non è costante a tutte le lunghezze d'onda, e nella luce visibile vi è meno componente violetta; i nostri occhi sono, inoltre, meno sensibili a questo colore.

Se fossimo sulla Luna, a causa dell'assenza di atmosfera e, pertanto, dell'assenza dell'effetto *Rayleigh scattering*, il cielo ci apparirebbe sempre completamente nero e si vedrebbero sempre e le stelle e le galassie lontane; per fortuna siamo sulla Terra ed il cielo in un giorno sereno ci appare azzurro, di quell'azzurro che ispirò il Manzoni e gli fece dire: «... *quel cielo di Lombardia, così bello quando è bello, così splendido, così in pace.*»

I promessi sposi – Capitolo XVII – di Alessandro Manzoni

#### Curiosità

Il nome completo dello scrittore e poeta e drammaturgo italiano **Alessandro Manzoni** (1785 – 1873) è: **Alessandro Francesco Tommaso Antonio Manzoni**.

### All'alba ed al tramonto

E' sempre il processo di diffusione che spiega anche perché, ed all'alba e soprattutto al tramonto, l'orizzonte, quando l'aria è limpida, si colora e di giallo e di arancio; se l'aria è inquinata da piccole particelle, o naturali o no, il tramonto tenderà più al rosso.

I tramonti sul mare possono anche essere arancione, a causa di particelle di sale presenti nell'aria, che rendono possibile l'effetto *Tyndall*.

Al tramonto, i raggi solari debbono attraversare un maggiore spessore d'atmosfera; la luce blu viene quasi totalmente diffusa dai gas presenti negli strati più alti e, pertanto, solo la luce rossa penetra fino a raggiungere gli strati più bassi dove viene parzialmente diffusa dalle particelle solide presenti a queste altezze colorando il cielo, e le nubi, e di giallo e di arancio e di rosso.

Anche il Sole appare rosso e non più giallo poiché appunto solo la luce rossa riesce a penetrare nello strato atmosferico e raggiungere il nostro occhio.

In *dorgalese* l'**alba** si chiama: arborinu, **impuddile, arveschida**.

In *dorgalese* il **tramonto** si chiama: **tramontu, irmurruinonzu**.

### Di notte

*Di notte il cielo è buio per il fatto che il Sole si trova dall'altra parte della Terra*, potrebbe interloquire qualcuno; no, il cielo di notte è buio perché l'Universo è in espansione.

In *dorgalese* la **notte** si chiama: **note**.

Il fenomeno è conosciuto come **paradosso di Olbers**, dal nome del medico ed astronomo amatoriale tedesco **Heinrich Wilhelm Olbers** (1758 - 1840) che, nel 1826, propose la sua teoria, in seguito confermata.

#### Curiosità

Il medico tedesco **Heinrich Wilhelm Olbers** (1758 – 1840) è conosciuto per l'attività di astronomo amatoriale,

È un argomento interessante; per contro, non verrà trattato in questa dispensa.

### Caratteristiche dello spettro visibile

Colore	Frequenza	Lunghezza d'onda
Violetto	668-789 THz	380-435 nm
Indaco	631-668 THz	435-500 nm
Blu	606-631 THz	500-520 nm
Verde	526-606 THz	520-565 nm
Giallo	508-526 THz	565-590 nm
Arancione	484-508 THz	590-625 nm
Rosso	400-484 THz	625-740 nm

$$c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \quad f = \frac{c}{\lambda} \quad T = \frac{\lambda}{c} = \frac{1}{f}$$

in cui:  $c$  = velocità della luce nel vuoto, espressa in « $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ »  
 $\lambda$  = lunghezza d'onda, espressa in metri «m» -  $T$  = periodo d'oscillazione, espressa in secondi «s» -  $f$  = frequenza di oscillazione, espressa in hertz «Hz».

#### Precisazioni

A seconda degli Autori, e i valori delle frequenze e l'intervallo fra di esse, riferiti ai vari colori, possono presentare lievi differenze.

#### Curiosità

L'occhio umano presenta in media la sua sensibilità massima attorno alla lunghezza d'onda di «556 nm» (circa: «540 THz», «1,85 ps») dello spettro elettromagnetico, corrispondente al colore giallo citrino.

«nm = nanometri =  $\text{m} \cdot 10^{-9}$ », «THz = terahertz =  $\text{Hz} \cdot 10^{12}$ », «ps = picosecondi =  $\text{s} \cdot 10^{-15}$ ».

## Il colore del mare

### Premessa

Il primo che ha cercato di fornire una spiegazione alla domanda «perché il colore del mare è generalmente costituito da sole sfumature di blu?», è stato il fisico indiano Sir **Chandrasekhara Venkata Raman** (1888 – 1970) [in Tamil: சந்திரசேகர வெங்கடராமன்], Premio Nobel nel 1930 per i suoi studi e sulla diffusione della luce e per la scoperta dell'effetto Raman, che da lui prende il nome.

#### Precisazioni

L'**effetto Raman** o **diffusione Raman** o **scattering Raman**, descritto per la prima volta dal fisico indiano **Chandrasekhara Venkata Raman**, consiste nella diffusione anelastica di fotoni.

Mentre attraversava il mare durante un viaggio dall'Inghilterra all'India, Raman notò che nonostante le onde ed il cielo denso di nuvole, il colore del mare non si modificava.

Elaborò, pertanto, l'ipotesi che fossero le molecole d'acqua a diffondere la luce, dando al mare il suo colore; dopo anni di studio, formulò il cosiddetto **effetto Raman**: fenomeno che è possibile osservare nella **diffusione di onde elettromagnetiche** durante il passaggio attraverso un mezzo materiale e consiste ed in una variazione di frequenza ed in un'alterazione casuale di fase della radiazione diffusa.

### Osservazione

La luce solare nello spettro visibile, quella che chiamiamo comunemente luce bianca, è costituita dalle radiazioni elettromagnetiche contenute nell'intervallo di lunghezze d'onda di circa «380 nm (violetto) ÷ 740 nm (rosso)»; in termini di frequenze, lo spettro visibile varia tra «≈405 THz (rosso) ÷ ≈790 THz (violetto).

#### Precisazioni

Il simbolo «nm» significa *nanometri* pari a « $10^{-9}$  m», corrispondenti ad un milionesimo di metro (0,000 000 001 m); il simbolo «THz» significa *terahertz* pari a « $10^{12}$  Hz» corrispondenti a mille miliardi di Hertz (1 000 000 000 000 Hz).

Quando queste onde luminose e penetrano ed attraversano l'acqua di mare vengono assorbite in modo selettivo a seconda della loro frequenza (o lunghezza d'onda); ovvero a seconda dell'energia trasportata da ogni onda monocromatica.

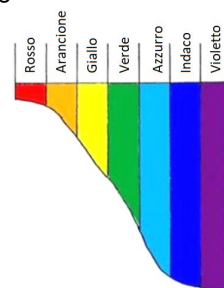
In acqua di mare, il primo colore ad estinguersi è il rosso che scompare ad una profondità di circa «10 m», seguito e dall'arancione, che scompare ad una profondità di circa «16 m», e dal giallo, che scompare ad una profondità di circa «30 m», e dal verde che scompare ad una profondità di circa «50 m».

Da questa profondità in poi, fino a circa «-500 m», il paesaggio sottomarino è caratterizzato dal colore blu nelle varie sfumature; procedendo oltre ci si immerge sempre più nel buio degli abissi.

Proprio per la capacità di penetrazione della luce **blu**, le acque limpide e calme del mare hanno spesso un colore tendente od all'**indaco** od al **blu**, che coinvolgono la maggior parte di esso, od al **verde**; quest'ultimo colore è generalmente legato alla presenza di *fitoplancton*.

Anche la presenza in sospensione e di fanghi e di sabbia può determinare variazioni di colore nel mare, soprattutto a ridotte profondità.

Contrariamente a quanto si può ritenere, il colore del cielo, che si riflette nell'acqua, influenza solo in minima parte il colore del mare che, comunque, assume tonalità diverse a seconda che il cielo sia o nuvoloso o sereno.



## L'umidità atmosferica

### Premessa

Per **umidità atmosferica** s'intende la quantità di vapore acqueo contenuto nell'aria e che proviene dall'evaporazione dell'acqua dalla superficie terrestre per azione della radiazione solare ed anche, in piccole quantità, dalla traspirazione delle piante.

### Parametri principali

L'**umidità assoluta «Ua»** (*absolute humidity*): è la massa « $m_v$ » di vapore acqueo, espressa in grammi, che è contenuta in metro cubo di aria umida ad una certa temperatura e pressione; tende ad aumentare al crescere della temperatura.

$$Ua = \frac{m_v}{V}$$

In cui: Ua = umidità assoluta, espressa in ( $g/m^3$ ) –  $m_v$  = massa del vapor d'acqua, espressa in grammi (g) – V = volume, espresso in ( $m^3$ ); generalmente ( $V = 1 m^3$ ).

L'**umidità relativa «Ur»** (*relative humidity*): è il rapporto percentuale tra la massa « $m_v$ » di vapore acqueo contenuta in un volume «V» d'aria umida e la quantità massima « $m_s$ » che la stessa può contenere nelle medesime condizioni di temperatura e pressione; fornisce perciò informazioni su quanto una massa d'aria è lontana dalla condizione di saturazione.

L'umidità relativa varia tra «0 ÷ 1» perché la pressione parziale del vapore è sempre compresa tra «0 ÷  $P_v = P_s$ »; nella pratica l'umidità relativa «Ur» viene espressa in unità percentuali «Ur%».

$$Ur = \frac{m_v}{m_s} \quad Ur\% = \frac{m_v}{m_s} \cdot 100$$

L'**umidità specifica «x»** (*specific humidity*): è il rapporto tra la massa del vapor d'acqua « $m_v$ » e la massa dell'aria umida « $m_s$ » contenuta in un determinato volume di aria umida.

Per contro, e in termodinamica e in termotecnica, si preferisce la definizione di umidità specifica basata sull'aria secca; definizione che, in verità, dovrebbe essere riferita al **rapporto di mescolanza «r»** (*mixing ratio*).

L'umidità specifica «x» ed il rapporto di mescolanza «r», sono legati fra loro dalle seguenti relazioni:

$$x \approx r \quad x = \frac{r}{1+r} \quad r = \frac{x}{1+x}$$

Alla luce di quanto detto definiamo, pertanto, l'**umidità specifica** come il rapporto tra la massa del vapor d'acqua « $m_v$ » e la massa dell'aria umida « $m_s$ » contenuta in un determinato volume di aria umida.

Il titolo della miscela *acqua-vapor d'acqua*, pertanto, è:

$$x = \frac{m_v}{m_a}$$

In cui: x = titolo, adimensionale –  $m_v$  = massa del vapor d'acqua, generalmente espressa in grammi (g) –  $m_a$  = massa dell'aria secca, espressa in chilogrammi (kg).

Ricavando « $m_v$ » e « $m_a$ » dall'equazione di stato dei gas perfetti « $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ » (si ricordi che sia l'aria secca sia il vapor d'acqua assumono, nella miscela, il comportamento di gas perfetto) e sostituendo nella definizione del titolo si ottiene:

$$x = 0,622 \cdot \frac{P_v}{P - P_v}$$

In cui: x = titolo, adimensionale –  $P_v$  = Pressione parziale di vapor d'acqua, espressa in una qualsiasi unità di misura della pressione; qui si utilizzerà il pascal (Pa) – P = pressione totale espressa nella stessa unità di misura in cui è stato espresso « $P_v$ »; qui si utilizzerà il pascal (Pa).

Il **unto di rugiada « $T_d$ »** (*dew point*) è un particolare stato termodinamico (rappresentato e dalla temperatura e dalla pressione) in corrispondenza del quale una miscela bifase *liquido-vapore*, a pressione costante, diviene satura di vapor acqueo.

La **temperatura di bulbo umido** (*wet bulb temperature*) è la temperatura a cui si porta l'acqua, a pressione costante, e in condizioni di equilibrio e in situazione di scambio convettivo con una massa d'aria in moto turbolento completamente sviluppato.

La **temperatura di bulbo secco** (*dry bulb temperature*) è, per contro, la reale temperatura dell'aria misurata con un normale termometro.

La differenza tra queste due temperature misurate contemporaneamente, utilizzando due termometri uguali affiancati (psicrometro) di cui uno col bulbo avvolto in una mossola bagnata (bulbo umido) in modo che l'effetto refrigerante prodotto dall'evaporazione dell'acqua induca una temperatura più bassa rispetto a quella del bulbo secco, permette di calcolare sia l'**umidità relativa** sia il **punto di rugiada**.

Per il calcolo della temperatura di rugiada sono state proposte diverse formule, fra le quali si ha:

Approssimazione di **Magnus-Tetens**

$$T_d = \frac{237,7 \cdot \left( \frac{17,27 \cdot t}{237,7 + t} + \ln Ur \right)}{17,27 - \left( \frac{17,27 \cdot t}{237,7 + t} + \ln Ur \right)}$$

In cui:  $T_d$  = punto di rugiada, espresso in gradi celsius (°C) -  $t$  = temperatura della miscela bifase (acqua-vapor d'acqua), espressa in gradi celsius (°C) -  $Ur$  = umidità relativa, adimensionale.

**Un'altra formula**

$$T_d = \sqrt[8]{Ur} \cdot [112 + (0,9 \cdot t)] + (0,1 \cdot t) - 112$$

In cui:  $T_d$  = punto di rugiada, espresso in gradi celsius (°C) -  $Ur$  = umidità relativa -  $t$  = temperatura della miscela bifase (acqua-vapor d'acqua), espressa in gradi celsius (°C).

L'**equazione di Tetens** è un'equazione per calcolare la pressione di saturazione del vapore dell'acqua e su liquido e su ghiaccio; è ampiamente conosciuta tra e meteorologi e climatologi per la sua facilità d'uso e la relativa precisione a temperature entro i normali intervalli delle condizioni meteorologiche naturali.

**Precisazioni**

La **pressione di saturazione** (o **tensione di saturazione**) è la pressione alla quale si ha un cambiamento di fase (liquido ↔ vapore) di una sostanza, ad una determinata temperatura; nel caso dell'acqua, a «100 °C» la pressione di saturazione è pari a «101 325 Pa» (vedi Tabella 4° - : **Pressione di saturazione del vapor d'acqua in pascal**, a pagina 197).

La formula di **Tetens** per temperature superiori a «0 °C»

$$P = 0,61078 \cdot e^{\left( \frac{17,27 \cdot t}{t + 237,3} \right)}$$

In cui:  $P$  = pressione di saturazione del vapor d'acqua, espressa in chilopascal (kPa) -  $t$  = temperatura, espressa in gradi celsius (°C).

La formula di **Tetens** per temperature inferiori a «0 °C»

$$P = 0,61078 \cdot e^{\left( \frac{21,875 \cdot t}{t + 265,5} \right)}$$

In cui:  $P$  = pressione di saturazione del vapor d'acqua, espressa in chilopascal (kPa) -  $t$  = temperatura, espressa in gradi celsius (°C).

**La pressione di saturazione dell'acqua:**

a 100 °C è di 101 325 Pa.

a 50 °C è di 12 349,9 Pa

a 25 °C è di 3 169,2 Pa

a 0 °C è di 611,2 Pa)

### Valori particolari

	Punto triplo		Punto critico			
	Pressione kPa	Temperatura K	Pressione kPa	Temperatura K	Densità kg • m <sup>3</sup>	Volume m <sup>3</sup> • kg <sup>-1</sup>
H <sub>2</sub> O	0,6117	273,16	22 064	647,25	400	0,003 17

**Punto triplo** - è un particolare stato termodinamico dell'acqua, determinato da una precisa coppia di valori e di pressione e di temperatura, nel quale i tre stati fisici: solido, liquido, vapore, sono in equilibrio e, pertanto, coesistono.

**Punto critico** - è un particolare stato termodinamico, determinato da una precisa coppia di valori e di pressione e di temperatura, al di sopra del quale l'acqua non può più esistere come miscela bifase *liquido-vapore*, ma esiste come fluido supercritico.

**Curiosità**

Per ogni specie gassosa esiste una temperatura al di sopra della quale non è possibile liquefare il gas indipendentemente dalla pressione esercitata; questa temperatura è detta **temperatura critica** e per l'aria umida è di «373,936 °C».

la **tensione superficiale** di un fluido è la **tensione meccanica di coesione** delle particelle sulla sua superficie esterna e per l'acqua è pari a «0,073 N/m».

## Le correnti a getto

### Premessa

Le **correnti a getto** (o *jet streams*) sono particolari evoluzioni di venti molto intensi, correnti d'aria in rapido movimento generate da differenze di pressione dovute, a loro volta, a differenze di temperatura, presenti al limite della troposfera «8 km ÷ 18 km», che circumnavigano tutta la Terra in senso longitudinale in corrispondenza di incontri di notevoli masse d'aria; queste *super correnti* possono raggiungere ed uno spessore verticale di «3,5 km» ed una velocità di «150  $\text{km/h}$  ÷ 250  $\text{km/h}$ », con punte massime che possono arrivare «320  $\text{km/h}$ ».

La velocità minima con cui si definisce una corrente a getto è «50 kn (nodi)» ossia «92,6  $\text{km/h}$ »,



### Descrizione

Le correnti a getto non seguono una traiettoria *rettilinea* (lungo il parallelo in cui si formano), ma sono forzate a deviare, da questa, dalle grandi barriere montuose; per questa ragione avvengono continui sconfinamenti delle masse d'aria e polari e sub-tropicali, con conseguenti irruzioni e fredde verso Sud e calde verso Nord.

Circondano il globo, formando una sorta di *cinture* intorno alla Terra, con un andamento, non *rettilineo*, che provoca e moti discendenti verso le zone equatoriali (saccature d'onda «A») e moti ascendenti verso i poli (promontori d'onda «B») i quali e si spostano e variano in continua evoluzione; sono caratterizzate, pertanto, da ampie oscillazioni meridiane con lunghezza d'onda dell'ordine di «4 000 km ÷ 10 000 km»; le **onde di Rossby**, dette anche **onde planetarie**.

**Carl-Gustaf Rossby** (1898 – 1957), è stato un meteorologo svedese.

Sono in genere più sostenute durante l'inverno, perché le differenze di temperatura sono più evidenti; si formano prevalentemente a quote di circa «10 km ÷ 14 km».

### Curiosità

Le **correnti a getto** sono state scoperte casualmente, durante la Seconda Guerra mondiale, da piloti americani in volo verso il Giappone.

Le prime indicazioni sulla presenza di forti venti in quota risalgono al 1904, quando **Napier Shaw** basandosi essenzialmente su dati di analisi al suolo e su rilevamenti dei venti fino a «4 km» di altitudine, notò un incremento di intensità fino a una velocità di «50 kn (92,6  $\text{km/h}$ )» intorno a questa quota.

**Sir William Napier Shaw** (1854 – 1945), è stato un meteorologo britannico.

### La genesi

Le correnti a getto si originano in presenza di discontinuità termiche sul piano orizzontale, lungo i così detti **fronti**, intorno alla latitudine sia di « $\pm 30^\circ$ » sia di « $\pm 60^\circ$ »; lungo tali fasce e si producono nette variazioni nella pendenza delle superfici sia isoterme sia isobariche e si fronteggiano masse d'aria con temperature sensibilmente diverse.

Nel nostro emisfero (o emisfero Nod o emisfero settentrionale), in inverno le correnti a getto principali sono due: e la **corrente a getto del fronte polare**, sopra ed al Canada ed agli Stati Uniti settentrionali, che soffia a circa « $60^\circ$ » di latitudine, e la **corrente a getto sub-tropicale**, localizzata sopra al Messico settentrionale, che soffia a circa « $30^\circ$ » di latitudine; entrambe si muovono da Ovest verso Est.

Una terza corrente, la **corrente a getto equatoriale** od **orientale**, si forma invece in estate sopra ed Africa ed India; si muove da Est verso Ovest, ed è, in parte, responsabile del monzone estivo.

Nell'emisfero australe, invece, sono presenti soltanto due correnti a getto occidentali.

### Gli effetti

La grande importanza delle correnti a getto risiede nella loro influenza sul clima.

In corrispondenza delle saccature d'onda, si formano zone di alta pressione, (in corrispondenza delle cosiddette convergenze) dove la velocità del flusso rallenta e, per **effetto Coriolis**, sono trasformate in celle anticicloniche, con clima e secco e bello al suolo.

In corrispondenza dei promontori d'onda, invece, si crea una bassa pressione, in corrispondenza delle cosiddette divergenze, zone dove la velocità del flusso accelera: queste zone sono trasformate invece in celle a circolazione ciclonica, apportatrici di perturbazioni al suolo.

Le **correnti a getto** rivestono grande importanza nella formazione e nel movimento delle depressioni, cioè delle aree cicloniche, alle medie latitudini; hanno, altresì una rilevante

influenza anche sulla navigazione aerea, rendendo lo stesso percorso più o meno rapido a seconda che si stia viaggiando o controcorrente o a favore di vento: il volo di ritorno dagli Stati Uniti verso l'Italia è in genere più breve di un'ora circa rispetto al volo di andata.

**Curiosità**

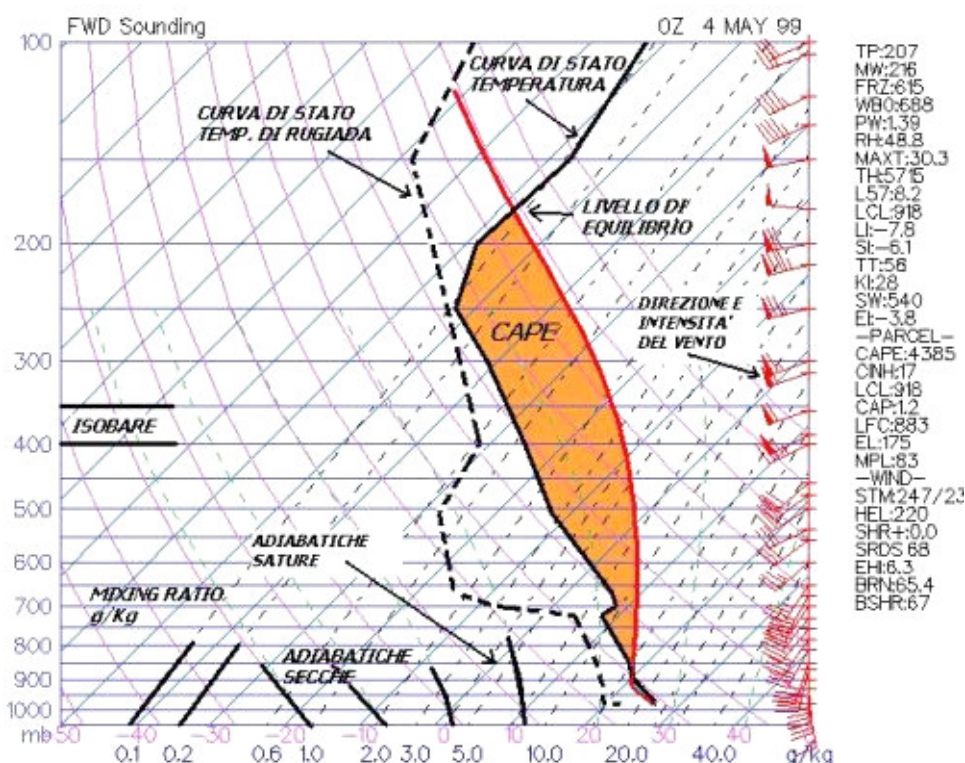
; i velivoli possono, infatti, imbattersi in un mulinello vorticoso generato dall'attrito tra la corrente a getto con la più lenta atmosfera circostante.

Un aereo che dovesse transitare in un tale vortice, verrebbe rapidamente risucchiato verso il basso per centinaia di metri in pochi secondi, cadendo in quello che comunemente viene chiamato ***vuoto d'aria***.

## Il diagramma aerologico

### Premessa

Uno strumento utile per sondare la stabilità atmosferica è il **diagramma aerologico** o **radiosondaggio termodinamico** o **diagramma skew T-ln(P)** o **nomogramma di Herlofson**; osserviamo l'esempio qui riportato:



Sono evidenziate le linee orizzontali (*isobare*) ed il rapporto di mescolanza per aria secca (*linee tratteggiate nere*), espressa in «g (di aria umida)/kg (di aria secca)», e le adiabatichette secche (*linee fucsia*) e le adiabatichette sature (*linee verdi tratteggiate*) e la curva di stato della temperatura di rugiada (*linea grossa tratteggiata*) e la curva di stato della temperatura (*linea unita grossa*) ed infine, la traiettoria di una particella d'aria (*linea rossa*).

A lato del diagramma è possibile osservare la direzione e l'intensità del vento alle varie quote di geopotenziale; al di fuori del diagramma sono inoltre evidenziati i vari parametri per stabilire la stabilità atmosferica, calcolati in base al diagramma.

A presso, l'elenco dei parametri evidenziati nei diagrammi.

Per alcuni diagrammi che si trovano in internet alcuni di essi possono essere omessi a beneficio di quelli fondamentali.

- **TP (Tropopause Level)**: è il livello al quale è collocata la tropopausa, livello di transizione tra la troposfera e la stratosfera.
- **MW (Maximum Wind)**: esprime a quale altezza (espressa in «hPa») si trova il vento massimo.
- **FRZ (Frozen Level)**: livello dello zero termico (espresso in «hPa»); se è «BG» significa che il livello dello zero termico si trova al suolo.
- **WB0 (Wet Bulb 0°C)**: livello barico in cui la temperatura di bulbo bagnato raggiunge «0 °C».
- **PW (Precipitable Water)**: indica il contenuto di acqua presente nella colonna d'aria considerata, espressa in «mm».
- **RH (Relative Humidity)**: esprime in percentuale, l'umidità relativa media dalla superficie al livello di «≈500 hPa».
- **MAXT (Estimated max temperature)**: è la temperatura massima prevista.
- **TH (thickness)**: indica lo spessore tra i livelli «1 000 hPa ÷ 500 hPa», espresso in «m».
- **L57 («700 hPa + 500 hPa» lapse rate)**: indica la diminuzione media della temperatura tra il livello «700 hPa e 500 hPa», espressa in «°C/km».
- **LI (Lifted Index)**: indice che permette di valutare la stabilità atmosferica, espresso in «°C».

- **SI (Showalter Index)**: altro indice che permette di valutare la stabilità atmosferica, espresso in «°C».
- **TT (Total Totals Index)**: valore adimensionale; permette una stima dell'instabilità, considerando i livelli barici di «850 hPa e 500 hPa».
- **KI (Withing Index)**: altro indice che permette di valutare la stabilità atmosferica, espresso in «°C».
- **CAPE (Convective Available Potential Energy)**: indica l'energia a disposizione della particella d'aria per il sollevamento, espressa in «J/kg»,
- **CINH (Convective Inhibition)**: corrisponde all'energia necessaria alla particella affinché possa vincere la resistenza al sollevamento, espressa in «J/kg».
- **LCL (Lift condensation level)**: livello di condensazione forzata, espresso in «hPa».
- **LFC (Level of free convection)**: livello di libera convezione, espresso in «hPa».

### Determinazione della stabilità atmosferica

Combinando i parametri sotto riportati si è in grado di avere un'indicazione sulla probabilità di formazione di temporali *thermo-convettivi* nelle zone attigue al luogo a cui il radio-sondaggio si riferisce.

<b>CAPE – Convective Available Potential Energy</b>	
< 500	Probabilità nulla di temporali
500 ÷ 1 000	Probabilità di temporali isolati
1 000 ÷ 2 000	Buona probabilità di temporali
➤ 2 000	Elevata probabilità di temporali

<b>K - Indice di Whiting</b>	
	Probabilità di formazione dei temporali
<15	0%
15 ÷ 20	<20%
21 ÷ 25	20% ÷ 40%
26 ÷ 30	40% ÷ 60%
31 ÷ 35	60% ÷ 80%
36 ÷ 40	80% ÷ 90%
>40	>90%

$$K \text{ index} = (T_{850} - T_{500}) + (T_{d850} - T_{d700})$$

<b>LI – Lifted Index &amp; SWI – Showalter Index</b>	
>2	Stabilità assoluta
2 ÷ -2	Stabilità relativa
-2 ÷ -6	Moderata instabilità
<-6	Forte instabilità

$$\text{Lifted index} = 500 \text{ hPa env. Temp} - 500 \text{ hPa parcel Temp}$$

<b>TT - Total Totals (mm)</b>	
<44	Moti convettivi poco probabili
44 ÷ 49	Moti convettivi possibili
50 ÷ 51	Possibili forti temporali
52 ÷ 55	Possibilità di temporali ed isolati e violenti
>55	Possibilità di temporali violenti

$$\text{Totals Total Index} = (T850 - T500) + (Td850 - T00)$$

<b>WBZ - Wet Bulb Zero Height</b> Stima della possibilità di grandine	
7 ÷ 9	Possibilità di grandine di grandi dimensioni
9 ÷ 11	Possibilità di grandine di o piccole o medie dimensioni

### Legenda

T850 = Temperatura al livello di 850 hPa

T500 = Temperatura al livello di 500 hPa

Td850 = Temperatura di rugiada al livello di 850 hPa

Td700 = Temperatura di rugiada al livello di 700 hPa

500 hPa parcel Temp = Temperatura della particella d'aria sollevata a pressione, temperatura, temperatura di rugiada costante al livello di 500 hPa

500 hPa envr. Temp = Temperatura rilevata dalla radiosonda al livello di 500 hPa

### Curiosità

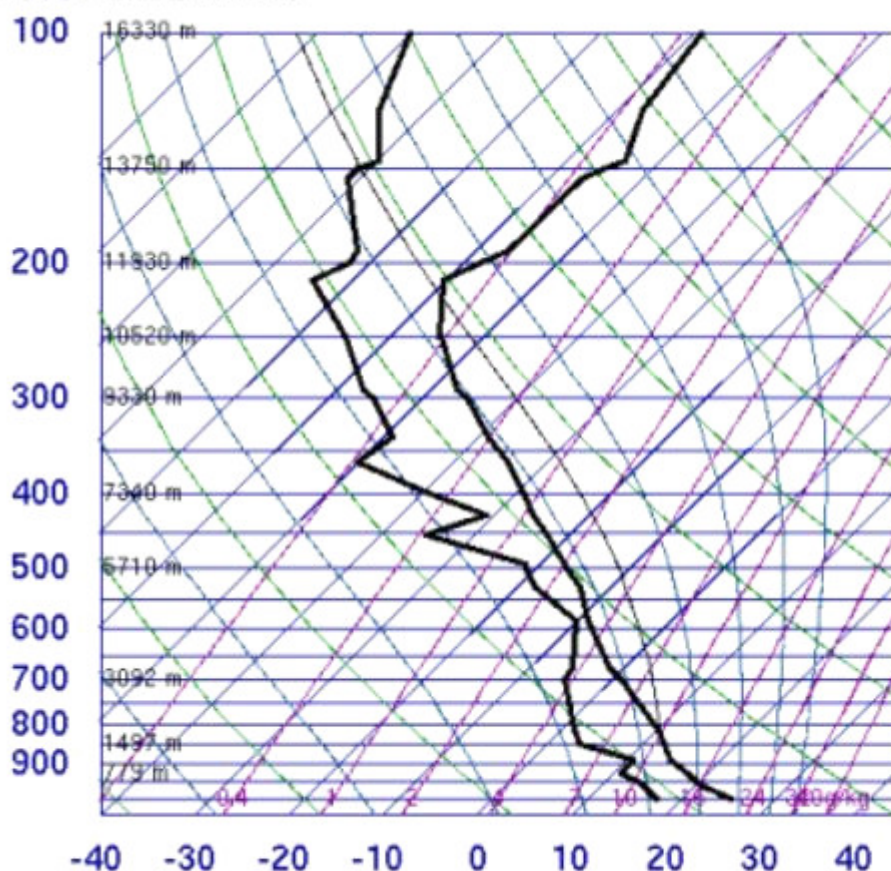
Il **nomogramma di Herloffson** è uno dei quattro diagrammi termodinamici (assieme al: **diagramma di Stüve**, l'**emagramma**, il **tefigramma**), utilizzati e per analizzare la struttura termica dell'atmosfera terrestre e per fare previsioni meteorologiche.

### Esempio di radiosondaggio significativo

Riportiamo qui sotto alcuni esempi di radiosondaggi di alcune situazioni meteorologiche significative

#### Forti temporali

16080 LIML Milano



SLAT 45.43  
SLON 9.28  
SELV 103.0  
SHOW 1.73  
LIFT -5.54  
LFTV -5.84  
SWET 75.88  
KINX 26.50  
CTOT 20.10  
VTOT 29.10  
TOTL 49.20  
CAPE 1697.  
CAPV 1813.  
CINS -3.73  
CINV 0.00  
EQLV 221.9  
EQTV 221.8  
LFCT 835.9  
LFCV 878.6  
BRCH 155.3  
BRCV 165.9  
LCLT 286.7  
LCLP 878.6  
MLTH 297.5  
MLMR 11.28  
THCK 5607.  
PWAT 28.58

12Z 25 May 2001

University of Wyoming

#### Elementi significativi deducibili dal radiosondaggio:

- Forte riscaldamento vicino al suolo: tipica situazione estiva

- Grande contenuto di umidità alle quote medie «500 hPa», identificabile dalla vicinanza della curva di stato della temperatura di rugiada alla curva di stato della temperatura
- Indici di instabilità favorevoli allo sviluppo di temporali:
  - 1) CAPE = 1697 J/kg
  - 2) L.I. = -5,54
  - 3) K = 26,50
  - 4) TT = 49,20

In questa occasione scoppiò un forte temporale a Milano, con grandine.

## L'equazione idrostatica

### Premessa

In **fluidostatica** o **idrostatica** o **statica dei fluidi**, l'equazione dell'equilibrio idrostatico dell'atmosfera è:

$$dP = -\rho \cdot g \cdot dz$$

**In cui:**  $dp$  = differenza di pressione fra la quota « $z_2$ » e la quota « $z_1$ », espressa in pascal (Pa) –  $\rho$  = densità dell'aria, espressa in ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) – accelerazione di gravità, espressa in ( $\text{m}/\text{s}^2$ ) –  $dz$  = differenza di quota fra « $z_2$ » e « $z_1$ », espressa in metri (m).

### Precisazioni

Il segno negativo "-" indica che la pressione « $P$ » diminuisce con la quota.

La differenza locale di altitudine ( $z_2 - z_1$ ) fra due superfici isobariche è denominata **spessore**.

Essa ci dice che muovendoci verticalmente da una quota « $z_2$ » a una quota « $z_1$ » (quindi  $dz = z_2 - z_1$ ) la pressione deve variare di una quantità « $dP = P_2 - P_1$ » che è legata al prodotto tra la densità dell'aria « $\rho$ », che tiene conto del *galleggiamento* dell'aria stessa, e « $g$ », che tiene conto della *gravità*.

### La formula ipsometrica

In idrostatica e in meteorologia, la **formula ipsometrica**, che si ottiene combinando la legge dei gas perfetti con l'equazione idrostatica, permette di calcolare la pressione atmosferica (o di un generico fluido) in funzione della quota altimetrica; inoltre, permette di stabilire la distanza fra due superfici isobariche note (la differenza di altezza fra due livelli di pressione si chiama **spessore**).

$$Z_2 - Z_1 = h = \frac{R_{au} \cdot T_m}{g} \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad 01)$$

**In cui:**  $h$  = dislivello fra le quote *geo-potenziali* e « $z_2$ » e « $z_1$ », espresso in metri (m) –  $R_{au}$  = costante caratteristica per l'aria umida –  $T_m$  = temperatura media dello strato, espressa in kelvin (K) –  $\ln$  = logaritmo neperiano –  $p_2$  = pressione di confine superiore dello strato, espressa in una qualsiasi unità di misura della pressione; qui si utilizzerà il pascal (Pa) –  $P_1$  = pressione di confine superiore dello strato, espressa nella stessa unità di misura in cui è stato espresso « $P_2$ »; qui si utilizzerà il pascal (Pa).

### Sapendo che:

**Costante universale dei gas:**  $R = 8,314\,462\,618\,153\,24\, \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

(definito in modo esatto nel 2019 a partire dalla costante di Avogadro e la costante di Boltzmann).

**Costante specifica dell'aria secca:**  $R_a = \frac{R}{M_a} = \frac{8\,314,4}{28,964} = 287,06\, \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

**Costante specifica del vapor d'acqua:**  $R_v = \frac{R}{M_v} = \frac{8\,314,4}{18,015} = 461,52\, \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

**In cui:**  $M_a$  = massa molare dell'aria secca ( $\text{g}/\text{mol}$ ) –  $M_v$  = massa molare del vapor d'acqua ( $\text{g}/\text{mol}$ ).

La costante specifica per l'aria « $R_{au}$ » umida si ricava con la:

$$R_{au} = \frac{R_a}{1 - 0,378 \cdot U_r \cdot \frac{P_s}{P}}$$

**In cui:**  $R_{au}$  = costante specifica dell'aria umida, espressa in ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) –  $R_a$  = costante specifica dell'aria secca, espressa in ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) –  $U_r$  = umidità relativa –  $P_s$  = pressione di saturazione del vapor d'acqua, espressa in pascal (Pa) –  $P$  = pressione totale dell'aria umida, espressa in pascal (Pa).

Prima di utilizzare la **formula ipsometrica** (01), si deve ricavare il valore di « $T_m$ », ma rinvio la risoluzione a dopo.

In seguito si ricaverà la temperatura virtuale media « $T_{vm}$ »; la temperatura media « $T_m$ » si ricava con la stessa formula, sostituendo « $T_m$ » a « $T_{vm}$ » e « $T$ » a « $T_v$ ».

Possiamo ottenere praticamente gli stessi risultati utilizzando la Costante specifica dell'aria secca « $R_a$ », ma utilizzando la temperatura virtuale « $T_v$ », anziché « $T$ » (temperatura effettiva) che viene impiegata per l'aria secca; « $T_v$ » è la temperatura che l'aria secca dovrebbe avere in modo da avere la stessa densità dell'aria umida, alla stessa pressione « $P$ ».

Poiché l'aria umida è più leggera (densità inferiore) dell'aria secca, allora « $T_v > T$ ».

La formula, pertanto, risulta:

$$Z_2 - Z_1 = h = \frac{R_a \cdot T_{vm}}{g} \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad 02$$

**In cui:**  $h$  = dislivello fra le quote *geo-potenziali* e « $z_2$ » e « $z_1$ », espresso in metri (m) –  $R_a$  = costante specifica per l'aria secca ( $R_a = 287,06\, \text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ) –  $T_{vm}$  = temperatura virtuale media dello strato, espressa in kelvin (K) –  $\ln$  = logaritmo neperiano –  $p_2$  = pressione di confine superiore dello strato, espresso in una qualsiasi unità di misura di pressione; qui si utilizzerà il pascal (Pa) –  $P_1$  = pressione di confine superiore dello strato, espresso nella stessa unità di misura in cui è stato espresso « $P_2$ »; qui si utilizzerà il pascal (Pa).

Conoscendo la temperatura «T», temperatura effettiva del confine superiore dello strato «Z», possiamo ricavare la temperatura virtuale del confine superiore dello strato «Z» con la:

$$T_v = \frac{T}{1 - \frac{P_p}{P} \cdot (1 - \varepsilon)}$$

**In cui:**  $T_v$  = temperatura virtuale del confine superiore dello strato «Z», espressa in kelvin (K) –  $T$  = temperatura del confine superiore dello strato «Z», espressa in kelvin (K) –  $P_p$  = pressione parziale del vapor d'acqua –  $P$  = pressione totale dell'aria umida –  $\varepsilon$  = rapporto fra la *costante specifica aria secca* «Ra» e la *costante specifica del vapor d'acqua* «Rv».

Il parametro «ε» è uguale a:

$$\varepsilon = \frac{R_a}{R_v} = \frac{287,06}{461,52} \sim 0,622$$

Prima di utilizzare la **formula ipsometrica** (02), si deve ricavare il valore di «T<sub>vm</sub>».

La stessa formula deve essere utilizzata per ricavare «T<sub>m</sub>» conoscendo «T» (temperatura virtuale del confine superiore dello strato «Z», espressa in gradi kelvin «K») nella **formula ipsometrica** (02).

$$T_{vm} = T_v + \frac{0,3 \cdot z}{100}$$

**In cui:**  $T_{vm}$  = temperatura virtuale media dello strato dello strato «Z», espressa in gradi kelvin (K) –  $T_v$  = temperatura virtuale del confine superiore dello strato «Z», espressa in gradi kelvin (K) –  $z$  = spessore dello strato, espresso in metri (m) –

#### Curiosità

$$R_{(O_2)} = R_{(O_2)}/32 = 8\,314,4/32 = 259,82 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$R_{(CO_2)} = R_{(CO_2)}/44 = 8\,314,4/44 = 188,96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

**In cui:**  $R_{(O_2)}$  = massa molare dell'ossigeno, espressa in (g/mol) –  $R_{(CO_2)}$  = massa molare dell'anidride carbonica, espressa in (g/mol).

#### Pressione alla quota «z»

Per un calcolo di massima, sulla pressione «P» esistente ad una certa quota «z», può essere utilizzata la semplice:

$$P = 0,9877^z$$

**In cui:**  $P$  = pressione atmosferica alla quota «z», espressa in atmosfere –  $z$  = quota, espressa in centinaia di metri.

O, parimenti:

$$P = 0,9877^{\frac{z}{100}} \cdot 101\,325$$

**In cui:**  $P$  = pressione atmosferica alla quota «z», espressa in pascal (Pa) –  $z$  = quota, espressa in metri (m).

Un'altra relazione matematica, che lega la pressione atmosferica all'altitudine, è:

$$P_h = P_0 \cdot e^{-0,127 \cdot \frac{h}{1000}}$$

**In cui:**  $P_h$  = pressione alla quota «h», espressa in pascal (Pa) –  $P_0$  = pressione al livello del mare, espressa in pascal (Pa) –  $e$  = base dei logaritmi naturali –  $h$  = quota, espressa in metri (m).

#### Densità dell'atmosfera alla quota «z»

La densità dell'aria diminuisce, con l'aumentare della quota «z», secondo la formula:

$$\rho = 1,225 \cdot (1 - 0,000\,0226 \cdot z)^{4,256}$$

**In cui:**  $\rho$  = densità dell'atmosfera alla quota «z», espressa in (kg/m³) –  $z$  = quota, espressa in metri (m).

#### Curiosità

La **Costante di Avogadro** fu stabilita dal e fisico e chimico italiano **Tonino Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro**, conte di e *Quaregna e Cerreto* (1776 – 1856); il suo valore è pari a: «Na = 6,022 140 76 • 10<sup>23</sup> mol<sup>-1</sup>».

La **Costante di Boltzmann** fu stabilita dal e fisico e matematico e filosofo austriaco **Ludwig Eduard Boltzmann** (1844 – 1906); il suo valore esatto è pari a: «k<sub>B</sub> = 1,380 649 • 10<sup>23</sup> J • K<sup>-1</sup>».

## La litosfera

### Premessa

La **litosfera** (dal greco: λίθος (*lithos*) = *pietra, roccia* + σφαίρα (*sphaira*) = *sfera*; vale a dire **sfera rocciosa**) è la parte e più esterna e più rigida del pianeta Terra, comprendente e la crosta terrestre e la porzione del mantello esterno, fino all'**astenosfera**, mantenendo un comportamento elastico.

### Trattazione

La **litosfera oceanica** è più sottile della **litosfera continentale**, per cui possiamo distinguere ed una **crosta continentale** ed una **crosta oceanica**.

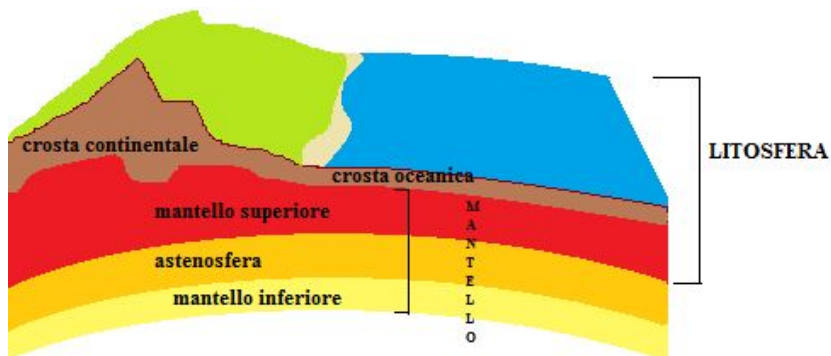
#### Precisazioni

L'**astenosfera** è, quella parte del mantello terrestre localizzato a una profondità compresa fra «100 km ÷ 400 km», sotto la **litosfera**, in cui si ipotizza la presenza di rocce parzialmente fuse

#### Curiosità

La **litosfera** si distingue dalla **astenosfera**, anche per un comportamento diverso, rispetto alla propagazione delle onde sismiche.

L'energia liberata da un terremoto, infatti, fa vibrare la litosfera come un corpo rigido, ma al confine con l'astenosfera le onde sismiche manifestano un repentino rallentamento, che è dovuto a una riduzione della viscosità della materia di cui è composta.



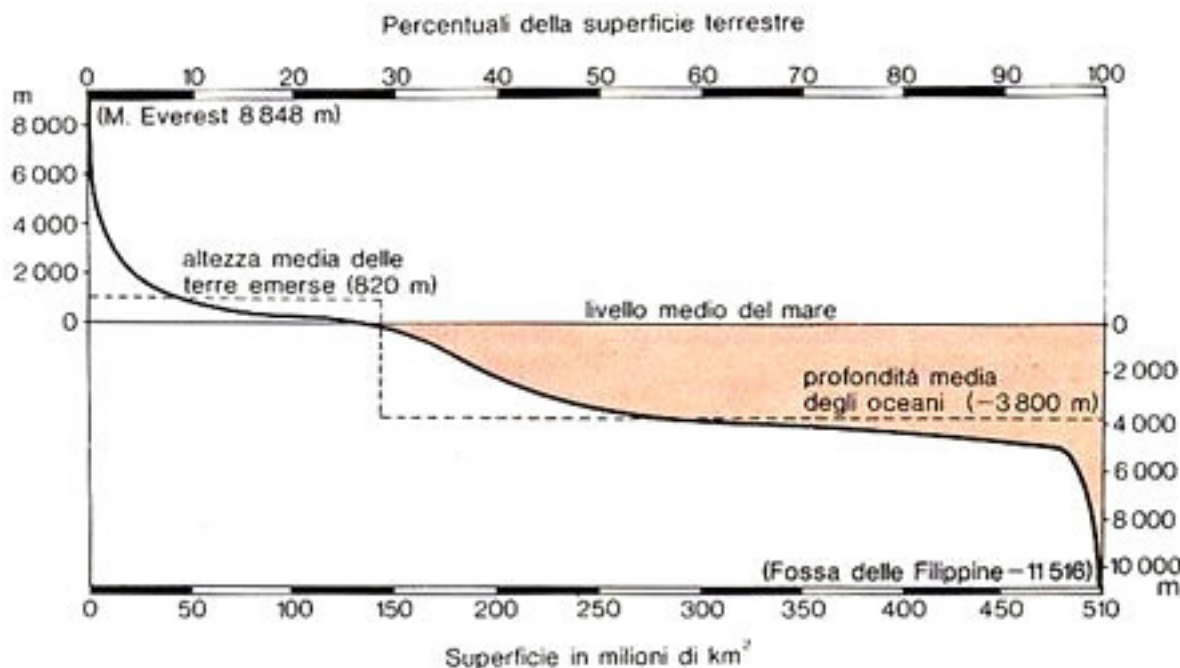
## La curva Ipsometrica

### Premessa

Si definisce **curva ipsografica** una curva che serve a rappresentare graficamente la frequenza delle altitudini e delle profondità.

### Rappresentazione grafica

La **curva ipsografica della superficie terrestre** è una curva cumulativa costruita su un sistema cartesiano come in figura in cui, nelle ascisse sono riportate le aree sia in valori assoluti, in basso, sia in percentuali rispetto all'estensione totale della superficie terrestre, in basso; nelle ordinate sono riportate le quote sia altimetriche sia batimetriche, dalla vetta più elevata del rilievo emerso, a sinistra, alla massima profondità abissale conosciuta, a destra.



#### Precisazioni

La figura è stata tratta da *Il globo terrestre e la sua evoluzione* di B. Accordi e E. Lupia Palmieri – Zanichelli 1979.

Osservando la figura, si può evincere che:

La superficie delle terre emerse è il «29,2%» della superficie totale della Terra.

La superficie e degli oceani e dei mari è il «70,8%» della superficie terrestre.

**Fatto a «100%» la superficie delle terre emerse, si ha:**

27,5 %; superfici ad altitudini superiori all'altezza media delle terre emerse.

72,5 %; superfici ad altitudini comprese fra l'altezza media delle terre emerse ed il livello medio del mare.

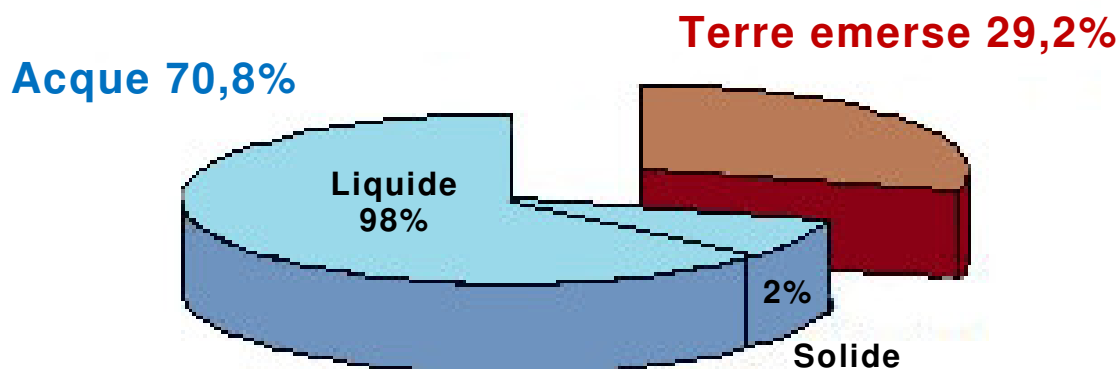
**Fatto a «100%» la superficie e dei mari e degli oceani, si ha:**

41,9 %; superfici a profondità comprese fra il livello medio del mare e la profondità media degli oceani.

58,1 %; superfici a profondità superiori alla profondità media degli oceani

L'area racchiusa dalla curva e dagli assi coordinati rappresenta il volume sia delle terre emerse sia e dei mari e degli oceani.

**Possiamo riassumere il tutto con:**



#### Curiosità

Il **monte Everest** è la vetta più alta della Terra, situata nella catena dell'Himalaya al confine fra Cina e Nepal; è chiamato *Chomolungma* (madre dell'universo) in tibetano, *Zhumulangma* (珠穆朗瑪峰 pinyin: Zhūmùlǎngmǎ Fēng) in cinese, *Sagaramāthā* (सगरमाथा, in Sanscrito *dio del cielo*) in nepalese.

#### Osservazioni

Nella figura, **Percentuali della superficie terrestre**, si legge: (Fossa delle Filippine – 11 516) come se questo fosse il luogo più profondo della Terra.

La depressione più profonda della terra è, per contro, la **Fossa delle Marianne** che, nel punto più profondo, noto come **abisso Challenger**, ha una profondità di circa «-10 994 m».

La Fossa delle filippine è la terza fossa più profonda del mondo e raggiunge una profondità massima di circa «-10 540 m».

## La criosfera

### Premessa

La **criosfera** (dal greco *kryos* = ghiaccio, freddo) è la porzione variabile di superficie terrestre o coperta o intrisa d'acqua allo stato solido; comprende sia le coperture ghiacciate e di mari e di laghi e di fiumi sia e le coperture nevose ed i ghiacciai e le calotte polari ed il suolo ghiacciato in modo o temporaneo o perenne: il **permafrost**.

### Trattazione

La criosfera è un elemento determinante del sistema climatico globale e, attraverso e relazioni e meccanismi a retroazione (feedbacks), influenza ed il bilancio energetico superficiale ed i flussi di vapore e la formazione di nubi e le precipitazioni e l'idrologia e la circolazione sia atmosferica sia oceanica.

Poiché il cambiamento climatico continua ad aumentare la temperatura globale media, l'estensione della criosfera sta lentamente diminuendo.

Si stima che lo scioglimento della criosfera aggiungerà almeno un paio di centimetri al livello del mare del mondo entro il 2100.

#### Chiarimenti

Il **permafrost** è il terreno gelato formato da e ghiaccio e suolo e roccia e sedimenti, presente in zone e polari e montane, che si sta degradando a causa del riscaldamento globale.



La maggior parte si trova nell'emisfero nord della Terra, dove copre «23 000 000 km<sup>2</sup>», in vaste zone e della Siberia e del Canada e dell'Alaska e della Groenlandia.

Ci possono essere diversi livelli di permafrost: lo strato attivo superficiale che fonde in estate e sul quale cresce la vegetazione, il permafrost sempre gelato, lo yedoma che è ricco di materiale organico formatosi tra «1 800 000 ÷ 10 000» anni fa.

La **criologia** è lo studio della criosfera (detta anche: scienze criosferiche); la **glaciologia** è la scienza che studia ed i ghiacciai ed i fenomeni concernenti il ghiaccio.

## L'ecosfera

### Premessa

Il concetto di **ecosfera** è olistico e si riferisce ad un ecosistema, definito in ecologia come l'insieme delle zone della Terra in cui le condizioni ambientali permettono e la formazione e lo sviluppo di bio-aggregazioni sistemiche, in un modo generalmente affrontato da un punto di vista planetario; l'ecosistema è costituito da: atmosfera, litosfera, idrosfera, geosfera, biosfera.

#### Precisazioni

**Olistico** significa «Che si riferisce all'olismo: *l'interpretazione olistica dei fenomeni vitali*».

**Olistico**, (dal greco ὅλος hòlos, cioè «totale», «globale»), è la tesi secondo cui il tutto è più della somma delle parti di cui è composto; questo principio generale è stato variamente articolato in diverse discipline.

Un **ecosistema** è un insieme naturale formato e da una comunità di organismi viventi e dall'ambiente fisico nel quale essi vivono.

È costituito da due componenti in stretta relazione: la prima è rappresentata dagli organismi viventi (o comunità biologica o biocenosi), la seconda è rappresentata dall'ambiente fisico (componente od abiotica o biotopo) in cui essi vivono; come tale, l'ecosistema è una porzione dell'ecosfera e quindi della biosfera.

### Trattazione

L'ecosfera è una zona ubicata in natura, in centri od urbani o rurali in cui venga od arricchito o ricreato e/o rigenerato l'ecosistema locale.

Tramite e la creazione e la crescita di un'ecosfera, si favorisce la formazione di microclimi differenziati, creati attraverso eco-strutture interconnesse (esempio: stagni, impianti, corridoi ecologici, boschi, canneti, frangivento ecc.), al fine di ottimizzare le energie in entrata date dalle specifiche caratteristiche locali (esempio: acque sotterranee, acque piovane, venti, esposizione solare, topografia ecc.), riducendo notevolmente le energie in uscita.

## La biosfera

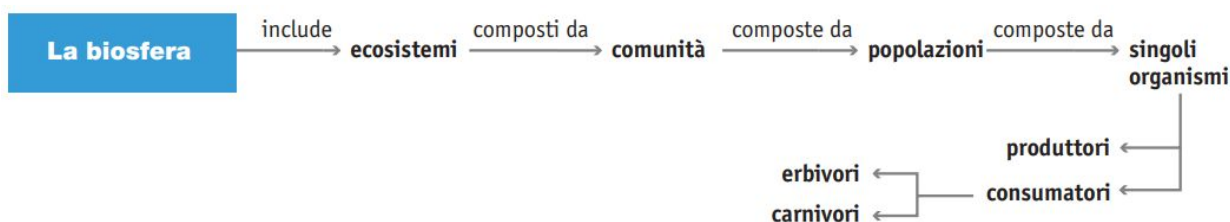
### Premessa

La **biosfera** è definita in biologia come l'insieme delle zone della Terra in cui le condizioni ambientali permettono lo sviluppo della vita, cioè l'insieme di tutti gli ecosistemi; include la porzione esterna della litosfera (suolo e parte del sottosuolo), l'idrosfera (le profondità oceaniche, le acque e marine e lacustri e fluviali) e i primi strati dell'atmosfera (fino ad un'altitudine di circa «10 km»), si raggiunge uno spessore massimo di circa «20 km».

#### Osservazioni

Lo spessore della biosfera, confrontato col raggio terrestre di circa «6 371 km», appare inferiore di almeno due ordini di grandezza; tale spazio limitato nel quale e l'uomo e le altre specie possono vivere rende la biosfera estremamente e preziosa e delicata.

### Rappresentazione schematica della biosfera



### Condizioni che permettono la sopravvivenza

La vita esistente oggi sulla Terra è resa possibile da alcune condizioni eccezionali; tali condizioni, che non si possono escludere o per altri pianeti o corpi celesti nell'universo, sono però uniche, nel loro insieme, nel sistema solare.

- a) radiazione solare, intesa come luce visibile, ma anche nel suo complesso di radiazioni e di varie lunghezze d'onda e di varie intensità.

- b) campo magnetico terrestre, che crea una barriera al cosiddetto vento solare.
- c) presenza di una atmosfera, che protegge da e radiazioni e meteoriti, conseguenza e del campo magnetico e di altre condizioni.
- d) presenza di ed elementi e composti chimici e per la costruzione dei corpi e per lo svolgimento dei processi vitali.
- e) temperatura idonea al mantenimento delle strutture e terziarie e quaternarie delle proteine
- f) presenza di acqua, componente essenziale di ogni organismo vivente; l'acqua, sulla Terra, grazie alle condizioni di temperatura presenti, si trova nei tre stati di aggregazione: stato gassoso o vapore acqueo, stato liquido od acqua, stato solido o ghiaccio o neve o brina.
- g) presenza di un satellite (Luna) che permette di controllare le maree e altro



Tali condizioni hanno permesso la formazione della vita sulla Terra, che si stima sia nata almeno «3,5 miliardi di anni fa» con modalità ancora non pienamente chiarite, e ne permettono oggi il suo mantenimento.

Occorre considerare inoltre che tutte le condizioni interagiscono tra loro, e che, dalla formazione del pianeta (circa 4,5 miliardi di anni fa) ad oggi, molte sono mutate in modo sensibile.

Anche altri fattori hanno influenze significative, ad esempio:

- a) od i movimenti dell'acqua (correnti oceaniche, ciclo dell'acqua) od i suoi accumuli, o nelle calotte polari o nei grandi ghiacciai; oppure i movimenti dell'atmosfera, legati alle stagioni (e venti di varia natura ed aspetti climatici atmosferici).
- b) l'effetto e delle posizioni reciproche e dei movimenti e della Terra e della Luna e del Sole.
- c) l'effetto delle attività vulcaniche, con l'immissione nell'atmosfera di grandi quantità e di polveri e di gas.
- d) l'effetto degli esseri viventi stessi, in particolare degli organismi che svolgono la fotosintesi clorofilliana (e piante inferiori, specialmente alghe negli oceani, e piante superiori), con l'immissione in atmosfera di grandi quantità di ossigeno.

La *biosfera* può essere scomposta in *macro-unità* caratterizzate da uniformità di condizioni del clima, in cui si sono adattate ed una flora ed una fauna specifiche, definite **biomi**, i quali a loro volta possono essere scomposti in *micro-unità* chiamate **ecosistemi**.

L'orientamento scientifico contemporaneo, invece, non segue questa logica e inserisce gli ecosistemi in una sequenza che fa capo ai principi dell'ecologia ed è quindi sorretta dalla teoria dei sistemi.

(EN)

«On that small blue and white planet below is everything that means anything to you. [...] National boundaries and human artifacts no longer seem real; only the biosphere, whole and home of life.»

(IT)

«Su quel piccolo pianeta blu e bianco là sotto c'è tutto ciò che ha significato per te. [...] I confini nazionali e i manufatti umani non sembrano più reali; solo la biosfera, la sola casa della vita.»

Frase **attribuita a Russell Louis Schweickart** (1935 - ?) detto **Rusty** (Neptune, 25 ottobre 1935) è un ex astronauta statunitense; partecipò alla missione Apollo 9 come pilota del modulo lunare.

## L'idrosfera

### Premessa

Col termine **idrosfera**, dal greco antico (ὑδῶρ - hydōr, acqua e σφαῖρα - sphaira, sfera), si intendono tutte le *acque presenti sulla superficie terrestre* sia allo *stato liquido* sia allo *stato solido* sia allo *stato aeriforme*.

**Nel nostro pianeta l'acqua si trova:**

allo **stato liquido**: e nei *mari e nei laghi e nei fiumi e nelle acque sotterranee* e nelle acque atmosferiche sotto forma di *microscopiche goccioline* sospese.

allo **stato solido**: e nei *ghiacciai e nelle calotte polari*.

allo **stato gassoso**: nell'*atmosfera*, sotto forma di *vapore acqueo*.

## Quantità d'acqua presente sulla terra

L'**idrosfera**, l'involucro acqueo costituito da ed oceani e mari e laghi e fiumi e calotte polari e . . . , con talune soluzioni di discontinuità rappresentate dalle terre emerse, comprende un volume di circa «1 455 000 000 km<sup>3</sup> (1,4 • 10<sup>9</sup> km<sup>3</sup>)» d'acqua, e copre una superficie di circa «361 000 000 km<sup>2</sup> (3,61 • 10<sup>8</sup> km<sup>2</sup>)» su un totale della *superficie terrestre* di «510 000 000 km<sup>2</sup> (5,10 • 10<sup>8</sup> km<sup>2</sup>)»; copre, pertanto, circa il «71%» della *superficie totale*.

### Chiarimenti

Superficie totale della Terra:  $4 \cdot \pi \cdot r^2 = 4 \cdot \pi \cdot 6\,371^2 \approx 510 \cdot 10^8 \text{ km}^2$

Percentuale di superficie coperta dall'acqua:  $361\,000\,000 / 510\,000\,000 = 0,708 \text{ (71\%)}$ .

### Fatto a «100%» la quantità d'acqua totale, si ha:

acqua salata «≈98%», acqua dolce (acque continentali) «≈2%».

circa il «≈94,0%»: in ed *oceani e mari*.

circa il «≈4,3%»: in falde sotterranee (nella litosfera).

circa il «≈1,6%»: in e *ghiacciai e calotte polari*.

circa il «≈0,1%»: in e fiumi e laghi e vapor d'acqua ed umidità.

### Fatto a «100%» la quantità d'acqua dolce, si ha:

calotte polari e ghiacci «≈79%», acque sotterranee «≈20%», acque superficiali «≈1%»,

## Il ciclo dell'acqua

Il **ciclo dell'acqua** o **ciclo idrologico** è un processo molto importante, e per gli esseri umani e per gli animali e per le piante, poiché garantisce la rigenerazione dell'acqua che altrimenti si esaurirebbe; e senza più acqua usufruibile la vita sulla Terra cesserebbe.

Il *ciclo dell'acqua* è caratterizzato da quattro fasi.

### L'evaporazione

La prima fase è quella del cambiamento di stato che corrisponde all'**evaporazione**; i raggi del Sole, scaldano l'acqua e degli oceani e dei mari e dei fiumi e . . . , ma anche quella che si trova e negli *esseri viventi* e nelle *piante*, trasformandola in **vapore**.

L'evaporazione consiste proprio in questo passaggio dell'acqua dallo stato liquido a quello gassoso; in quest'ultimo stato il vapor d'acqua sale verso l'alto.



### La condensazione

Nel momento in cui il *vapore acqueo* raggiunge gli strati più elevati della troposfera, in cui la temperatura è a livelli inferiori, e si raffredda, e subisce una nuova trasformazione tornando allo stato liquido o liquido o solido o in tante piccolissime gocce d'acqua o in cristalli di ghiaccio, formando le nuvole.

### Le precipitazioni

Il ciclo dell'acqua continua con l'aggregazione e delle piccole gocce di vapor d'acqua e dei cristalli di ghiaccio, che formano le nuvole, rendendole sempre più pesanti; quando il loro peso raggiunge determinati valori, cominciano a cadere a terra sotto forma o di pioggia o di grandine o di neve, a seconda della temperatura che c'è nell'aria.

### L'infiltrazione

Con le precipitazioni, l'acqua che non ghiaccia torna allo stato liquido e cade sulla terra sia alimentando i corsi d'acqua sia ritornando e nei laghi e nei mari e negli oceani.

Un'altra parte precipita sul terreno, dove viene assorbita fino a grandi profondità: sia infiltrandosi nel sottosuolo sia scorrendo tra le rocce ed incrementando le **falde idriche**; in alcune situazioni può diventare anche **acqua minerale naturale**,

Il processo, poi, ricomincia.

## Temperatura dell'acqua di mare

La temperatura delle acque superficiali marine dipende e dalla latitudine e dalla stagione, mentre la temperatura delle acque dei laghi dipende anche dalla quota; nella fascia equatoriale, la temperatura delle acque superficiali marine si mantiene costante tutto l'anno intorno ai «27 °C».

La temperatura delle acque diminuisce anche con la profondità: tra i «200 m ÷ 1 000 m» si verifica una brusca diminuzione di temperatura; a questo strato si dà il nome di **strato termocline**; la temperatura si stabilizza poi in profondità su valori intorno ai «4 °C ÷ 5 °C» vicino ai «1 500 m ÷ 2 000 m» di profondità per poi avvicinarsi a «0 °C» alle maggiori profondità oceaniche.

## Pressione nelle profondità marine

La pressione esercitata dall'acqua, detta pressione idrostatica, varia al variare e della temperatura e della salinità; mediamente aumenta con un incremento di circa un'atmosfera per ogni dieci metri di profondità (1 atm ogni 10 m).

## Salinità dell'acqua di mare

La **salinità delle acque marine** indica la quantità di sali in esse disciolti che provengono dal costante apporto di sostanze saline da parte e dei fiumi che scorrono sulle terre emerse e dei vulcani sottomarini e dagli organismi marini in decomposizione.

La salinità è il peso in grammi dei sali disciolti in un litro di acqua; si esprime o in «g/L» o in parti per mille (‰) e, nei mari, è in media di «35 g/L» o, parimenti, di «35‰»; esistono, per contro, sia zone a bassissima salinità come, ad esempio, il *Golfo di Botnia* «1‰ ÷ 7‰» sia zone a bassa salinità come, ad esempio, il *Mar Baltico* «6‰ ÷ 18‰» sia zone ad elevata salinità come, ad esempio, o il *Mediterraneo* «38‰ ÷ 39‰» o il *Mar Rosso* «50‰» sia zone ad elevatissima salinità come, ad esempio, il Mar Caspio «285‰».

### Curiosità

Il *Mar morto*, che è un lago, ha una salinità di «345 g/L» (la cifra è corretta) con una densità di «1,24 kg/L» (anche questa cifra è corretta).

### Precisazioni

Il **litro**, come unità di misura del volume, non è un'unità del **SI**, ma è tuttora accettata a titolo transitorio; riferendosi al **SI**, un litro equivale a «10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>» (ovvero «1 dm<sup>3</sup>») [in verità «1 L» equivale a «1,000 28 dm<sup>3</sup>»].

Nel 1979, durante la **16ª Conferenza generale dei pesi e delle misure**, fu adottato il simbolo «L» (elle maiuscola) al posto del simbolo «l» (elle minuscola), adottato nel 1879 dal **Comitato internazionale dei pesi e delle misure**.

La presenza di sali disciolti fa sì che l'acqua marina abbia un punto di solidificazione inferiore a quello dell'acqua pura (distillata), che è «0 °C»; l'acqua di mare solidifica a circa «-1,9 °C» e questo è importante per la vita nel mare.

## Tabella della densità dell'acqua di mare

Salinità g/L (‰)	Densità kg/m <sup>3</sup>
42	1 029
41	1 028
40	1 027
38	1 026
37	1 025

Salinità g/L (‰)	Densità kg/m <sup>3</sup>
36	1 024
34	1 023
33	1 022
32	1 021
30	1 020

Sempre per la presenza di sali disciolti, ed alla pressione di «101 325 Pa (1 atm)» ed alla temperatura di «20 °C (293,15 K)», la densità dell'acqua di mare varia a seconda della propria salinità secondo i valori forniti dalla precedente Tabella:

## L'alocline

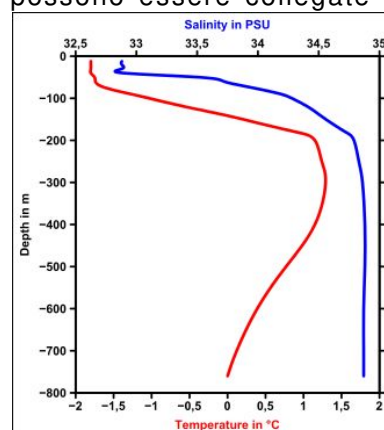
In oceanografia, l'**alocline** è un fenomeno di stratificazione dell'acqua con diverso grado di salinità, collegato alla diversa densità dei due strati, che di conseguenza sono poco miscibili tra loro; un aumento del contenuto in sali dell'acqua di «1 kg/m<sup>3</sup>» provoca un aumento della densità di circa «0,7 kg/m<sup>3</sup>».

Queste variazioni delle proprietà di grandi masse d'acqua possono essere collegate a variazioni repentine o del gradiente di temperatura (*termocline*) o della densità (*picnocline*) o, in generale, delle proprietà chimiche della massa d'acqua (*chemocline*).

Alle medie latitudini, specialmente nelle fasce tropicali, dove l'evaporazione prevale sulle precipitazioni, la superficie delle acque marine tende ad essere più salata delle acque profonde e di conseguenza lo strato superficiale è più denso e dovrebbe quindi tendere a sprofondare.

D'altra parte lo strato superficiale è anche più caldo di quelli profondi e di conseguenza è meno denso; questo provoca un'instabilità localizzata dell'alocline che tende a innescare un rimescolamento delle acque.

Andamento della temperatura e della salinità dell'acqua nell'Oceano Artico (85,10 N, 117,28 E), il 1° gennaio 2010.



## Conducibilità elettrica dell'acqua

L'acqua pura è un cattivo conduttore di elettricità, preso atto che la corrente elettrica è trasportata dagli ioni in soluzione; la conducibilità dell'acqua aumenta all'aumentare delle specie ioniche in essa disciolte e, pertanto con l'aumentare della propria salinità.

### Valori tipici della conducibilità dell'acqua

Acqua ultrapura:  $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$

Acqua potabile:  $0,005 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1} \div 0,05 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$

Acqua di mare:  $5 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$

$$S = \frac{1}{\Omega} = \frac{A}{V} = \frac{\text{s}^3 \cdot \text{A}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}^2}$$

In cui: S = Siemens –  $\Omega$  = ohm – A = ampere – V = volt – s = secondi – m = metri.

**Ernst Werner von Siemens** (1816 – 1892) è stato un ed imprenditore ed ingegnere tedesco.

**Georg Simon Alfred Ohm** (1789 – 1854) è stato un e fisico e matematico tedesco.

**André-Marie Ampère** (1775 – 1836) è stato un fisico francese.

**Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta** (1745 – 1827) è stato un e chimico e fisico ed accademico italiano.

La conducibilità dell'acqua di mare, oltre a crescere con l'aumentare della salinità, cresce anche con l'aumentare e della temperatura e della pressione.

## Trasparenza dell'acqua di mare

In base alla **trasparenza**, cioè la capacità dell'acqua di essere penetrate dalla luce, si possono distinguere tre zone.

**Zona eufotica o zona fotica:** nella quale tutte le radiazioni riescono a penetrare e l'intensità della radiazione solare è sufficiente a permettere la vita delle piante *fotosintetiche*; dipende dalle caratteristiche di limpidezza dell'acqua, ma è compresa, comunque, nei primissimi metri di profondità.

**Zona oligofotica:** nella quale riescono a penetrare solo le radiazioni corrispondenti ai colori verde e blu ed indaco e violetto.

**Zona afotica:** o zona di **penombra**, che inizia verso i «1 000 m» di profondità, nella quale la luce è del tutto assente e la vita molto scarsa; In questa zona non si incontra altra luce se non quella prodotta tramite bioluminescenza.

La profondità considerata come limite tra la zona **fotica** e quella **afotica** si pone attorno ai «100 m ÷ 200 m» di profondità con una temperatura di «0 °C ÷ 6 °C»: anche se a tali profondità la luce è ancora sufficiente per vedere, non lo è più per la fotosintesi (talvolta questa zona viene definita come **zona disfotica**).

Oltre alle frequenze a noi visibili, ve ne sono altre due molto importanti: l'infrarosso, di lunghezza d'onda maggiore del rosso, che produce il riscaldamento, l'ultravioletto, di lunghezza d'onda inferiore del violetto, che ha importante azione antibatterica; si fermano nei primi centimetri di profondità.

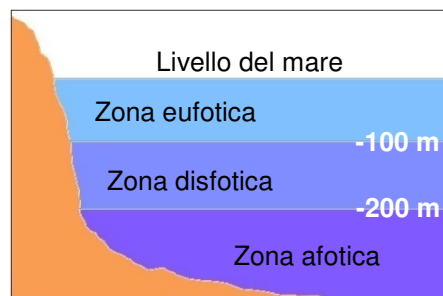
## Misura della trasparenza dell'acqua

Tuttora, per eseguire valutazioni qualitative o della trasparenza o della torbidità delle acque, è in uso un semplice strumento denominato **Disco di Secchi** o **Disco Secchi** (*Secchi Disk*), inventato dal e gesuita ed astronomo italiano padre **Angelo Secchi** (1833 – 1848) fondatore della spettroscopia astronomica, e da lui utilizzato per la prima volta durante una crociera nel Mar Mediterraneo effettuata nel 1865 a bordo della *pirocovetta Immacolata Concezione* della Marina dello Stato Pontificio.

Il **Disco di Secchi** è costituito e da un disco zavorrato dipinto o di bianco o a quadranti e bianchi e neri, del diametro di «30 cm (≈11,8 in)», che affonda nell'acqua e da una corda contrassegnata con le indicazioni della profondità.

### Curiosità

Il **Disco di Secchi**, originariamente dipinto solo bianco, fu modificato nel 1899 dall'ingegnere civile americano, esperto nel campo della microbiologia sanitaria, **George Chandler Whipple** (1866 - 1924) in un disco di «20 cm (≈7,9 in) di diametro, diviso in quadranti dipinti alternativamente in bianco e nero, utilizzato nelle indagini di limnologia.



### Precisazioni

Il simbolo «in» indica i pollici (*inch* in inglese).

La **limnologia** (dal greco λίμνη, *límne* = acqua stagnante e λόγος, *logos* = studio) è quella branca dell'idrologia che studia le caratteristiche e chimiche e fisiche e biologiche delle acque o ferme o con moto inapprezzabile (i cosiddetti **ambienti lentic**: laghi, paludi, stagni, ecc.), sia delle acque dolci sia di quelle salate.

Gli **ambienti lotici** (dal latino *lotus*, part. pass. di *lavēre lavare*), sono, per contro, relativi alle acque correnti come: fiumi, torrenti, ruscelli ecc.)

Per eseguire le misurazioni, si cala in acqua il *Disco di Secchi* fino al punto in cui non è più visibile e si prende nota della lettura sulla lenza (si legge la profondità alla quale è arrivato); si abbassa, poi, il disco ancora un altro poco e, infine, lo si risollewa fino a quando lo si vede nuovamente; si prende nota, quindi della nuova lettura sulla lenza e si esegue la media delle due misurazioni per una determinazione più accurata.

Quando si lavora in squadra (*team* per chi ama i termini in inglese), può essere utile che tutti i suoi componenti effettuino la propria misurazione della torbidità utilizzando il disco Secchi; al termine delle le operazioni si effettuerà una media di tutte le misurazioni.

### Osservazioni

Per una più corretta esecuzione delle operazioni, è meglio posizionarsi sul lato ombreggiato o della barca o del molo e togliersi gli occhiali (da sole), in quanto i riflessi sulle lenti possono compromettere l'accuratezza della lettura; l'orario più adatto, per ottenere i migliori risultati è compreso fra le «ore 9:00 ÷ ore 10:00» e le «ore 14:00 ÷ ore 15:00».

Dovrebbe essere inutile sottolineare che chi esegue la misurazione della profondità deve essere dotato di un'ottima vista.

Ogni qualvolta si prendono delle misure, si deve tenere annotazione di alcuni fattori che influenzano fortemente e l'intensità della luce e la qualità in un corpo idrico:

- Data ed ora del giorno.
- Condizioni meteorologiche e copertura nuvolosa.
- Persone che hanno preso parte alle misurazioni.
- Latitudine ed altitudine del luogo (ricordiamoci i laghi)
- Trasparenza atmosferica (foschia, fumo, particelle, etc.).

Dal valore della profondità massima alla quale si può ancora vedere il Disco di Secchi (denominata **profondità Secchi**), si può ricavare il **coefficiente di estinzione** « $\eta$ » utilizzando l'equazione:

$$\eta = \frac{1,7}{Z}$$

In cui:  $\eta$  = coefficiente di estinzione – Z = profondità di Secchi espressa in metri.

$$I_z = I_0 \cdot e^{-\eta Z}$$

In cui:  $I_z$  = intensità luminosa alla profondità Z –  $I_0$  = intensità luminosa in superficie – e = base dei logaritmi neperiani – noti gli altri simboli.

L'attenuazione della luce in acqua si verifica a causa dei processi e di assorbimento e di dispersione; la conoscenza di quanto la luce può viaggiare attraverso l'acqua può dare un'idea e delle particelle presenti nell'acqua e della quantità di energia solare che penetra attraverso la colonna d'acqua e degli organismi che possono vivere lì.

I produttori primari, come il *fitoplancton*, richiedono energia solare per produrre cibo attraverso il processo della fotosintesi, pertanto, l'intera rete alimentare, in un ecosistema acquatico, si basa sull'energia luminosa per funzionare correttamente.

### Osservazioni

Le misurazioni eseguite col *Disco di Secchi* non indicano come l'attenuazione varia o con la profondità o con particolari lunghezze d'onda della luce.

I fotometri sottomarini possono operare ad una profondità di «150 m (492 piedi)» e possono registrare parti e visibili e ultraviolette e infrarosse dello spettro.

I *torbidimetri* ed i *transmissometri* hanno le proprie sorgenti luminose e possono misurare la trasparenza delle acque con accuratezza scientifica.

## Il colore dell'acqua di mare

Il **colore dell'acqua di mare** è prevalentemente azzurro-blu, ma con variazioni al verde e al viola dovuto alla diffusione della luce prodotta dalle stesse d'onda maggiore (come il rosso) e lasciano passare quelle con lunghezza d'onda minore (come il blu).

Variazioni di colore possono essere determinati o dalla copertura del cielo o dalla presenza di particelle ed organiche ed inorganiche, in sospensione nell'acqua, derivanti dall'azione antropica.

## Velocità del suono in acqua salata

La trasmissione del suono è di notevole importanza per le applicazioni in navigazione e risulta funzione e della temperatura e della salinità e della pressione; una relazione approssimata può essere la seguente:

$$V_s = 1\,449 + 4,61 \cdot t - 0,055 \cdot t^2 + (1,39 - 0,02 \cdot t) \cdot (S - 35) + 0,017 \cdot z$$

In cui:  $V_s$  = velocità del suono, espressa in (m/s) -  $t$  = temperatura dell'acqua, espressa in gradi celsius (°C) -  $S$  = salinità, espressa in (‰) -  $z$  = profondità, espressa in metri (m).

Nel **Mar Mediterraneo** (salinità « $S$ » = 38,5 ‰) e con una temperatura di «15 °C» ed alla profondità di «5 m», la velocità del suono risulterebbe:

$$V_s = 1\,449 + 4,61 \cdot 15 - 0,055 \cdot 15^2 + (1,39 - 0,02 \cdot 15) \cdot (38,5 - 35) + 0,017 \cdot 5 = 1\,509,675 \text{ m/s}$$

Dalla formula, si evince.

- La temperatura è il parametro più significativo nella determinazione della dipendenza della velocità del suono « $V_s$ », in acqua salata.
- L'aumento di « $V_s$ » con la profondità è uguale per tutti i mari, dipendendo esclusivamente dalla pressione.

Dallo studio della variazione della velocità del suono « $V_s$ » con la quota batimetrica, nei mari profondi, si possono identificare tre zone principali:

- La prima ristretta ad uno strato superficiale di un centinaio di metri.
- La seconda corrispondente al così detto strato termocline di circa «1 000 m» in cui la velocità del suono « $V_s$ » decresce con la profondità, come parimenti avviene per la temperatura.
- La terza è lo strato che si estende fino al fondo dei mari e degli oceani, in cui la velocità del suono « $V_s$ » aumenta, con la profondità, per effetto della sola pressione, essendo la temperatura costante intorno ai «3 °C ÷ 0 °C».

### **Moti particolari delle acque**

Le **maree** sono causate dall'attrazione gravitazionale *lunisolare* (e del Sole e della Luna sommate assieme).

Quando la Luna è in o in congiunzione o in opposizione al Sole, le due forze si sommano fornendo il massimo valore e le maree raggiungono la massima ampiezza, cioè la massima differenza di livello fra l'alta e la bassa marea; questa situazione viene chiamata **marea sigiziale**.



## *Leggende*

qualsiasi racconto tradizionale di argomento o religioso o eroico, nel quale e i fatti e i personaggi, sia immaginari sia desunti dalla storia (ma soggetti in questo caso a un'amplificazione fantastica che altera il dato storico), sono in genere collegati con e luoghi e tempi determinati



## *I giorni della Merla*

### **Trattazione**

I **giorni della merla** sono, a seconda della tradizione, o gli ultimi tre giorni di gennaio (29, 30 e 31) o gli ultimi due giorni di gennaio ed il primo giorno di febbraio; sarebbero, secondo la credenza popolare, i tre giorni più freddi dell'anno.

Le statistiche meteorologiche, degli ultimi decenni, per contro, contrastano con il detto popolare; non vi sono, pertanto, elementi scientifici a supporto della credenza.

In dorgalese il **giorno** si chiama: **die**.

In dorgalese il **gennaio** si chiama: **ghennarzu**.

In dorgalese il **febbraio** si chiama: **frearzu**.

### **Ipotesi sull'origine della locuzione**

Un'ipotesi riferisce che *dovendo trasportare un cannone, denominato la Merla, nella sponda opposta del Po, gli artiglieri aspettarono appunto questi giorni in cui il fiume era completamente gelato per poter sostenere il peso del pezzo d'artiglieria.*

Una seconda ipotesi riferisce che *una Mobile Signora di Caravaggio, nominata de Merli, invece di traghettare sul Po, per recarsi dal marito, preferì aspettare questi giorni per poter passare sopra il fiume gelato.*

### **Una filastrocca**

Oh che freddo! Oh che gelo!  
 Vento forte e nubi in cielo!  
 La pozzanghera è ghiacciata,  
 la grondaia si è gelata!  
 Indossiam sciarpe e cappelli,  
 bei maglioni e gran mantelli,  
 paraorecchie e poi giacconi  
 canottiere, calzettoni!  
 Ma 'sto freddo non va via:  
 gela tutto, mamma mia!  
 Più pungente di una sberla:  
 sono i giorni della merla!

**Jolanda Restano**

## I giorni della Vecchia

### Trattazione

I **giorni della vecchia** o **giorni imprestati** sono, secondo la tradizione popolare, gli ultimi tre giorni di marzo, 29, 30 e 31) nei quali, solitamente, si parla di un ritorno del freddo; sono, infatti, considerati i giorni più freddi della primavera.

### La leggenda

Si narra che *una vecchietta pregustando a fine marzo (marzo aveva allora solo 28 giorni) ormai il tepore della primavera, disse: **Marzo, ormai farmi danno tu non puoi più, perché oggi già è aprile e il Sole è già su!***

Fu così che marzo, offeso, chiese tre giorni in più ad aprile e li utilizzò per fare arrivare di nuovo sulla terra il freddo invernale e far ammalare la vecchia.

In *dorgalese* la **leggenda** si chiama: **contu, paristoria, contassia**.

In *dorgalese* il **marzo** si chiama: **martu**.

In *dorgalese* il **aprile** si chiama: **aprile**, come in italiano.

### Un'altra versione

Na vota ce steva na vecchia, che teneva le pecure i ce fovane appena nate j'ainucce; datese che faceva ancora fridde, ce diss' a marze: — *Vattinne marze meje, che scimmallite, ca s'ainucce meje ha misse se curnitte!!*— I marze ce respunneje:— *Se me retorne facce la remonna!*— Allora marze ce revulgeje a apreile:— *Cumbà abbrile, cumbà abbrile, prestame tre deje!*— *Pijatene quattre!*— *ce respunneje apreile*. I accusceje, arrevì na schiaraventa, che tutte le vendelille i ce murierne tutte j'ainucce....ti accedeje! Ce salvierne sole quije che stevane sotto la onna, longa, de la vecchia! E quindi, ricordatevi che se marze ce retorna, fa la remonna!

### Traduzione (e commenti)

A Villalago (Aq.) gli ultimi giorni di marzo ed i primi di aprile, sono chiamati i giorni della vecchia, perché c'è un'antica leggenda, la storia della vecchia, tramandata addirittura dai bisnonni.

C'era una volta un'anziana signora che aveva un gregge di pecore, le quali avevano appena partorito; la vecchia aveva un occhio di riguardo per gli agnellini (s'ainucce, che è dialetto antico, poi c'è stato j'ainucce e oggi, invece, i giovani li chiamano j'agnellucce).

Datosi che continuava a fare freddo, la vecchia se la riprese con marzo e gli disse: *Vattene marzo mio maledetto, che i miei agnellini hanno messo, o gli sono spuntati, i cornetti!* (anche agli agnellini, come ai capretti, appena nati spuntano i cornetti in testa; ai primi, crescendo, spariscono, mentre ai secondi rimangono).

Marzo le rispose indignato: *Se torno indietro, faccio un macello!* ('na remonna è una distruzione, una disfatta, o un misfatto, o uno sfacelo, ecc.); allora marzo si rivolse ad aprile:— *Compare aprile, compare aprile, prestami tre dì!* — *Pigliatene quattro!* — gli rispose aprile. (Anche qui abbrile è antico, apreile e april sono di oggi, come pure sono differenti i verbi del passato remoto, come pure se curnitt.....).

Così arrivò una nevicata gelida, seguita da una tormenta: morirono tutti gli agnellini...li ammazzò il freddo! Si salvarono solo quelli che stavano sotto la lunga gonna della vecchia! Quindi, se Marzo ci ripensa fa un macello.

Perché? Perché, a fine mese, può distruggere tutto ciò che è appena o nato o sbocciato o arrivato come le rondini...ci fa anche ammalare di nuovo! Mai fidarsi di marzo a cavallo di aprile, anche se, già dall'inizio si sa che marze a dà fà sett' duvete! Quindi, sin dall'inizio del mese bisogna contare bene le perturbazioni.

A cura di **Antonia Anna Pinna**

### Una versione sarda

A **Scano Montiferro** in Sardegna (OR) o **iscanu** in sardo, si racconta di *sas dies imprestadas* (le giornate prese in prestito), volendo riferirsi alle giornate più fredde dell'anno (e il 30 e il 31 di marzo).

Narra la leggenda che, quando gennaio era di 29 giorni fece bel tempo per tutto il mese. Il pastore era contento perché il pascolo sarebbe stato rigoglioso e lui avrebbe avuto un buon reddito. Il pastore si vantò: *mancu males chi oc annu est cominzadu cun su tempus bonu e Bennarzu oramai ch'est casi fora!* Ovvero (meno male che quest'anno è iniziato col buon tempo e ormai gennaio è alla fine!).

Allora Gennaio, dispettoso e cattivo – prosegue la leggenda – disse: *ah gasi est? como ti lu fatto 'ier deo!* Ovvero: (Ah è così? Ora ti faccio vedere io!).

Voleva umiliare ed il pastore ed il mondo intero e con il gelo e con il freddo; ma poiché

era alla fine dei suoi giorni e non avrebbe potuto mettere in opera il suo intento, andò, pertanto, da febbraio, che allora era di trenta giorni, e gli chiese due giorni in prestito:

*Frearzu, prestami duas dies, tales chi ponze nie, tales chi ponze 'iddia e frocca, chi su pastore si 'occat!* Ovvero: (Febbraio prestami due giorni, così che possa scatenare il maltempo con la neve e il gelo, affinché il pastore muoia di freddo), e *gasie imparat a si 'antare*, ovvero; (così impara a vantarsi).

Febbraio acconsentì, gli prestò due giorni, e così Gennaio in quei due giorni si diede da fare a più non posso, con la neve e il gelo, e giorno e notte.

Cadde tanta di quella neve che gli animali non poterono più trovare di che nutrirsi e piano piano iniziarono a perire e di fame e di freddo; tutte le pecore del pastore morirono assiderate.

Si racconta che il povero pastore riuscì a salvarne soltanto una che era riuscito ed a riparare ed a nascondere sotto *unu labiolu* (la caldaia di rame che usava per fare il formaggio).

Da allora il mese di gennaio ha «31 giorni», mentre febbraio è rimasto di soli «28» e, ancora oggi, aspetta di riavere le giornate date in prestito.

Raccontata da nonna - **Nanni 'elogu 2009** – vedi: **su situ de nanni 'elogu**.

## *L'estate di San Martino*

### Trattazione

Per **estate di San Martino** si intendono quei giorni intorno all'11 novembre (giorno del Santo) caratterizzati e da una temperatura più estiva che autunnale e da bel tempo; un periodo mite, e con assenza di precipitazioni e con prevalenza di schiarite, che nell'emisfero boreale si verifica proprio in concomitanza del giorno in cui si celebra il Santo, mentre, in quello australe, si verifica tra fine aprile ed inizio maggio.

Un proverbio popolare molto antico, a sfondo sia religioso sia laico, diffuso in molte zone d'Italia, riguarda e una festività e le tendenze meteo di quel periodo dell'anno e recita:

«*L'estate di San Martino  
dura tre giorni e un pochino.*»

In *dorgalese* l'**estate** si chiama: **istade**.

### La leggenda

Il nome ha origine dalla *tradizione del mantello*, secondo la quale il vescovo cristiano del **IV secolo**, originario della Pannonia (l'odierna Ungheria) **Martino di Tours**, in latino **Martinus** (316 o 317 – 397), divenuto poi San Martino, nel vedere un mendicante seminudo soffrire il freddo durante un acquazzone, gli donò metà del suo mantello; poco dopo incontrò un altro mendicante e gli regalò l'altra metà del mantello.

Subito appresso e il cielo si schiarì e la temperatura si fece più mite, come se all'improvviso fosse tornata l'estate.

Il nome di *estate di San Martino* è condiviso con le culture e iberofone e francofone; nei paesi anglosassoni il fenomeno viene chiamato *Indian Summer* (estate indiana), mentre in alcune lingue slave, tra cui il russo, è chiamato *Bab'e Leto*.

### San Martino

La nebbia agli irti colli  
piovigginando sale,  
e sotto il maestrale  
urla e biancheggia il mar;  
ma per le vie del borgo  
dal ribollir de' tini

.....

**Giosue' Carducci** (1835 - 1907)

### Curiosità

L'**estate di San Martino** (Nachsommer, 1857) è uno dei romanzi più celebri dello e scrittore e pittore e pedagogo austriaco **Adalbert Stifter** (1805 – 1868).

## La leggenda di Re Laurino

Legata all'**enrosadira** (vedi: *L'enrosadira* a pagina 72)

### Trattazione

La **leggenda di Re Laurino**, un re dei nani che aveva sul Catinaccio (in tedesco: *rosengartengruppe*) uno splendido giardino di rose (il significato della parola tedesca *rosengarten* è appunto giardino di rose), offre una spiegazione ed alternativa e suggestiva al fenomeno.

Un giorno il principe del Latemar, incuriosito dalla vista delle rose, si inoltrò nel regno di re Laurino, ne vide la figlia Ladina, se ne innamorò e la rapì per farne la sua sposa.

Laurino, disperato, lanciò una maledizione sul suo giardino di rose colpevole di aver tradito la posizione del suo regno: né di giorno, né di notte alcun occhio umano avrebbe potuto più ammirarlo; Laurino dimenticò, però, e l'alba ed il tramonto periodo in cui, ancora oggi, ed il giardino e i suoi colori divengono e visibili e apprezzati.

Secondo un'altra versione, un giorno il re dell'Adige decise di trovare un marito alla bella principessa Similde, dunque invitò tutti i principi del regno ad un torneo, tranne Laurino, ma lui si presentò ugualmente, nascosto da un mantello dell'invisibilità, e decise di rapire la fanciulla per averla tutta per sé.

La portò nel suo roseto, ma i cavalieri del re riuscirono ad accerchiarlo dopo averlo inseguito; Laurino indossò una cintura che gli dava la forza pari a quella di 12 uomini, combatté, ma nonostante l'invisibilità venne catturato dai soldati, che seguivano i suoi spostamenti osservando il fruscio dei cespugli di rose.

Allora Laurino, addolorato per essere stato tradito dal suo stesso giardino, lanciò su di esso una maledizione: il magnifico roseto non sarebbe più stato visto da nessuno, né di giorno, né di notte.

Ma nel pietrificare il giardino dimenticò e l'alba ed il tramonto; così da allora le rose riappaiono ed al principio ed alla fine di ogni giorno, colorando le montagne del loro colore.

### Curiosità

Il fenomeno è stato omaggiato più volte nel mondo della musica: il gruppo symphonic metal finlandese Nightwish vi ha dedicato una canzone, **Alpenglow**, tratta dall'album *Endless Forms Most Beautiful* del 2015 e nell'EP *Giovane Cagliostro* dell'artista synth-pop italiano Vinnie Marakas, pubblicato nel 2022, è presente un brano intitolato *Enrosadira*.<sup>[12]</sup>

Il fenomeno dell'enrosadira è descritto anche nella storia Disney **Topolino e la fata delle Dolomiti**, pubblicata sul settimanale *Topolino* nel 1989, inoltre, con lo stesso termine, si identificano anche ed un vino rosso trentino, della valle dei Laghi, ed una varietà di lampone.

*Curiosando fra gli  
strumenti meteorologici*



## Curiosando fra i barometri

### Lo strumento

Il **barometro** (dal greco βάρος, peso e μέτρον, misura) è lo strumento di misura della pressione atmosferica la quale, nel sistema internazionale, viene espressa in pascal (Pa).

### Il tempest Prognosticator

Il medico ed inventore britannico **dott. George Merryweather** (1794 – 1870) aveva notato che così come le rane cominciano a gracchiare all'approssimarsi di una tempesta e gli uccelli volano bassi ritornando al loro nido e molti animali domestici si agitano, anche le *sanguisughe*, immerse in acqua dolce manifestano una certa irrequietezza e, invece di restare rannicchiate sul fondo del recipiente, cercano di venirne fuori.

Da questa constatazione, il dottor Merryweather ebbe l'idea per realizzare una macchina per prevedere le tempeste che presentò nel 1851 alla **Grande Esposizione Universale di Londra** e che, in un primo tempo, chiamò «**Atmospheric electromagnetic telegraph, conducted by animal instinct**» (*Telegrafo elettromagnetico atmosferico, condotto dall'istinto animale*), per poi abbreviarne il nome in «**Tempest Prognosticator**» (*pronosticatore di tempeste*); questa macchina, per contro, è più conosciuta come «**Leeches barometer**» (*Barometro a sanguisughe*).

Il marchingegno era costituito da una decina di barattoli di vetro pieni d'acqua dolce per circa il «25%» in ognuno dei quali era posta una sanguisuga; al tappo delle boccette aveva collegato un filo a sua volta collegato a dei campanelli posti nella parte più alta della macchina simile ad un campanile in miniatura.

Ad oggi esiste solo una replica di questo originale strumento in quanto l'originale venne perso dopo nemmeno un anno dalla sua invenzione; la potete trovare presso il **Whitby Museum** nel **Regno Unito**.

All'approssimarsi di una tempesta, le sanguisughe uscivano dall'acqua e, risalendo su per il filo, stimolavano, attraverso la loro agitazione, il martelletto delle campanelle mettendolo in movimento.

Il tintinnio delle campanelle avrebbe segnalato, pertanto, l'imminente arrivo di una tempesta; tanto più numerose erano le sanguisughe che facevano suonare le campanelle, tanto più probabile era l'arrivo del temporale.

#### Osservazioni

Una nota davvero tenera e positiva risiede nel fatto che si venne a sapere che *Merryweather* dispose le sanguisughe ed in barattoli di vetro ed in cerchio a ragion veduta; lo fece per e non farle sentire isolate e non creargli stress poiché, in questo modo, potevano vedersi l'una con l'altra e in un certo senso *distrarsi*.

### Il barometro di Fitzroy

Il **barometro di Fitzroy**, detto anche in inglese **storm glass**, è un dispositivo per le previsioni meteorologiche, costituito da un contenitore sigillato di vetro riempito di un liquido che permette di prevedere il tempo osservandone l'aspetto.

È stato ideato dal e scienziato e meteorologo ed idrografo e Vice-Ammiraglio inglese **Robert Fitzroy** (1805 - 1865); fondatore del primo *servizio meteorologico* della storia, che guidò per una decina di anni, dal 1854 fino alla sua morte.

#### Descrizione

Il liquido all'interno del bicchiere è una miscela di diversi ingredienti:

- 2,5 g di nitrato di potassio
- 2,5 g di cloruro di ammonio
- 33 ml di acqua distillata
- 40 ml di etanolo (o alcol etilico)
- 10 g di canfora naturale

#### Preparazione

Scaldare l'acqua e sciogliere ed il nitrato di potassio ed il cloruro di ammonio, aggiungere l'etanolo, aggiungere la canfora; mettere in provetta tappata.

Questa miscela è stata inventata dal e navigatore ed esploratore e meteorologo britannico **Robert Fitzroy** (1805 – 1865) e lo strumento è stato utilizzato anche dal e biologo enaturalista e geologo ed esploratore **Charles Darwin** (1809 – 1882) nel suo viaggio sul brigantino HMS *Beagle*; durante lo storico viaggio, Robert Fitzroy ha attentamente documentato come lo storm-glass preveda il tempo:

- se il liquido nello storm-glass è limpido, il tempo sarà chiaro e luminoso
- se il liquido è torbido, il tempo sarà nuvoloso e, forse con precipitazioni
- se ci sono dei puntini nel liquido, il tempo sarà umido o nebbioso



se ci sono dei piccoli cristalli ci saranno temporali  
 se il liquido contiene piccoli cristalli nelle soleggiate giornate invernali c'è neve in arrivo  
 se ci sono cristalli di grandi dimensioni sarà nuvoloso nelle zone temperate o neve in inverno;  
 se ci sono cristalli sul fondo, questo indicherà gelo durante l'inverno  
 se ci sono filamenti nella parte superiore, sarà ventoso

#### Curiosità

Nel 1859, violenti temporali colpirono le isole britanniche. In risposta, la corona inglese distribuì storm-glass, allora noti come o *barometro di Fitzroy* o *barometro da tempesta*, a molte piccole comunità di pescatori intorno alle isole britanniche affinché potessero essere consultati da parte delle navi, nel porto, prima di salpare.

La dottoressa Anne Marie Helmenstine illustra come funzionano gli storm-glass; il testo originale è presente in un articolo su *about.com*:

Uno **storm-glass** lavora sulla premessa che la temperatura e la pressione incidono sulla solubilità del miscuglio, a volte rendendo il liquido trasparente, altre volte causando una precipitazione del soluto.

Per contro, il metodo con cui funziona non è del tutto chiaro, anche se è ben noto che la temperatura influenzi la solubilità, alcuni studi hanno osservato contemporaneamente diversi storm-glass formare cristalli simili a differenti temperature, inoltre, gli *storm-glass* non sono esposti alle variazioni di pressione e non reagiscono alle variazioni di pressione associate ai sistemi meteo.

Alcuni hanno proposto che le interazioni tra la parete di vetro dello storm-glass e il liquido contenuto causi la formazione di cristalli dando alcune spiegazioni che includono o effetti di elettricità o *effetto tunnel* sul vetro.

#### Osservazioni

Il sistema era usato per verificare in anticipo le condizioni di navigazione, ma l'unico fattore che sembra influire sulla formazione dei cristalli sono i cambiamenti di temperatura: più che di previsioni vere e proprie, quindi, è più corretto parlare di condizioni meteo già in corso.

L'ultima ipotesi è, forse, un poco azzardata.

## Curiosando fra i termometri

### Lo strumento

Il **termometro** è uno strumento di misura adatto a misurare la temperatura la quale, nel sistema internazionale viene espressa in kelvin (K).

### Il termoscopio di Galileo

**Vincenzo Viviani** (1622 – 1703) riferisce che **Galileo Galilei**, nel 1597 a Padova, realizzò uno strumento atto a rilevare le variazioni di temperatura che costituisce l'antesignano del moderno termometro.

**Vincenzo Viviani** (1622 – 1703) è stato un e matematico ed astronomo ed ingegnere italiano, allievo di Evangelista Torricelli e discepolo (il più giovane) di Galileo Galilei.

#### Curiosità

Il primo termometro, chiamato termoscopio, fu realizzato dallo e scienziato e scrittore greco **Filone di Bisanzio** (280 a.C. - 220 a.C.), uno scienziato attivo nella biblioteca di Alessandria; lo strumento funzionava utilizzando la dilatazione termica dell'aria

Lo strumento, detto **termoscopio**, è costituito da una piccola caraffa di vetro che presenta un cannello e molto sottile e lungo circa «50 cm».

Se si immerge, rovesciata, la bocca del cannello in un recipiente pieno d'acqua e si riscalda la caraffa con le mani si osserva che l'acqua risale lungo il cannello dello strumento.

Il fenomeno evidenzia le modificazioni della densità dell'aria prodotte da una variazione di temperatura.

Quando si riscalda l'aria all'interno della caraffa, questa si espande (aumenta di volume) provocando l'abbassamento del livello dell'acqua all'interno del cannello; viceversa, quando si raffredda l'aria, questa si contrae (diminuisce di volume consentendo all'acqua di risalire dal recipiente inferiore lungo il cannello della caraffa).

### Il termometro galileiano

Il **termometro galileiano** (o **ad ampolla**) è un particolare tipo di termometro atto a misurare la temperatura atmosferica probabilmente ideato da Galileo Galilei, ma messo a punto da studiosi dell'**Accademia del Cimento**, una scuola fondata a Firenze nel 1657 da alcuni suoi allievi.

Consiste in un cilindro di vetro posto in verticale e riempito di alcool; all'interno del quale vi sono delle boccette (o ampolline), e su ognuna di queste vi è indicata una temperatura; queste boccette sono riempite a loro volta di un liquido colorato, per una più facile identificazione.

Quando lo strumento ha raggiunto l'equilibrio termico con l'ambiente esterno, nel cilindro si vengono solitamente a creare due gruppi di boccette, uno più in basso e l'altro più in alto; la temperatura atmosferica è compresa fra quella segnata sulla boccetta più in alto tra quelle del gruppo più in basso e quella segnata sulla boccetta più in basso tra quelle del gruppo più in alto.

Dal punto di vista fisico, il termometro di Galileo sfrutta il **principio di Archimede**, ovvero se abbiamo due corpi (o fluidi) di densità differenti, quello con densità minore tenderà a salire verso l'alto mentre quello con densità maggiore tenderà a scendere verso il basso.

Se la temperatura atmosferica aumenta da «T1» a «T2», il liquido che contiene le boccette diminuisce di densità per il fenomeno della dilatazione termica nei liquidi; indichiamo la densità del liquido prima del riscaldamento con « $\rho_{T1}$ » e quella relativa al nuovo equilibrio termico con « $\rho_{T2}$ », quindi:

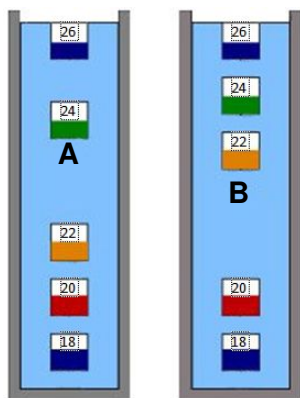
$$T1 < T2 \text{ e } \rho_{T1} > \rho_{T2}$$

Consideriamo ora una ampollina di densità costante « $\rho_b$ ». Se il recipiente stava galleggiando prima del riscaldamento, vuol dire che « $\rho_b < \rho_{T1}$ ». A riscaldamento avvenuto, la densità del liquido diminuisce, e se la temperatura è abbastanza alta, abbiamo che: « $\rho_b > \rho_{T2}$ » per cui l'ampollina in questione si adagerà sul fondo.

Osservando la figura qui a sinistra possiamo seguire il funzionamento dello strumento:

Nel primo esempio (cilindro «A») la temperatura atmosferica sarebbe compresa fra (22 °C ÷ 24 °C).

Se la temperatura diminuisse da «24 °C» a «21 °C», l'ampollina corrispondente a «22 °C» salirebbe (cilindro «B») e la temperatura



atmosferica sarebbe compresa fra ( $20\text{ }^{\circ}\text{C} \div 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

In ambedue i casi, come già detto, la temperatura atmosferica sarebbe compresa fra quella segnata sulla boccetta più in alto tra quelle del gruppo più in basso e quella segnata sulla boccetta più in basso tra quelle del gruppo più in alto.

### Il termometro a lama bimetallica

Il **termometro a lamina bimetallica** è formato da una lamina a forma o di «U» o di spirale, costituita da due metalli con diverso coefficiente di dilatazione termica (di solito ferro e rame) che vengono saldati tra di loro, uno nella parte esterna e l'altro nella parte interna della lamina, disegno a destra.

Una delle estremità della lamina è collegata ad un indice che si muove lungo una scala graduata; quando la temperatura aumenta, la lamina si curva dalla parte del metallo meno dilatabile e la deformazione si trasmette all'indice.



### Il termometro a mercurio

Fu l'ingegnere tedesco **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686 – 1736), intorno al «1714», a concepire il **termometro a mercurio**, che rese possibile misurare maggiori intervalli termici rispetto a quanto fatto fino a quel momento.

Lo strumento è composto da un tubo di vetro chiuso contenente mercurio; la variazione di temperatura provoca una variazione di volume del mercurio, che viene visualizzata su una scala graduata posta sul tubo di vetro.

#### Curiosità

Tale tipo di termometro è stato messo al bando il «3 aprile 2009» a causa della tossicità del mercurio.

### Il termometro a galinstano

Il **termometro a galinstano**, comunemente chiamato *termometro a gallio*, è un termometro a liquido a dilatazione termica composto da un tubo di vetro chiuso contenente, in un bulbo posto all'estremità inferiore della scala termometrica, del galinstano liquido.

La variazione di temperatura del galinstano dentro al bulbo, ne provoca una variazione di volume che lo fa uscire dal bulbo e raggiungere un punto del tubo di vetro, a cui corrisponde una temperatura indicata sulla scala termometrica; ha sostituito il termometro a mercurio e funziona esattamente nello stesso modo.

## Curiosando fra gli igrometri

### Lo strumento

L'**igrometro** è uno strumento che misura l'*umidità relativa dell'aria*, ovvero il rapporto tra l'umidità assoluta, definita come la quantità di vapore acqueo presente nell'atmosfera in un dato istante e l'umidità di saturazione, definita come la quantità massima di vapore acqueo che può essere presente ad una data temperatura e pressione; sia l'umidità assoluta sia l'umidità di saturazione si esprimono in termini di peso del vapore acqueo per unità di peso di aria secca e sono quindi adimensionali; mentre l'umidità relativa, anch'essa adimensionale, si esprime in percentuale come rapporto tra le due umidità assolute.

L'umidità relativa (percentuale) può essere anche definita come la tensione parziale di vapor d'acqua, presente nell'atmosfera, e la tensione di condensazione, ad una data e temperatura e pressione.

Alla fine del medioevo, intorno al «1430», il cardinale e teologo e filosofo ed umanista e giurista e matematico ed astronomo tedesco **Nicola Cusano** (1401 – 1464), noto anche come **Niccolò Cusano** o **Niccolò da Cusa** (in lat. *Nicolaus Cusanus* o *Nicolaus de Cusa*, in ted. *Nikolaus Krebs von Kues* o *Nikolaus Chrypffs*), considerò la possibilità di determinare l'umidità dell'aria basandosi sulla differenza di peso che riportava una balla di lana.

### L'igrometro a bilancia

Nel «1480», **Leonardo da Vinci** costruì un **igrometro meccanico** utilizzando una bilancia per misurare la variazione relativa del peso e di un pezzo di cera d'api e di un batuffolo di cotone; il cotone è in grado di assorbire umidità dall'aria e, pertanto, di aumentare il proprio peso (è igroscopico), mentre la cera, per contro, è impermeabile.

Nei piatti di una bilancia vengono messi e da una parte la cera e dall'altra la bambagia che aumenta di peso dopo che assorbe l'umidità dell'aria; l'asta graduata orizzontale indica così le variazioni delle condizioni atmosferiche.



### L'igrometro a nastro di carta

Verso il «1660» il filosofo e dottore italiano **Francesco Folli** (1624 – 1685) ideò, nel 1664, un **igrometro a nastro di carta**, a cui diede il nome di **Mostra urnideria**, costituito da un telaio di ottone, a forma di balausta finemente lavorata, recante alle sue estremità due piccoli rulli sui quali si avvolgevano i capi di un nastro di carta che fungeva da sostanza igroscopica.

Al centro del telaio era fissato un quadrante di ottone e decorato e munito di scala circolare graduata; sul quadrante era imperniata una lancetta solidale, che con un semplice sistema meccanico indicava le variazioni di lunghezza della carta, provocate dalle variazioni dell'umidità atmosferica.



### L'igrometro a condensazione

L'**igrometro a condensazione** fu probabilmente inventato dal **Granduca Ferdinando II de' Medici** (1610 – 1679); il tronco di cono nella parte inferiore veniva e rivestito internamente di vetro, così da essere reso impermeabile, e riempito o di neve o di ghiaccio *minutissimamente* tritato.

L'umidità presente nell'aria, a contatto del vetro ghiacciato, condensava, provocando la formazione di gocce d'acqua che scendevano verso la punta del cono raccogliendosi nel sottostante bicchiere graduato.

Maggiore era l'umidità atmosferica, più intenso risultava il fenomeno della condensazione; la quantità d'acqua raccolta nel bicchiere in un tempo dato ne forniva quindi una misura relativa.



### L'igrometro a tensione di vapore

Il fisico e matematico italiano **Giovanni Alessandro Maiocchi** (1795 – 1854), ideò un **igrometro a tensione di vapore**; l'apparecchio permetteva di determinare il valore della tensione di vapore acqueo mancante per giungere alla tensione di saturazione.

Era composto e da un tubo di vetro chiuso inferiormente e da un rubinetto di ferro (al quale era collegato un secondo tubo, verticale, ed aperto e di diametro inferiore al primo), e superiormente da una coppia di rubinetti muniti di un piccolo imbuto.

Lungo il tubo di diametro maggiore poteva scorrere un anello di riferimento; ad esso era fissata una scala millimetrata con nonio che scorreva invece lungo il tubo più piccolo.

I tubi venivano riempiti di mercurio che, tramite il gioco dei rubinetti, poteva defluire parzialmente dall'apparecchio aspirando nel tubo di diametro maggiore l'aria della quale si intendeva misurare il grado di umidità.

Dopo aver posto e l'anello di riferimento e la scala in coincidenza col livello del mercurio nei tubi, si introducevano, nel tubo di diametro maggiore, alcune gocce d'acqua.

Si stabiliva in esso, pertanto, la pressione di vapore saturo che provocava un innalzamento del mercurio nel piccolo tubo comunicante munito di scala; questo innalzamento dava la tensione di vapore mancante per raggiungere la tensione di saturazione a quella temperatura, permettendo, così, la misura l'umidità relativa dell'aria.



### L'igrometro a dischi di carta

L'artigiano inglese **John Coventry** (1735 – 1812) ha ideato l'**igrometro a dischi di carta** montato su una colonnina, fissata ad una base, recante un braccio munito di una scala graduata; un bilanciere è imperniato su un apposito sostegno.

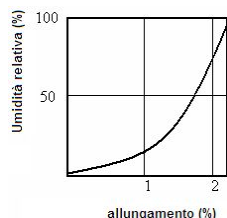
Su un lato del bilanciere è posta una pila di dischetti di carta, mentre dall'altro, una lunga lancetta terminante in corrispondenza della scala; sulla parte del braccio che regge la lancetta si trova un cursore di ottone che può essere spostato lungo una scala.

Al variare dell'umidità atmosferica i dischetti di carta, che fungono da sostanza igroscopica, variano di peso, cambiando così la posizione del braccio mobile che può essere riequilibrato spostando il cursore.



### L'igrometro a capello

Intorno all'anno 1780, il e scienziato ed alpinista svizzero **Horace-Bénédict de Saussure** (1740 – 1799), ideò l'**igrometro a capello**; lo strumento è concettualmente formato da un telaio di ottone sul quale è teso un fascio di capelli accuratamente sgrassati, e trattenuto da una piccola ganascia e passante su una puleggia munita di lancetta.



Un contrappeso, collegato alla puleggia, mantiene il fascio in tensione, mentre i capelli, che fungono da sostanza igroscopica, variano di lunghezza a seconda dello stato igrometrico dell'aria (In condizioni di bassa umidità, il capello tende ad accorciarsi proporzionalmente ai valori di umidità relativa ambientale, rendendo possibile così la misurazione); le variazioni possono essere lette su una scala graduata semicircolare posta in corrispondenza della lancetta.

Quì a sinistra, il diagramma che indica l'allungamento percentuale dei capelli (%) in relazione all'umidità relativa (%).



### L'igrometro alla buccia del chicco d'avena

Nel **XVII secolo**, il e fisico e biologo e geologo ed architetto inglese **Robert Hooke** (1635 – 1703), un contemporaneo di **Sir Isaac Newton**, inventò un igrometro, il quale utilizzava la buccia del chicco d'avena, che appariva ed arricciata e non arricciata a seconda dell'umidità dell'aria.

### Per misurare il punto di rugiada

Il e chimico e meteorologo britannico **John Frederic Daniell** (1790 – 1845) inventò, nel «1820», un igrometro del punto di rugiada, che divenne ampiamente utilizzato per misurare la temperatura alla quale l'aria umida raggiunge un punto di saturazione.

*Previsioni pratiche del  
tempo meteorologico*



## *Basandosi sulle variazioni barometriche*

### **Premessa**

Un metodo e semplice ed adeguato consiste nel basarsi sulle variazioni barometriche fornite da uno strumento idoneo; diversi orologi da polso possono fornire i valori della pressione atmosferica che interessa, per prevedere, con una certa approssimazione, le variazioni del tempo.

### **I ritmi quotidiani della pressione atmosferica**

La pressione varia il suo valore in modo semiciradiano e circadiano con dei periodi e di «12 ore» e di «24 ore»); l'ampiezza dell'intervallo dipende dalla distanza dai poli terrestri.

In vicinanza dell'equatore possiamo osservare variazioni fino a «5 hPa» al giorno, mentre questo effetto è quasi zero ai poli.

I valori massimi si registrano verso le ore «e 10 e 22», valori minimi si registrano verso le «e 4 e 16». (tenete conto dell'ora legale)

### **Valore medio**

Il valore medio della pressione atmosferica al livello del mare è: 101 325 Pa

### **Valori normali**

1 020 hPa (102 000 Pa) = campo di alta pressione, estivo.

1 035 hPa (103 500 Pa) = campo di alta pressione, invernale.

### **Variazioni nell'arco di un'ora**

0,1 hPa ÷ 0,2 hPa (10 Pa ÷ 20 Pa) = variazione normale.

1 hPa ÷ 2 Pa (100 Pa ÷ 200 Pa) = cambiamento del tempo.

### **Variazioni nell'arco di una giornata**

1 hPa ÷ 5 hPa (100 Pa ÷ 500 Pa) = variazione normale.

10 hPa ÷ 20 hPa (1 000 Pa ÷ 2 000 Pa) = cambiamento del tempo.



### **Variazioni del tempo meteorologico**

Fino ad ora abbiamo utilizzato il nostro strumento, come altimetro, per orientarci, ma questo strumento, utilizzato come barometro, può essere utilizzato efficacemente anche per prevedere, con una certa approssimazione, le variazioni del tempo.

Se registriamo una variazione compresa fra «0,1 hPa ÷ 0,2 hPa», nell'arco di un'ora, o una variazione compresa fra «1 hPa ÷ 5 hPa», nell'arco di una giornata, non dobbiamo preoccuparci; le variazioni rientrano nella norma ed il tempo si manterrà stabile.

Se registriamo una variazione compresa fra «1 hPa ÷ 2 hPa», nell'arco di un'ora, o una variazione compresa fra «10 hPa ÷ 20 hPa», nell'arco di una giornata, il tempo sta mutando in modo significativo.

La variazione può essere o in meglio, se la pressione è in aumento (e pertanto possiamo tranquillizzarci), o in peggio, se la pressione è in calo (e pertanto dobbiamo iniziare a preoccuparci seriamente): il brutto tempo, durante un'escursione, rende tutte le operazioni più complesse e la semplice permanenza all'esterno più pericolosa.

### **Osservazioni**

Un «Pa» è uguale ad un «N · m<sup>-2</sup>», mentre un «hPa = 100 Pa» è equivalente ad «1 mb», la vecchia unità di misura utilizzata in meteorologia.

### **Pressione atmosferica e previsioni meteorologiche**

Come già detto, i valori della pressione atmosferica sono soggetti a variazioni continue; queste variazioni ci offrono la possibilità di prevedere, entro certi limiti, il tempo e la forza del vento nel futuro.

### **Pressione stabile**

Di solito durante un periodo di alta pressione, un segno per un tempo e durevole e sereno (In inverno presenza di nebbia però), la pressione può rimanere costante per molti o giorni o settimane.

### **Pressione in aumento**

Osserviamo la velocità con la quale la pressione sale; un aumento è lento e costante è un segno per un miglioramento che dura del tempo.

Aumenti rapidi «<sup>+1</sup> hPa/ora» significano miglioramenti solo temporanei del tempo e possono essere un segno per una burrasca d'alta pressione che può durare anche alcuni giorni.

L'aumento costante e continuo con più di «<sup>1</sup> hPa/ora» porta di solito vento forte.

### **Pressione in diminuzione**

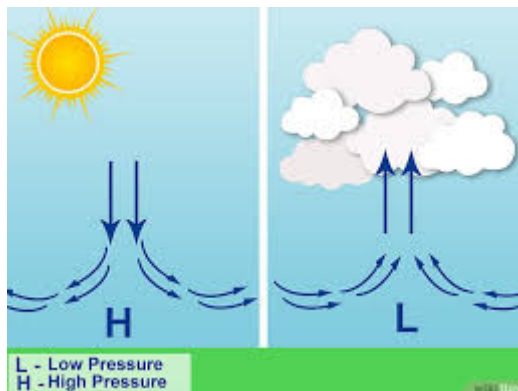
Anche in questo caso la velocità con la quale la pressione diminuisce è molto importan-

te; bisogna anche osservare se questo calo è costante o se questa velocità di diminuzione aumenta sempre di più.

Una diminuzione lenta e continua e con velocità costante determina la prossima fine di un periodo di bel tempo.

Una forte diminuzione della pressione, però, è un segno per una depressione ciclonica che si avvicina ed è un chiaro segno per un peggioramento del tempo.

Una diminuzione rapida seguita da una fase di diminuzione più lenta è un segno per una depressione che sta passando in distanza.



### Per chi va per mare

Se dopo il passaggio del fronte freddo la pressione sale solo per un breve periodo, e se dopo la pressione diminuisce di nuovo rapidamente bisogna pensare che stia sopraggiungendo vento forte e pericoloso.

#### alcune regole in alto mare:

Un forte calo della pressione o in assenza di vento o con vento debole indica un aumento rapido del vento, senza preavvisi, fino a burrasca.

Un sistema frontale con pioggia, prima dell'arrivo di vento, indica l'approssimarsi di vento forte; per contro, l'arrivo della pioggia, dopo la presenza di vento, indica la diminuzione della forza del vento.

**Per il mare del nord e baltico (40 - 60 gradi) può essere valido:**

cambiamento in ora	Cambiamento in tre ore	vento previsto in Bft	autore
> + 1,3 hPa	> + 4 hPa	6 - 7	Kaufeld
+2 hPa ÷ +3 hPa	+6 hPa ÷ +9 hPa	8 - 9	Kaufeld
> +3,3 hPa	+10 hPa	10 o più	Kaufeld
-1 hPa ÷ -2 hPa	-3 hPa ÷ -6 hPa	6 - 7	Karnetzki
> -2 hPa	> -6 hPa	8 - 12	Karnetzki

#### Precisaioni

L'indicazione «Bft» indica la scala di Beaufort

## Basandosi sull'osservazione delle nubi

### Premessa

Oltre all'analisi delle variazioni barometriche, può risultare utile, per una stima locale a breve termine (12 ore ÷ 24 ore), e l'osservazione e l'analisi e la valutazione delle nubi, e delle loro caratteristiche, presenti sul luogo.

Per una previsione sull'evolversi del tempo meteorologico possiamo considerare cinque tipi di nubi primarie: ***cirri***, ***cirrocumuli***, ***cumuli***, ***cumulonembi***, ***strati***.



### I cirri

I ***cirri*** (Ci) sono nubi sottili che si formano molto in alto nell'atmosfera, essendo interamente composte da cristalli di ghiaccio, si muovono velocemente e hanno forma allungata o di riccioli o di fiocchi; se i *cirri* sono trasportati orizzontalmente dai venti che si muovono a velocità diverse, assumono una caratteristica forma ad uncino.

La loro comparsa, specie se iniziano ed a coprire una zona più ampia di cielo e ad abbassarsi di quota, annuncia un peggioramento del tempo nell'arco di «15 ore ÷ 18 ore».

### I cirrocumuli

I ***cirrocumuli*** (Cc), ovvero le famose *pecorelle* del vecchio proverbio, sono nubi bianche e senza ombreggiature e di aspetto setoso che formano vere e proprie greggi a fiocchi, spesso in veloce movimento.

Quando si spostano da sud-ovest a ovest, in un cielo lattiginoso, annunciano l'imminenza della pioggia.

### I cumuli

I ***cumuli*** (Cu) sono nubi simili a grandi batuffoli di cotone idrofilo. si presentano con base piatta e con limitato sviluppo verticale e giacciono, sparsi nel cielo, tutte allo stesso livello.

I *cumuli* in genere sono indice di tempo stabile; sono, pertanto associati al bel tempo.

### I cumulonembi

I ***cumulonembi*** (Cb) sono un'evoluzione dei cumuli in cui gli innocui batuffoli di cotone (cumuli) cominciano ad allargarsi ed a svilupparsi in verticale ed a diventare scuri assumendo la caratteristica forma a incudine.

Questa transizione indica che la nube non è più fatta di goccioline d'acqua, ma di cristalli di ghiaccio ed è segno che è in arrivo pioggia intensa.

### Gli strati

Gli ***strati*** (St) sono dei *fogli* di nubi e basse e continue che coprono il cielo.

Gli *strati* sono sottili e simili alla nebbia; la pioggia è, pertanto, improbabile ed al massimo sarà una leggera pioggia.

Lo Strato è identico alla nebbia.

## Pillole di saggezza

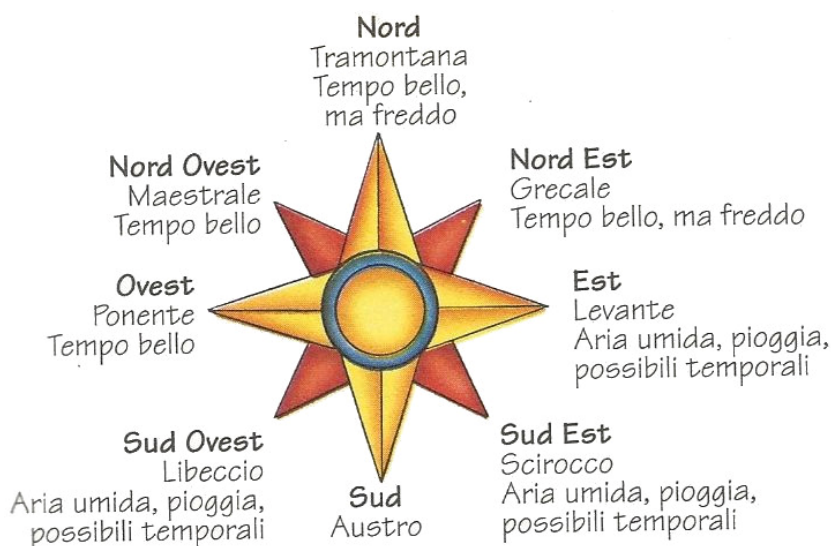
### Il tempo, forse sarà bello se:

- la nebbia mattutina si disperde velocemente.
- le nubi sono ed alte e bianche.
- il vento soffia da est.
- il fumo dei camini si alza dritto.
- nella notte il cielo è stellato.
- al mattino, i fiori si aprono.
- la ruggiada compare verso il tramonto.
- al tramonto il cielo è rossastro.

### Il tempo, forse sarà brutto se:

- le nubi sono e basse e grigie.
- il vento soffia da ovest.
- il fumo dei camini stenta ad alarsi.
- le notti sono senza stelle.
- al mattino, i fiori restano chiusi.
- gli uccelli volano bassi.

### Rosa dei venti



#### Osservazioni

Il vento **Austro** è chiamato o **Mezzogiorno** od **Ostro**.

#### Precisazioni

La **rosa dei venti** è chiamata anche o **stella dei venti** o **simbolo dei venti**.

Per conoscere la direzione del vento, bagnatevi un dito ed alzatelo in aria; il vento proviene dal lato in cui sentite più fresco.

### Alcune informazioni

La **rosa dei venti** era anticamente un **simbolo cosmologico** che rimandava al significato occulto e della rosa e di altre figure della **geometria sacra** come o l'ottagono o la ruota solare. I punti cardinali che essa indicava non avevano solo una funzione di orientamento spaziale, ma erano associati anche a delle qualità, essendo messi in relazione ad esempio ed ai quattro elementi ed ai quattro umori ed alle quattro stagioni ed ecc.

**Omero**, nel «libro V dell'Odissea», elenca i quattro venti principali: **Borea** (tramontana), **Euro** (levante), **Noto** (mezzogiorno), **Zefiro** (ponente).

Secondo alcuni autori, l'immagine si è diffusa nel Medioevo a partire dalla Repubblica di Amalfi, ai tempi delle Repubbliche marinare.

La rappresentazione più antica di rosa dei venti giunta fino a noi è quella che compare sull'**Atlante catalano** del 1375 circa, realizzato probabilmente da **Abraham Cresques**, conservato alla Biblioteca Nazionale di Francia.

**Omero** (in greco antico: Ὅμηρος, Hómēros, pronuncia: [hómē:ros] (VIII secolo a.C.), è stato un cantore greco identificato storicamente come l'autore dell'Iliade e dell'Odissea, i due massimi poemi epici della letteratura greca.

**Abraham Cresques** (? – 1387) è stato un cartografo spagnolo, il più importante del XIV secolo.

Ai tempi in cui Venezia era la repubblica marinara dominante nel Mediterraneo orientale, la rosa dei venti era posizionata sull'isola greca di **Zante**.

In questo caso la **Tramontana** (il vento che viene da oltre i monti, in latino *Ultramontes*) proviene dai monti della vicina Albania e la via maestra che dà il nome al **Maestrale** indicava la via per Venezia, la repubblica marinara egemone in quella regione; alcuni Autori ritengono, per contro, che il Maestrale prenda il nome dal Mistral, vento predominante del sud della Francia che si affaccia nel Mediterraneo.

Questo spiegherebbe anche l'origine del nome **Scirocco**, inteso come vento proveniente dalla Siria, in quanto per giungere a Zante dalla Siria le navi arrivavano da sud-est, cosa che a Malta accadeva solo se queste facevano il giro lungo (tenendosi vicino alla costa africana).

### L'Atlante Catalano





## *Appendici*



## Conversione fra alcune unità di misura

### Fattori di conversione

Le formule di corrispondenza fra le principali *scale termometriche* sono:

	°C	K	°F	R	°r
°C	1	K - 273,15	$5 \cdot (°F - 32) / 9$	$5 \cdot °R / 9 - 273,15$	$5 \cdot °r / 4$
K	$°C + 273,15$	1	$5 \cdot °F / 9 + 255,37$	$5 \cdot °R / 9$	$5 \cdot °r / 4 + 273,15$
°F	$9 \cdot °C / 5 + 32$	$9 \cdot K / 5 - 459,67$	1	$°R - 459,67$	$9 \cdot °r / 4 + 32$
R	$9 \cdot °C / 5 + 491,67$	$9 \cdot K / 5$	$°F + 459,67$	1	$9 \cdot °r / 4 + 491,67$
°r	$4 \cdot °C / 5$	$4 \cdot K / 5 - 218,52$	$4 \cdot (°F - 32) / 9$	$4 \cdot °R / 9 - 218,52$	1

In cui: °C = gradi Celsius - K = kelvin - °F = gradi Fahrenheit - °R = gradi Rankine - °r = gradi Réaumur.

#### Esempio:

Per sapere a quanti «X °C» (gradi celsius) corrispondono «176 °F» (gradi fahrenheit) possiamo scrivere:

$$X (°C) = \frac{5 \cdot (176 - 32)}{9} = 80 \text{ °C}$$

Le formule di conversione, fra le più importanti *unità di pressione*, sono:

	atm	mH <sub>2</sub> O	torr	mbar	Pa
atm	1	$1,033\ 23 \cdot 10^1$	$7,600\ 00 \cdot 10^2$	$1,013\ 25 \cdot 10^3$	$1,013\ 25 \cdot 10^5$
mH <sub>2</sub> O	$9,678\ 41 \cdot 10^{-2}$	1	$7,355\ 61 \cdot 10^1$	$9,806\ 65 \cdot 10^1$	$9,806\ 65 \cdot 10^3$
torr	$1,315\ 79 \cdot 10^{-3}$	$1,359\ 51 \cdot 10^2$	1	1,33322	$1,333\ 22 \cdot 10^2$
mbar	$9,869\ 23 \cdot 10^{-4}$	$1,019\ 72 \cdot 10^{-2}$	$7,500\ 64 \cdot 10^{-1}$	1	$1,000\ 00 \cdot 10^2$
Pa	$9,869\ 23 \cdot 10^{-6}$	$1,019\ 72 \cdot 10^{-4}$	$7,500\ 64 \cdot 10^{-3}$	$1,000\ 00 \cdot 10^{-2}$	1

In cui: atm = atmosfere - mH<sub>2</sub>O = metri di colonna d'acqua - torr = millimetri di mercurio - mbar = millibar - Pa = pascal.

#### Esempio:

Per sapere a quante «X atm» (atmosfere) corrispondono «5,066 25 Pa» (pascal) possiamo scrivere:

$$X (\text{atm}) = \frac{5,066\ 25^4}{101\ 325} = 0,5 \text{ atm}$$

Le formule di conversione, fra le più importanti *unità di velocità*, sono:

	m • s <sup>-1</sup>	km • h <sup>-1</sup>	mi • h <sup>-1</sup>	kn	ft • s <sup>-1</sup>
m • s <sup>-1</sup>	1	3,60	2,236 9	1,942 6	3,280 8
km • h <sup>-1</sup>	0,277 78	1	0,621 37	0,539 61	0,911 35
mi • h <sup>-1</sup>	0,447 04	1,609 3	1	8,688 42	1,466 66
kn	0,514 77	1,853 2	1,151 51	1	1,688 88
ft • s <sup>-1</sup>	0,304 80	1,097 3	0,681 81	0,592 10	1

In cui: m = metri - s = secondi - km = chilometri - h = ore - mi = miglia terrestri - kn = nodi (miglia marine all'ora) - ft = piedi.

#### Esempio:

Per sapere a quante «X m • s<sup>-1</sup>» (metri al secondo) corrispondono «54 km • h<sup>-1</sup>» (chilometri all'ora) possiamo scrivere:

$$X (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{54}{3,6} = 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

### Altre e scale termometriche ed unità di misura

#### Scale termometriche

**Scala Newton «°N» (1701):** Newton definì «0 °N» come il punto di fusione della neve, e «33 °N» come la temperatura dell'acqua bollente.

L'unità della **scala Newton** è pari a «<sup>100</sup>/33» ed ha lo stesso zero della scala Celsius.

**Scala Rømer o Roemer «°Rø» (1701):** fu proposta dall'astronomo danese **Ole Chri-**

**stensen Rømer** (1644 – 1710); il suo grado è equivalente a « $^{40}_{21}$ » del grado Celsius.

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{R}\varnothing - 7,5) \bullet ^{40}_{21}, \quad ^{\circ}\text{R}\varnothing = 7,5 + ^{\circ}\text{C} \bullet ^{21}_{40}$$

**Scala Delisle** o **De Lisle** « $^{\circ}\text{D}$ » (1732): fu ideata dall'astronomo francese **Joseph-Nicolas Delisle** (1688–1768); pone il punto di congelamento dell'acqua a «150  $^{\circ}\text{D}$ » ed il suo punto di ebollizione a «0  $^{\circ}\text{D}$ ».

I valori della **scala Delise** più alti, pertanto, corrispondono a temperature più basse.

### Unità di pressione

**Ettopascal** o **ectopascal** «hPa»: è equivalente a (1 hPa = 100 Pa); ha sostituito il «mbar» usato, soprattutto, in meteorologia.

### Unità di velocità

**Numero di Mach** «Ma»: vedi **Il numero di Mach**, a pagina 12.

# Tavole sulle caratteristiche dell'atmosfera

Tavola 1°

Profili verticali: temperatura, pressione, densità

Quota H (m)	Temperat. T (°K)	assoluta T/T <sub>0</sub>	Pressione		Densità	
			p (N/m <sup>2</sup> )	p/p <sub>0</sub>	ρ (Kg/m <sup>3</sup> )	ρ/ρ <sub>0</sub>
0	288,160	1,000000	101325.05	1,000000	1.2250	1,000000
500	284,910	0,988722	95460.78	0,942125	1.1673	0,952872
1.000	281,660	0,977443	89874.51	0,886992	1.1117	0,907462
1.500	278,410	0,966165	84555.88	0,834502	1.0581	0,863726
2.000	275,160	0,954886	79492.70	0,784555	1.0065	0,821622
2.500	271,910	0,943608	74682.35	0,737058	0.9569	0,781106
3.000	268,660	0,932329	70108.43	0,691916	0.9092	0,742137
3.500	265,410	0,921051	65763.88	0,649039	0.8633	0,704673
4.000	262,160	0,909772	61640.09	0,608340	0.8192	0,668673
4.500	258,910	0,898494	57728.12	0,569732	0.7768	0,634097
5.000	255,650	0,887215	54019.74	0,533133	0.7361	0,600906
5.500	252,410	0,875937	50506.60	0,498461	0.6971	0,569061
6.000	249,160	0,864659	47180.87	0,465639	0.6597	0,538523
6.500	245,910	0,853380	44034.70	0,434529	0.6239	0,509255
7.000	242,660	0,842102	41060.54	0,405236	0.5895	0,481220
7.500	239,410	0,830823	38251.23	0,377511	0.5566	0,454381
8.000	236,160	0,819545	35599.71	0,351341	0.5252	0,428703
8.500	232,910	0,808266	33098.91	0,326661	0.4951	0,404150
9.000	229,660	0,796988	30742.38	0,303403	0.4664	0,380687
9.500	226,410	0,785709	28523.52	0,281505	0.4389	0,358281
10.000	223,160	0,774431	26436.18	0,260905	0.4127	0,336899
10.500	219,910	0,763152	24474.26	0,241542	0.3877	0,316506
11.000	216,660	0,751874	22631.98	0,223360	0.3639	0,297071
11.500	216,660	0,751874	20916.11	0,206426	0.3363	0,274549
12.000	216,660	0,751874	19330.38	0,190776	0.3108	0,253733
12.500	216,660	0,751874	17864.77	0,176312	0.2873	0,234496
13.000	216,660	0,751874	16510.38	0,162944	0.2655	0,216718
13.500	216,660	0,751874	15258.56	0,150591	0.2454	0,200287
14.000	216,660	0,751874	14101.77	0,139173	0.2268	0,185102
14.500	216,660	0,751874	13032.65	0,128622	0.2096	0,171068
15.000	216,660	0,751874	12044.53	0,118870	0.1937	0,158099
15.500	216,660	0,751874	11131.33	0,109855	0.1790	0,146112
16.000	216,660	0,751874	10287.47	0,101529	0.1654	0,135035
16.500	216,660	0,751874	9507.45	0,093831	0.1529	0,124797
17.000	216,660	0,751874	8786.66	0,086718	0.1413	0,115335
17.500	216,660	0,751874	8120.49	0,080143	0.1306	0,106691
18.000	216,660	0,751874	7504.83	0,074067	0.1207	0,098510
18.500	216,660	0,751874	6935.85	0,068451	0.1115	0,091041
19.000	216,660	0,751874	6410.02	0,063262	0.1031	0,084139
19.500	216,660	0,751874	5924.00	0,058465	0.0953	0,077760
20.000	216,660	0,751874	5474.86	0,054033	0.0880	0,071864

## Formule approssimate per i profili verticali

Temperatura:  $T = 288.15 - 0,0065 \cdot z$  (K)Pressione:  $P = 101\,325 \cdot (1 - 0,000\,022\,6 \cdot z)^{5,256}$  (Pa)Densità:  $\rho = 1,225 \cdot (1 - 0,000\,0226 \cdot z)^{4,256}$  kg · m<sup>-3</sup>

In cui: z = quota, espressa in metri (m).

Tavola 2°

Profili verticali: viscosità dinamica, viscosità cinematica, velocità del suono

Quota H (m)	Viscosità		Viscos. Cinematica		Velocità del suono	
	$\mu \cdot 10^{-5}$ (N. sec/m <sup>2</sup> )	$\mu/\mu_0$	$\nu \cdot 10^5$ (m <sup>2</sup> /sec)	$\nu/\nu_0$	V <sub>s</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> /V <sub>s0</sub>
0	1.7927	1,0000	1,4633	1,0000	340,430	1,00000
500	1.7766	0,9910	1,5219	1,0400	338,505	0,99434
1.000	1.7604	0,9820	1,5835	1,0821	336,569	0,98866
1.500	1.7441	0,9729	1,6483	1,1264	334,621	0,98294
2.000	1.7277	0,9638	1,7166	1,1731	332,662	0,97718
2.500	1.7113	0,9546	1,7884	1,2222	330,692	0,97139
3.000	1.6948	0,9454	1,8641	1,2739	328,710	0,96557
3.500	1.6781	0,9361	1,9440	1,3285	326,715	0,95971
4.000	1.6614	0,9268	2,0282	1,3860	324,709	0,95382
4.500	1.6446	0,9174	2,1172	1,4169	322,690	0,94789
5.000	1.6277	0,9080	2,2111	1,5110	320,658	0,94192
5.500	1.6107	0,8985	2,3105	1,5790	318,614	0,93592
6.000	1.5936	0,8889	2,4156	1,6508	316,556	0,92987
6.500	1.5764	0,8794	2,5268	1,7268	314,484	0,92379
7.000	1.5591	0,8697	2,6447	1,8074	312,399	0,91766
7.500	1.5417	0,8600	2,7697	1,8928	310,300	0,91150
8.000	1.5241	0,8502	2,9022	1,9833	308,187	0,90529
8.500	1.5066	0,8404	3,0430	2,0795	306,059	0,89904
9.000	1.4888	0,8305	3,1925	2,1817	303,916	0,89274
9.500	1.4711	0,8206	3,3516	2,2904	301,758	0,88640
10.000	1.4531	0,8106	3,5209	2,4061	299,584	0,88002
10.500	1.4351	0,8005	3,7017	2,5294	297,395	0,87359
11.000	3,7012	2,5294	3,8935	2,6608	295,189	0,86711
11.500	1.4170	0,7904	4,2129	2,8790	295,189	0,86711
12.000	1.4170	0,7904	4,5585	3,1152	295,189	0,86711
12.500	1.4170	0,7904	4,9325	3,3708	295,189	0,86711
13.000	1.4170	0,7904	5,3371	3,6473	295,189	0,86711
13.500	1.4170	0,7904	5,7749	3,9465	295,189	0,86711
14.000	1.4170	0,7904	6,2487	4,2703	295,189	0,86711
14.500	1.4170	0,7904	6,7613	4,6206	295,189	0,86711
15.000	1.4170	0,7904	7,3160	4,9997	295,189	0,86711
15.500	1.4170	0,7904	7,9162	5,4198	295,189	0,86711
16.000	1.4170	0,7904	8,5656	5,8536	295,189	0,86711
16.500	1.4170	0,7904	9,2682	6,3338	295,189	0,86711
17.000	1.4170	0,7904	10,0290	6,8537	295,189	0,86711
17.500	1.4170	0,7904	10,8510	7,4154	295,189	0,86711
18.000	1.4170	0,7904	11,7410	8,0236	295,189	0,86711
18.500	1.4170	0,7904	12,7050	8,6824	295,189	0,86711
19.000	1.4170	0,7904	13,7470	9,3945	295,189	0,86711
19.500	1.4170	0,7904	14,8750	10,1654	295,189	0,86711
20.000	1.4170	0,7904	16,0950	10,9991	295,189	0,86711

**Viscosità dinamica « $\mu$ »:** è la resistenza al moto opposta da un fluido alla forza tangenziale per unità di area (sforzo tangenziale), dove un piano si muove relativamente ad un secondo piano, parallelo al primo, ad una data velocità che è proporzionale alla distanza tra i piani; viene espressa in (Pa • s).

**Viscosità cinematica « $\nu$ »:** è la viscosità dinamica divisa per la densità del fluido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ); la resistenza opposta da un fluido allo sforzo applicato dalla forza di gravità.

**Velocità del suono «V<sub>s</sub>»:** vedi, su questa stessa dispensa, **Velocità del suono**, a pagina 11.

**Tavola 3**  
**Pressioni corrispondenti alle temperature ipsometriche**  
 Pressioni atmosferiche ridotte a «0 °C» ed alla gravità normale

Gradi °C	Press. mm	Gradi °C	Press. mm	Gradi °C	Press. mm	Gradi °C	Press. mm	Gradi °C	Press. mm	Gradi °C	Press. mm
83,0	400,1	86,0	450,3	89,0	505,7	92,0	566,7	95,0	633,7	98,0	707,2
1	01,7	1	52,1	1	07,6	1	68,8	1	36,0	1	09,7
2	03,3	2	53,8	2	09,6	2	70,9	2	38,4	2	12,3
3	04,9	3	55,6	3	11,5	3	73,1	3	40,7	3	14,9
4	06,5	4	57,4	4	13,5	4	75,3	4	43,1	4	17,5
5	08,1	5	59,2	5	15,5	5	77,4	5	45,5	5	20,1
6	09,7	6	60,9	6	17,4	6	79,6	6	47,8	6	22,7
7	11,3	7	62,8	7	19,4	7	81,8	7	50,2	7	25,3
8	13,0	8	64,6	8	21,4	8	83,9	8	52,6	8	27,9
9	14,6	9	66,4	9	23,4	9	86,1	9	55,0	9	30,6
84,0	416,3	87,0	468,2	90,0	525,4	93,0	588,3	96,0	657,4	99,0	728,2
1	17,9	1	70,0	1	27,4	1	90,5	1	59,9	1	35,8
2	19,6	2	71,8	2	29,4	2	92,7	2	62,3	2	38,5
3	21,2	3	73,7	3	31,4	3	94,9	3	64,7	3	41,1
4	22,9	4	75,5	4	33,4	4	97,2	4	67,1	4	43,8
5	24,6	5	77,3	5	35,5	5	99,4	5	69,6	5	46,5
6	26,2	6	79,2	6	37,5	6	101,6	6	72,0	6	49,2
7	27,9	7	81,0	7	39,6	7	103,9	7	74,5	7	51,9
8	29,6	8	82,9	8	41,6	8	106,1	8	77,0	8	54,6
9	31,3	9	84,8	9	43,6	9	108,4	9	79,4	9	57,3
85,0	433,0	88,0	486,6	91,0	545,7	94,0	610,7	97,0	681,9	100,0	760,0
1	34,7	1	88,5	1	47,8	1	12,9	1	84,4	1	62,7
2	36,4	2	90,4	2	49,8	2	15,2	2	86,9	2	65,5
3	38,1	3	92,3	3	51,9	3	17,5	3	89,4	3	68,2
4	39,9	4	94,2	4	54,0	4	19,8	4	91,9	4	70,9
5	41,6	5	96,1	5	56,1	5	22,1	5	94,4	5	73,7
6	43,3	6	98,0	6	58,2	6	24,4	6	97,0	6	76,5
7	45,0	7	99,9	7	60,3	7	26,7	7	99,5	7	79,2
8	46,8	8	101,8	8	62,4	8	29,0	8	102,1	8	82,0
9	48,5	9	103,8	9	64,6	9	31,4	9	104,6	9	84,8

**Avvertenze**

In corrispondenza a «5 °C» è stato riportato il valore errato di «55,5 mmHg»; il valore corretto è «45,5 mmHg».

La «**Tavola 3**» permette di conoscere la pressione atmosferica il funzione della temperatura di ebollizione dell'acqua distillata.

**Tavola 4°**  
**Pressione di saturazione del vapor d'acqua in pascal**

[°C]		+0.1	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5	+0.6	+0.7	+0.8	+0.9
0	611.2	615.8	620.4	625.0	629.6	634.2	638.7	643.3	647.9	652.5
1	657.1	662.0	666.9	671.8	676.7	681.6	686.4	691.3	696.2	701.1
2	706.0	711.2	716.4	721.6	726.8	732.0	737.2	742.4	747.6	752.8
3	758.0	763.6	769.1	774.7	780.2	785.8	791.3	796.9	802.4	808.0
4	813.5	819.4	825.3	831.2	837.1	843.0	848.9	854.8	860.7	866.6
5	872.5	878.8	885.1	891.3	897.6	903.9	910.2	916.5	922.7	929.0
6	935.3	942.0	948.6	955.3	962.0	968.7	975.3	982.0	988.7	995.3
7	1002.0	1009.1	1016.2	1023.2	1030.3	1037.4	1044.5	1051.6	1058.6	1065.7
8	1072.8	1080.3	1087.9	1095.4	1102.9	1110.5	1118.0	1125.5	1133.0	1140.6
9	1148.1	1156.1	1164.1	1172.1	1180.1	1188.1	1196.0	1204.0	1212.0	1220.0
10	1228.0	1236.5	1244.9	1253.4	1261.9	1270.4	1278.8	1287.3	1295.8	1304.2
11	1312.7	1321.7	1330.7	1339.7	1348.7	1357.7	1366.6	1375.6	1384.6	1393.6
12	1402.6	1412.1	1421.6	1431.2	1440.7	1450.2	1459.7	1469.2	1478.8	1488.3
13	1497.8	1507.9	1518.0	1528.1	1538.2	1548.3	1558.3	1568.4	1578.5	1588.6
14	1598.7	1609.4	1620.1	1630.7	1641.4	1652.1	1662.8	1673.5	1684.1	1694.8
15	1705.5	1716.8	1728.1	1739.4	1750.7	1762.0	1773.2	1784.5	1795.8	1807.1
16	1818.4	1830.4	1842.3	1854.3	1866.2	1878.2	1890.2	1902.1	1914.1	1926.0
17	1938.0	1950.6	1963.3	1975.9	1988.5	2001.2	2013.8	2026.4	2039.0	2051.7
18	2064.3	2077.7	2091.0	2104.4	2117.7	2131.1	2144.4	2157.8	2171.1	2184.5
19	2197.8	2211.9	2226.0	2240.1	2254.2	2268.3	2282.4	2296.5	2310.6	2324.7
20	2338.8	2353.7	2368.6	2383.5	2398.4	2413.3	2428.1	2443.0	2457.9	2472.8
21	2487.7	2503.4	2519.1	2534.8	2550.5	2566.3	2582.0	2597.7	2613.4	2629.1
22	2644.8	2661.4	2677.9	2694.5	2711.0	2727.6	2744.2	2760.7	2777.3	2793.8
23	2810.4	2827.9	2845.3	2862.8	2880.3	2897.8	2915.2	2932.7	2950.2	2967.6
24	2985.1	3003.5	3021.9	3040.3	3058.7	3077.2	3095.6	3114.0	3132.4	3150.8
25	3169.2	3188.6	3208.0	3227.4	3246.8	3266.2	3285.5	3304.9	3324.3	3343.7
26	3363.1	3383.5	3403.9	3424.4	3444.8	3465.2	3485.6	3506.0	3526.5	3546.9
27	3567.3	3588.8	3610.3	3631.8	3653.3	3674.8	3696.2	3717.7	3739.2	3760.7
28	3782.2	3804.8	3827.4	3850.0	3872.6	3895.3	3917.9	3940.5	3963.1	3985.7
29	4008.3	4032.1	4055.8	4079.6	4103.4	4127.2	4150.9	4174.7	4198.5	4222.2
30	4246.0	4271.0	4296.0	4321.0	4346.0	4371.0	4395.9	4420.9	4445.9	4470.9
31	4495.9	4522.2	4548.4	4574.7	4600.9	4627.2	4653.5	4679.7	4706.0	4732.2
32	4758.5	4786.1	4813.7	4841.2	4868.8	4896.4	4924.0	4951.6	4979.1	5006.7
33	5034.3	5063.3	5092.2	5121.2	5150.1	5179.1	5208.1	5237.0	5266.0	5294.9
34	5323.9	5354.3	5384.7	5415.1	5445.5	5475.9	5506.2	5536.6	5567.0	5597.4
35	5627.8	5659.7	5691.6	5723.4	5755.3	5787.2	5819.1	5851.0	5882.8	5914.7
36	5946.6	5980.0	6013.5	6046.9	6080.4	6113.8	6147.2	6180.7	6214.1	6247.6
37	6281.0	6316.1	6351.1	6386.2	6421.2	6456.3	6491.3	6526.4	6561.4	6596.5
38	6631.5	6668.2	6704.9	6741.7	6778.4	6815.1	6851.8	6888.5	6925.3	6962.0
39	6998.7	7037.2	7075.7	7114.1	7152.6	7191.1	7229.6	7268.1	7306.5	7345.0
40	7383.5	7423.8	7464.1	7504.3	7544.6	7584.9	7625.2	7665.5	7705.7	7746.0
41	7786.3	7828.5	7870.6	7912.8	7955.0	7997.2	8039.3	8081.5	8123.7	8165.8
42	8208.0	8252.1	8296.2	8340.4	8384.5	8428.6	8472.7	8516.8	8561.0	8605.1
43	8649.2	8695.4	8741.5	8787.7	8833.8	8880.0	8926.1	8972.3	9018.4	9064.6
44	9110.7	9159.0	9207.2	9255.5	9303.7	9352.0	9400.2	9448.5	9496.7	9545.0
45	9593.2	9643.6	9694.1	9744.5	9795.0	9845.4	9895.8	9946.3	9996.7	10047.2
46	10097.6	10150.3	10203.0	10255.7	10308.4	10361.1	10413.8	10466.5	10519.2	10571.9
47	10624.6	10679.7	10734.7	10789.8	10844.8	10899.9	10954.9	11010.0	11065.0	11120.1
48	11175.1	11232.6	11290.1	11347.6	11405.1	11462.6	11520.0	11577.5	11635.0	11692.5
49	11750.0	11810.0	11870.0	11930.0	11990.0	12050.0	12109.9	12169.9	12229.9	12289.9
50	12349.9	12412.5	12475.1	12537.7	12600.3	12662.9	12725.5	12788.1	12850.7	12913.3
51	12975.9	13041.2	13106.5	13171.8	13237.1	13302.5	13367.8	13433.1	13498.4	13563.7
52	13629.0	13697.1	13765.2	13833.3	13901.4	13969.5	14037.6	14105.7	14173.8	14241.9
53	14310.0	14381.0	14452.0	14523.0	14594.0	14665.0	14736.0	14807.0	14878.0	14949.0
54	15020.0	15094.0	15167.9	15241.9	15315.9	15389.9	15463.8	15537.8	15611.8	15685.7
55	15759.7	15836.8	15913.8	15990.9	16068.0	16145.1	16222.1	16299.2	16376.3	16453.3
56	16530.4	16610.7	16690.9	16771.2	16851.5	16931.8	17012.0	17092.3	17172.6	17252.8
57	17333.1	17416.7	17500.3	17583.9	17667.5	17751.1	17834.6	17918.2	18001.8	18085.4
58	18169.0	18256.0	18342.9	18429.9	18516.9	18603.9	18690.8	18777.8	18864.8	18951.7
59	19038.7	19129.2	19219.8	19310.3	19400.8	19491.4	19581.9	19672.4	19762.9	19853.5
60	19944.0	19977.2	20010.5	20043.7	20077.0	20110.2	20143.4	20176.7	20209.9	20243.2

**Formula approssimata**

$$P_s = 611,2 \cdot e^{\frac{17,67 \cdot t}{243,5 + t}}$$

In cui:  $P_s$  = pressione di saturazione alla temperatura «t», espressa in pascal (Pa) – e = base dei logaritmi neperiani – t = temperatura, espressa in gradi Celsius (°C).

**Tavola 5°**  
**Variazione della velocità del vento «V<sub>h</sub>» con l'altezza**

	<b>Velocità del vento a «10 m» di quota</b>							
<b>h metri</b>	<b>kn m • s<sup>-1</sup></b>	<b>kn m • s<sup>-1</sup></b>	<b>kn m • s<sup>-1</sup></b>	<b>kn m • s<sup>-1</sup></b>	<b>kn m • s<sup>-1</sup></b>	<b>kn m • s<sup>-1</sup></b>	<b>kn m • s<sup>-1</sup></b>	<b>kn m • s<sup>-1</sup></b>
1	3,66 1,88	7,31 3,76	10,97 5,64	14,63 7,53	18,28 9,40	21,94 11,29	25,60 13,17	29,25 15,05
2	3,89 2,00	7,77 3,10	11,66 6,00	15,54 8,00	19,43 10,00	23,31 11,99	27,20 14,00	31,08 15,99
3	4,08 2,10	8,16 4,20	12,25 6,30	16,33 8,40	20,41 10,50	24,49 12,60	28,57 14,70	32,66 16,80
4	4,25 2,19	8,51 4,38	12,76 6,56	17,02 8,76	21,27 10,94	25,53 13,13	29,78 15,32	34,04 17,51
5	4,41 2,27	8,82 4,54	13,23 6,81	17,64 9,07	22,04 11,34	26,45 13,61	30,86 15,88	35,27 18,14
6	4,55 2,34	9,10 4,68	13,64 7,02	18,19 9,36	22,74 11,70	27,29 14,04	31,84 16,38	36,38 18,72
7	4,67 2,40	9,35 4,81	14,02 7,21	18,70 9,62	23,37 12,02	28,05 14,43	32,72 16,83	37,40 19,24
8	4,79 2,46	9,58 4,93	14,37 7,39	19,16 9,86	23,96 12,33	28,75 14,79	33,54 17,25	38,33 19,72
9	4,90 2,52	9,80 5,04	14,70 7,56	19,59 10,08	24,49 12,60	29,39 15,12	34,29 17,64	39,19 20,16
10	<b>5 2,57</b>	<b>10 5,14</b>	<b>15 7,72</b>	<b>20 10,29</b>	<b>25 12,86</b>	<b>30 15,43</b>	<b>35 18,00</b>	<b>40 20,58</b>
11	5,09 2,62	10,18 5,24	15,28 7,86	20,37 10,48	25,46 13,10	30,55 15,72	35,64 18,33	40,74 20,96
12	5,18 2,66	10,36 5,33	15,54 8,00	20,72 10,66	25,90 13,32	31,08 15,99	36,26 18,65	41,44 21,32
13	5,26 2,70	10,52 5,41	15,79 8,12	21,05 10,83	26,31 13,54	31,57 16,24	36,84 18,95	42,10 21,66
14	5,34 2,75	10,68 5,49	16,02 8,24	21,36 10,99	26,70 13,74	32,04 16,48	37,38 19,23	42,72 21,98
15	5,41 2,78	10,82 5,57	16,24 8,35	21,66 11,14	27,07 13,93	32,49 16,71	37,90 19,50	43,32 22,28
16	5,48 2,82	10,97 5,64	16,45 8,46	21,94 11,29	27,42 14,11	32,91 16,93	38,39 19,75	43,88 22,57
17	5,55 2,86	11,10 5,71	16,66 8,57	22,21 11,42	27,76 14,28	33,31 17,14	38,86 20,00	44,41 22,85
18	5,62 2,89	11,23 5,78	16,85 8,67	22,46 11,55	28,08 14,44	33,70 17,34	39,31 20,22	44,93 23,11
19	5,68 2,92	11,35 5,84	17,03 8,76	22,71 11,68	28,39 14,60	34,06 17,52	39,74 20,44	45,42 23,37
20	5,74 2,95	11,47 5,90	17,21 8,85	22,94 11,80	28,68 14,75	34,42 17,71	40,15 20,65	45,89 23,61
21	5,79 2,98	11,58 5,96	17,38 8,94	23,17 11,92	28,96 14,90	34,75 17,88	40,55 20,86	46,34 23,84
22	5,85 3,01	11,69 6,01	17,54 9,02	23,39 12,03	29,23 15,04	35,08 18,05	40,93 21,06	46,77 24,06
23	5,90 3,04	11,80 6,07	17,70 9,10	23,60 12,14	29,49 15,17	35,39 18,21	41,29 21,24	47,19 24,28
24	5,95 3,06	11,90 6,12	17,85 9,18	23,80 12,24	29,75 15,30	35,70 18,36	41,65 21,43	47,59 24,48
25	6,00 3,09	12,00 6,17	17,99 9,25	23,99 12,34	29,99 15,43	35,99 18,51	41,99 21,60	47,98 24,68
26	6,05 3,11	12,09 6,22	18,14 9,33	24,18 12,44	30,23 15,55	36,27 18,66	42,32 21,77	48,36 24,88
27	6,09 3,13	12,18 6,27	18,27 9,40	24,36 12,53	30,45 15,66	36,54 18,80	42,64 21,94	48,73 25,07
28	6,13 3,15	12,27 6,31	18,40 9,46	24,54 12,62	30,67 15,78	36,81 18,94	42,94 22,09	49,08 25,25
29	6,18 3,18	12,36 6,36	18,53 9,53	24,71 12,71	30,89 15,89	37,07 19,07	43,24 22,24	49,42 25,42
30	6,22 3,20	12,44 6,40	18,66 9,60	24,88 12,80	31,10 16,00	37,32 19,20	43,54 22,40	49,75 25,59

L'altezza standard alla quale viene generalmente eseguita la misura della velocità del vento è di dieci metri (10 m) dal suolo (**OMM**, 1983).

Come risulta chiaramente dalla **Tabella 5°**, a causa dell'attrito superficiale, la velocità del vento tende a diminuire nell'avvicinarsi al suolo.

Se si misura la velocità del vento « $V_{10}$ » alla quota di «10 m», si può ricavare la velocità del vento « $V_h$ » ad una differente quota utilizzando la formula:

$$V_q = V_{10} \cdot [0,233 + 0,656 \cdot \text{Log} (q + 4,75)]$$

**In cui:**  $V_q$  = velocità del vento ad una certa quota «h», espressa sia in nodi (kn) sia in ( $m \cdot s^{-1}$ )  
 –  $V_{10}$  = velocità del vento misurata alla quota di « $V_{10}$ », espressa sia in nodi (kn) sia in ( $m \cdot s^{-1}$ ) –  
 Log = logaritmi decimali (in base dieci) – q = quota alla quale si vuole conoscere la velocità del vento « $V_h$ », espressa in metri (m).

La formula utilizza il valore della velocità del vento misurata alla quota di «10 m» per conoscere la velocità del vento che, nello stesso tempo, soffia alle varie quote nella verticale del punto in cui si è eseguita la misurazione.

Conoscendo la velocità del vento ad una quota differente da «10 m», la formula appena presentata non può essere utilizzata per conoscere la velocità del vento alle altre quote, a meno che non si ricorra ad un artificio.

Utilizzando la stessa formula, si ricava la velocità del vento alla quota di «10 m»:

$$V_{10} = \frac{V_q}{[0,233 + 0,656 \cdot \log (q + 4,75)]}$$

**In cui:** noto il significato dei simboli.

Adesso si può ricavare, utilizzando la prima formula sopracitata, la velocità del vento che, nello stesso tempo, soffia alle varie quote nella verticale del punto in cui si è eseguita la misurazione.

I valori presenti nella **Tabella 5°** e, pertanto, anche i valori ottenuti con la prima formula sono validi solo per una rugosità del terreno molto bassa, come quella che si riscontra sia sulla superficie del mare calmo sia o sulla neve o sul ghiaccio.

Come già detto, i venti in quota, in genere, possiedono una velocità più elevata di quelli al livello del suolo; detto in altre parole, per ogni dato e tempo e spazio, la velocità del vento di norma cresce con la quota.

Quando si considera l'effetto che l'altezza ha sulla velocità del vento non vanno trascurati i seguenti due fattori:

- il **grado di rimescolamento turbolento** prevalente nell'atmosfera per un dato momento e luogo, come caratterizzato dalla **Classe di stabilità di Pasquill**
- la **rugosità** della superficie del terreno, che induce attrito superficiale per un dato luogo.

**Curiosità**

**Frank Pasquill** (1914 – 1994), meteorologo inglese.

Si è trovato che l'effetto dell'altezza sulla velocità del vento è di tipo logaritmico, e può essere espresso come:

$$V_q = V_r \cdot \left( \frac{Z_q}{Z_r} \right)^n$$

**In cui:**  $V_q$  = velocità del vento alla quota « $Z_q$ », espressa in una qualsiasi unità di misura della velocità –  $V_r$  = velocità del vento alla quota di riferimento « $Z_r$ », espressa nella stessa unità di misura di « $V_q$ » –  $Z_q$  = quota alla quale si vuole conoscere la velocità del vento « $V_q$ », espressa in una qualsiasi unità di misura della lunghezza –  $Z_r$  = quota di riferimento, espressa nella stessa unità di misura di « $Z_h$ » – n = rugosità del terreno secondo la classe di stabilità di **Pasquill**.

**Tabella dei valori di «n»**

Territorio rurale		Territorio urbano	
Stabilità	Esponente n	Stabilità	Esponente n
A	0,10	A	0,15
B	0,15	B	0,15
C	0,20	C	0,20
D	0,25	D	0,25
E	0,25	E	0,40
F	0,30	F	0,60

In funzione della **Classe di stabilità di Pasquill**.

### Tabella dei valori di «n» per alcuni esempi

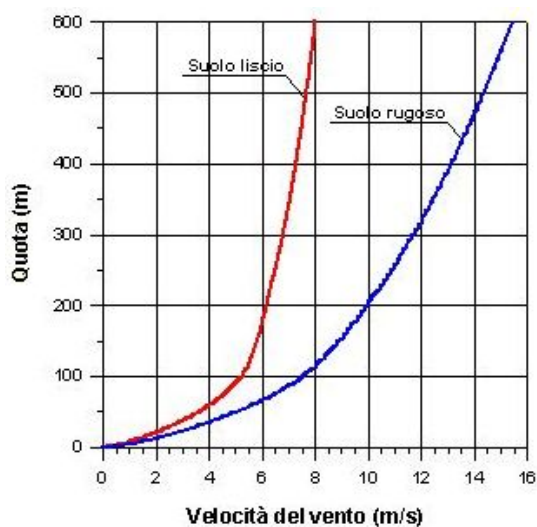
Tipo di suolo	n
Ghiaccio	0,08
Muschio	0,11
Mare	0,12
Erba corta	0,13
Campi coltivati	0,15
Campagna	0,16
Boschi	0,20
Zona urbana	0,30 ÷ 0,48

#### Esempio:

Data una velocità del vento di «5 m/s», misurata a «10 m» al di sopra del suolo, e una classe di stabilità «B», su territorio di tipo rurale, calcolare la velocità del vento a «500 m» di altezza.

Applicando la formula, si ottiene.

$$V_{500} = 5 \cdot \left(\frac{500}{10}\right)^{0.15} \sim 9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (32,4 km} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$



#### Andamento del vento, al variare dell'altezza, quando incontra un ostacolo

Linea **rossa** (a sinistra), territorio rurale

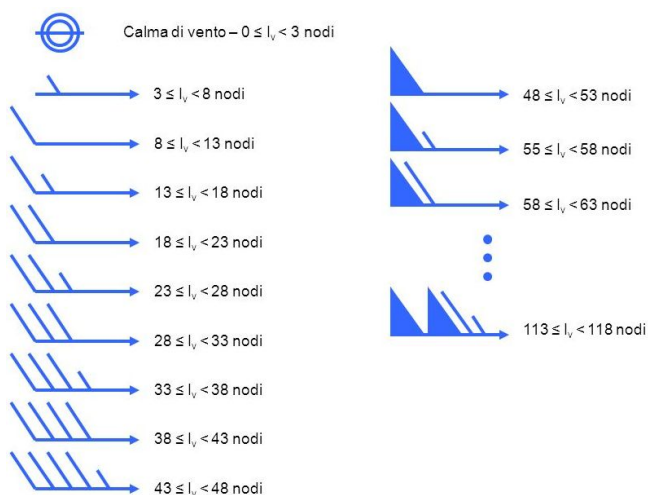
$$V_{400} = 5 \cdot \left(\frac{400}{10}\right)^{0.10} \sim 7,23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (26,0 km} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$

Linea **azzurra** (a destra), territorio urbano

$$V_{400} = 5 \cdot \left(\frac{400}{10}\right)^{0.26} \sim 13,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (47,0 km} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$

## Riassunto di alcuni simboli

### Intensità del vento



### Tipi di nuvole

$C_M$

#### NUBI MEDIE

- Altostrato sottile (per la maggior parte semitrasparente - tecnicamente: translucidus).
- Altostrato opaco; la maggior parte della nube è sufficientemente densa per offuscare il Sole (o la Luna), oppure Nembostrato.
- Altocumulo sottile in banchi; gli elementi della nube mutano continuamente d'aspetto; i banchi si presentano ad uno o a più livelli.
- Altocumulo sottile in bande o in strato invadente gradualmente il cielo e tendente ad ispessirsi in tutto l'insieme.
- Altocumuli formati dall'estendersi di Cumuli.
- Altocumuli in doppio strato, oppure strato spesso di Altocumuli, non in aumento; oppure Altocumuli con Altostrati e/o Nembostrati.

$C_H$

#### NUBI ALTE

- Cirri filamentososi o «code di cavallo» sparse, non in aumento.
- Cirri densi in bande, o contorti a fasci; normalmente non in aumento; talvolta residui di cumulonembi; a torri o a fiocchi.
- Cirri densi, spesso a forma di uncino, derivati o associati a cumulonembi.
- Cirri, spesso a forma di uncino, invadenti gradualmente il cielo e tendenti ad ispessirsi in tutto il loro insieme.
- Cirri e Cirrostrati spesso in bande, o Cirrostrati solo; tendenti gradualmente ad estendersi ed a ispessirsi; la distesa non supera i 45° sull'orizzonte.
- Cirri e Cirrostrati spesso in bande, o Cirrostrati solo; tendenti generalmente ad estendersi ed a ispessirsi; la distesa supera i 45° sull'orizzonte.
- Velo di cirrostrato che ricopre totalmente il cielo.

$C_L$

#### NUBI BASSE

- Cumuli di bel tempo, a debole estensione verticale e apparentemente appiattiti.
- Cumuli a sviluppo verticale moderato o forte, generalmente con protuberanze a forma di torri, con o senza altri Cumuli o Stratocumuli, tutti con base allo stesso livello.
- Stratocumuli non generati dall'estendersi di Cumuli.
- Strati o Fracto-Strati o ambedue i tipi di nubi, ma i Fracto-Strati non di cattivo tempo.
- Fracto-Strato e/o Fracto-Cumulo di cattivo tempo (con vento forte).
- Cumuli e Stratocumuli (non formati dall'estendersi di Cumuli) con basi a differenti livelli.
- Cumulonembo con sommità nettamente fibrosa (cirriforme), spesso a forma di uncino, con o senza Cumuli, Stratocumuli, Strati, o vento forte.

### Copertura nuvolosa



Sereno



1/8 coperto



2/8 coperto



3/8 coperto



4/8 coperto



5/8 coperto



6/8 coperto



7/8 coperto

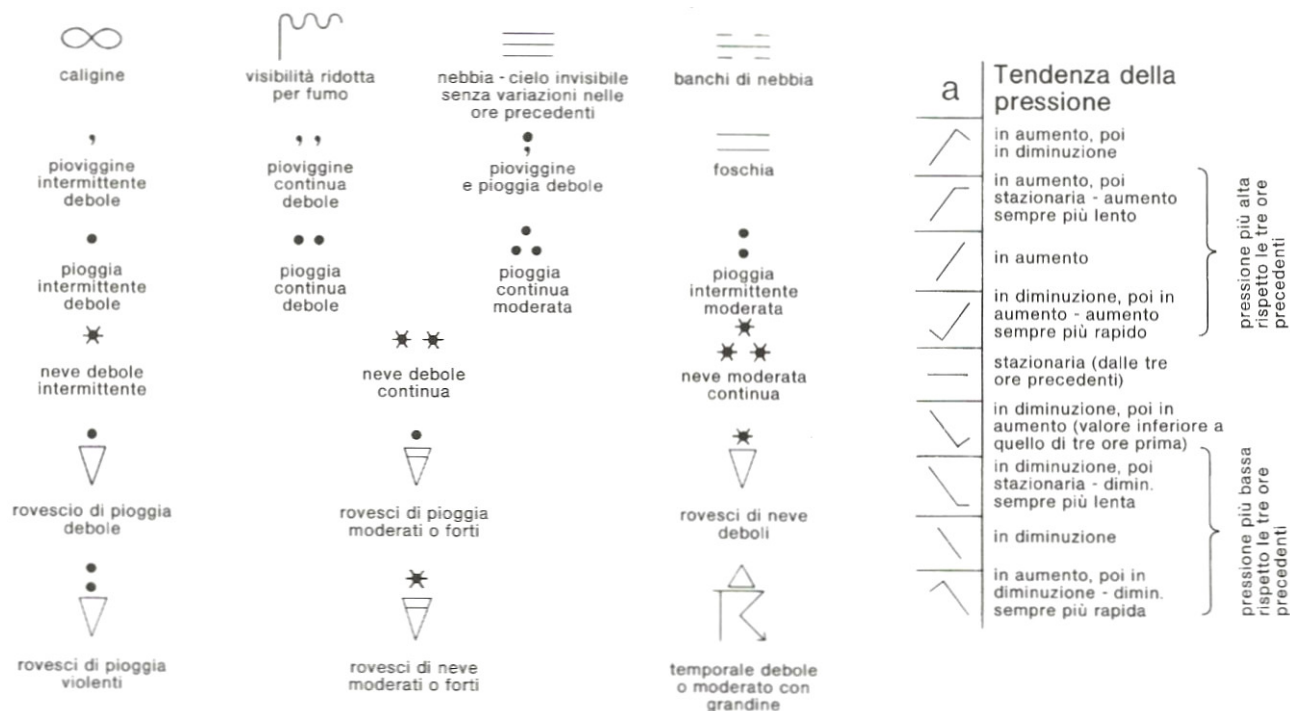


Completamente coperto



Cielo invisibile

## Tempo presente



## Disposizione dei dati meteorologici intorno al punto di stazione su una Carta del tempo sinottica



## Stato del mare



### Nefoanalisi e tempo significativo

	Nubi cirriformi dense		Zone di precipitazioni
	Nubi cirriformi sottili		Linea di rovesci forti
	Cirri densi striati		Linea di groppi forti
	Cirri densi sottili		Turbolenza moderata
	Nubi medie		Turbolenza forte
	Cumuli		Onde di rilievo
	Cumulus congestus		Centro vortice nubi
	Cumulonembi		Tempesta tropicale con occhio
	Nubi stratocumuliformi		Tempesta tropicale senza occhio
	Strati o nebbie		Linea trasversale
	Contorno nubi cumuliiformi		Sistema principale
	Striature		Contorno definito
	Formazione di ghiaccio		Contorno indefinito

### Abbreviazioni

[ FOG W ]	Warning of fog	Avviso di nebbia densa
[ G W ]	Gale warning ff 8 ÷ 9	Avviso di burrasca ff 8 ÷ 9
[ S W ]	Storm warning ff 10 ÷ 11	Avviso di tempesta ff 10 ÷ 11
[ T W ]	Typhoon warning	Avviso di tifone
AS	Analysis surface	Analisi in superficie
AU	Analysis upper	Analisi in quota
BKN	Broken	Nubi interrotte (da 5/8 a 7/8)
CAT	Clear air turbulence	Turbolenza in aria chiara
CLD	Clouds	Nubi
CLSD CELL	Closed cellular clouds	Nubi a cellule chiuse
CVD (C)	Covered	Coperto (nuvolosità > 80 %)
D	Drizzle	Pioggine
EMBD	Embedded	Nubi temporalesche in strati
F	Fog	Nebbia
FRQ	Frequent	Frequenti
FS	Forecast surface	Previsioni in superficie
FU	Forecast upper	Previsioni in quota
GRADU	Gradual	Graduale
H (T)	Hurricane (typhoon) V > 64	Uragano (tifone) V > 64
ISOL	Isolated	Isolati
LYR	Layers	Strati
MCO	Mostly covered	Molto nuvoloso (nuvolosità 50 ÷ 80 %)
MOP	Mostly open	Poco nuvoloso (nuvolosità 20 ÷ 50 %)
MSLP	Mean Surface Level Pressure	Pressione media a livello del mare
OCNL	Occasional	Occasionali
OPEN CELL	Open cellular clouds	Nubi a cellule aperte
OPN (O)	Open	Aperto (nuvolosità < 20 %)
OVC	Overcast	Coperto (8/8)
P.V.A.	Positive vorticity advection	Avvezione a vorticità positiva
R	Rain	Pioggia
RW	Rainshowers	Rovesci di pioggia
S	Snow	Neve
S.T.S.	Severe tropical storm V = 47 ÷ 63	Forte tempesta tropicale V = 47 ÷ 63
SCT	Scattered	Nubi sparse (da 1/8 a 4/8)
SW	Snowshowers	Rovesci di neve
T.D.	Tropical depression V < 33	Depressione tropicale V < 33
T.S.	Tropical storm V = 34 ÷ 47	Tempesta tropicale V = 34 ÷ 47
TRW	Thundershowers	Rovesci temporaleschi
UNKNOWN	Unknown	Nubi non identificate
VLD	Validity	Validità
VT	Verifying time	Valida fino
W	Warning of wind ff > 7	Avviso di vento ff > 7

## Classificazione dei venti

Tavola 6°

Classe	Nome	Caratteristiche
<b>costanti</b> (venti che soffiano tutto l'anno, sempre nella stessa direzione e nello stesso senso)	<b>alisei</b> (dal francese <i>alizé</i> )	Spirano nelle zone fra l'Equatore e i tropici: da nord-est a sud-ovest nell'emisfero boreale, da sud-est a nord-ovest nell'emisfero australe; si generano nelle zone anticicloniche tropicali, e convergono verso le zone equatoriali
	<b>venti extratropicali</b>	spirano nelle fasce equatoriali dove, per effetto del riscaldamento, si formano masse di aria calda e umida ascendenti
	<b>venti occidentali</b>	spirano fra i 35° e i 60°, in corrispondenza delle zone temperate: da sud-ovest a nord-est nell'emisfero boreale, da nord-ovest a sud-est nell'emisfero australe; sono i venti regolari delle zone temperate
<b>periodici</b> (venti che invertono periodicamente il senso; possono essere a periodo stagionale, come i monsoni o gli etesi, o a periodo diurno, come le brezze)	<b>monsoni</b> (dall'arabo <i>mausim</i> , stagione)	sono sistemi di venti caratteristici dell'oceano Indiano e dei mari della Cina; soffiano, durante il semestre estivo (aprile-ottobre), dall'oceano (anticiclone) verso terra (India ed Asia nordorientale, aree cicloniche); durante i mesi invernali (novembre-aprile), dall'India verso l'oceano (Africa orientale)
	<b>Etesi</b> (dal greco <i>étos</i> , anno)	spirano, durante l'estate, dal Mare Egeo all'Egitto, e in senso opposto durante l'inverno
	<b>brezze</b>	venti moderati a periodo diurno; si distinguono in: <i>brezze di mare e di terra</i> : soffiano, durante il dì, dal mare alla costa, durante la notte, dalla costa al mare; <i>brezze di monte e di valle</i> : soffiano, durante il dì, dalla valle alla montagna, durante la notte, dalla montagna alla valle; <i>brezze di lago e di riva</i> : si comportano come le brezze di mare e di terra
<b>variabili o locali</b> (venti che soffiano irregolarmente nelle zone temperate tutte le volte che si vengono a formare aree cicloniche o anticicloniche)	<b>scirocco</b> (dall'arabo <i>shulùq</i> , vento di mezzogiorno)	vento caldo che nasce nel deserto del Sahara; procedendo da sud-ovest verso nord, si carica di umidità sul Mediterraneo e raggiunge, umido e violento, l'Europa
	<b>mistral</b> (dall'antico provenzale <i>mae-stral</i> )	vento assai freddo, che spira dal Massiccio Centrale francese e raggiunge la massima violenza nella vallata del Rodano
	<b>favonio o föhn</b> (dal latino <i>favonius</i> , da <i>favēre</i> , far crescere)	vento caldo e secco, che soffia soprattutto in primavera e in autunno nelle vallate alpine verso l'Austria e la Svizzera e talvolta raggiunge la pianura Padana
	<b>ghibli</b> (dall'arabo <i>qiblī</i> , meridionale)	vento del deserto, molto caldo e carico di sabbia, che soffia per una trentina di giorni l'anno soprattutto sui territori della Tunisia, della Libia e dell'Egitto
	<b>khamisin</b> (dall'arabo <i>khamasin</i> , 50)	vento caldo e secco che spira da sud, da aprile a giugno, sul delta del Nilo; dura da 3 a 5 giorni
	<b>Harmattan</b> (dal sudanese <i>haamētā'n</i> )	vento caldo, secco e molto violento, che spira da nord-est, in inverno e in primavera, nell'Africa occidentale
	<b>bora</b> (dal greco <i>boréas</i> , nord)	vento freddo e violento che spira dai monti Illirici, nell'ex Jugoslavia, verso le coste dell'Istria e della Dalmazia, in inverno

	<b>austro</b> (dal latino <i>auster</i> , vento da sud, ostro)	vento caldo che spira da sud
	<b>grecale</b> (dal tardo latino <i>Graecalis</i> , dei Greci)	vento che soffia da nord-est a sud-ovest sul Mediterraneo centrale e meridionale nelle stagioni fredde
	<b>maestrale</b> (da <i>maestro</i> , inteso come principale)	vento da nord-ovest; è uno dei venti predominanti Mediterraneo
	<b>tramontana</b> (dal latino <i>trans montanus</i> , al di là dei monti)	vento freddo, spesso violento, che spira da nord, in inverno, e può investire tutta la penisola italiana
	<b>libeccio</b> (da <i>Libycos</i> , proveniente dalla Libia)	vento da ovest o da sud-ovest, violento in tutte le stagioni; soffia sulla Corsica e sull'Italia tirrenica
	<b>chinook</b> (dal nome di una tribù pellerossa del nord-ovest degli USA)	vento caldo e asciutto che soffia da nord-ovest, sulle Montagne Rocciose (USA), prevalentemente in primavera e in autunno
	<b>pampero</b> (da <i>pampa</i> )	vento freddo e umido che spira da ovest, tra luglio e settembre, soprattutto sul Rio de la Plata (Argentina)
<b>Irregolari o ciclonici</b>	<b>cicloni</b>	vengono così genericamente definiti i venti irregolari, violentissimi e distruttivi, dotati di movimento vorticoso; essi prendono nomi diversi secondo le località: <i>uragani</i> (dall'amerindio <i>huracanes</i> ) nelle Antille e sulle coste americane dell'Atlantico; <i>tifoni</i> (dal cinese <i>t'ai fung</i> , vento violento) nel Mar Giallo e nelle Filippine; <i>tornados</i> (dallo spagnolo <i>tornado</i> , derivato da torno, giro, vortice) nelle grandi pianure degli USA e in Australia

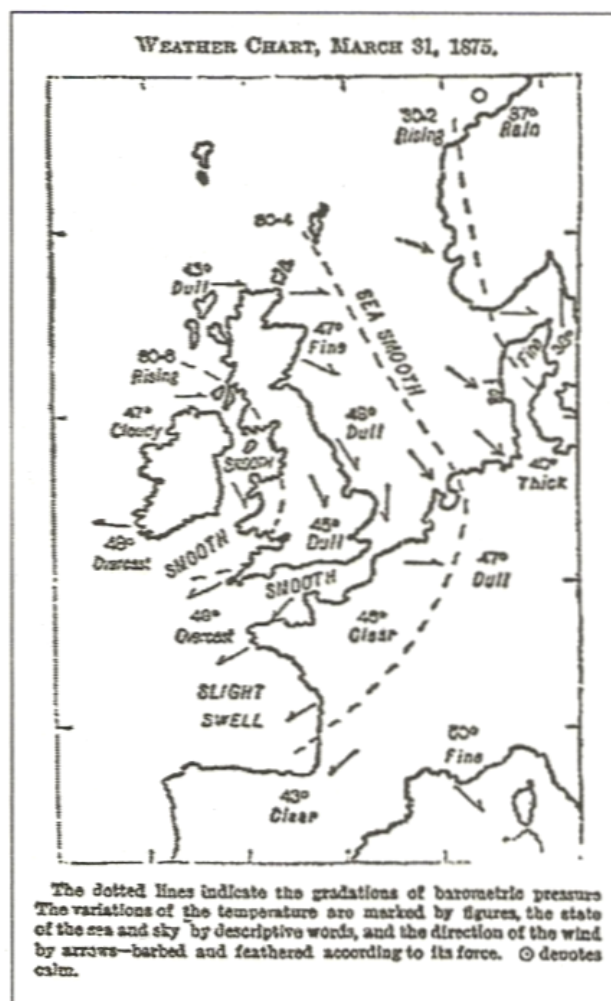
## Classificazione dei moti atmosferici secondo la loro scala spaziale

Tavola 7°

Tipo di movimento	Scala orizzontale
vortici turbolenti piccolissimi	1 cm ÷ 10 cm
vortici turbolenti piccoli	10 cm ÷ 1 m
trombe d'aria	1 m ÷ 10 m
impulsi, raffiche	10 m ÷ 100 m
tornado	100 m
fronti	10 km ÷ 100 km
uragani	100 km
cicloni sinottici	1 000 km
onde planetarie, maree atmosferiche, venti medi zonali	10 000 km

## Una mappa meteorologica

Tavola 8°



La prima mappa meteorologica della storia, pubblicata sul Times nel 1875, fu elaborata dal ed esploratore ed antropologo e climatologo britannico **Sir Francis Galton** (1822 – 1911), cugino del e biologo e naturalista e antropologo e geologo ed esploratore britannico **Charles Robert Darwin** (1809 – 1882).

*Le linee tratteggiate indicano le gradazioni delle pressioni barometriche, le variazioni della temperatura sono segnate con figure, lo stato e del mare e del cielo da parole descrittive, la direzione del vento da frecce-puntate e piumate secondo la sua forza.*

## Principali strumenti meteorologici

### A

**Aerografo:** strumento che registra due o più grandezze meteorologiche contemporaneamente.

**Altigrafo:** altimetro dotato di un dispositivo per la registrazione dei dati; è usato anche come sinonimo di *barografo*.

**Altimetro:** è uno strumento di misura che permette di misurare la distanza verticale di un corpo da una superficie di riferimento (altitudine), che può essere o il livello medio del mare o il suolo o un livello convenzionale.

**Anemobiografo:** tipo di *anemometro registratore*.

**Anemografo:** anemometro che traccia anche un grafico (*anemogramma*) in un intervallo di tempo.

**Anemometro:** misura la velocità del vento.

**Anemoscopio:** indica la direzione del vento.

**Atmometro di Bellani:** è uno strumento di misura, o manuale o elettronico, utilizzato per rilevare la quantità di evaporato; simula il comportamento di una pianta e come tale risponde alle variazioni climatiche dell'ambiente che la circonda.

**Attinometro:** misura l'intensità della radiazione solare diretta e, in genere, delle radiazioni luminose dell'atmosfera.

### B

**Banderuola:** semplice tipo di *anemoscopio* consistente in un corpo di varia forma, ruotante intorno a un asse verticale che, disponendosi nel letto del vento, ne indica la direzione.

**Barografo:** barometro che traccia anche un grafico (*barogramma*) in un intervallo di tempo.

**Barometro:** misura la pressione atmosferica.

**Barometro di Fitzroy:** detto anche in inglese *Storm glass*, è un dispositivo per le previsioni meteorologiche, costituito da un contenitore sigillato di vetro riempito di liquidi che permettono di prevedere il tempo osservandone l'aspetto.

**Barogramma:** diagramma di registrazione della pressione atmosferica.

**Baroscopio:** Piccola bilancia utilizzata per la verifica sperimentale dell'esistenza della spinta archimedeica.

**Baro-termografo:** combinazione di un barografo e di un termografo che tracciano anche un grafico (*barogramma*) in un intervallo di tempo.

### C

**Capannina meteorologica:** è una particolare schermatura a forma di casetta bianca, che serve a proteggere gli strumenti per la misurazione meteorologica dalla pioggia e dalle radiazioni dirette dei raggi solari.

**Ciclo dell'acqua:** è un processo molto importante, e per gli esseri umani e per gli animali e per le piante, poiché garantisce la rigenerazione dell'acqua che altrimenti si esaurirebbe.

**Ciclo idrologico:** vedi **Ciclo dell'acqua**.

**Cloud canal:** vedi **Fallstreaks hole cloud**

**Cloud Hole:** vedi **Fallstreaks hole cloud**

**Correntometro:** ha come scopo quello di misurare la velocità della corrente in canali artificiali o naturali. Può essere utilizzato per ricostruire la scala di deflusso in una determinata sezione di un corso d'acqua o, più semplicemente per valutare la portata puntuale di un reticolo idrico.

### D

**Diafanometro:** in meteorologia, è lo strumento per misurare la trasparenza dell'aria.

**Diafanometro:** vedi il **diafanometro**.

**Disco di Secchi o disco Secchi:** è uno strumento che si usa per misurare la trasparenza di un'acqua; consiste in un disco zavorrato dipinto di bianco o a quadranti bianchi e neri, del diametro di «20 cm», che affonda nell'acqua ed una corda contrassegnata con le indicazioni della profondità.

**E**

**Eliofanografo:** registra, su apposite strisce di carta, la maggiore o minore intensità dei raggi del Sole, oppure il periodo d'insolazione, nell'arco di una giornata.

**Eliofanometro:** vedi **Eliofanografo**.

**Eliografo:** vedi **Eliofanografo**.

**Evaporimetro Piche:** strumento usato soprattutto in Francia, costituito da un tubo pieno d'acqua distillata che evapora attraverso un filtro di carta in quantità dipendente dal deficit igrometrico dell'aria all'ombra.

**F**

**Fulminometro:** è uno strumento meteorologico in grado di rilevare il campo elettromagnetico prodotto dalla corrente dei fulmini entro un certo raggio d'azione.

**G**

**Grelimetro:** strumento che viene utilizzato per lo studio della grandine, in particolare per misurare la grandezza dei singoli chicchi.

**I**

**Igrografo:** igrometro che traccia anche un grafico (*igrogramma*) in un intervallo di tempo.

**Igrometro:** misura l'umidità dell'aria.

**Igroscopio:** dispositivo che serve ad indicare, con grossolana approssimazione, lo stato di o maggiore o minore umidità dell'aria.

**Ipsometro:** apparecchio per determinare la pressione atmosferica, e quindi l'altitudine, tramite misurazioni della temperatura di ebollizione dell'acqua distillata.

**Igrotermografo:** vedi **Termoigrografo**.

**L**

**LIDAR:** acronimo dall'inglese o di *Light Detection And Ranging* o *Laser Imaging Detection And Ranging*, è una tecnica di rilevamento con la quale si può determinare la distanza o di un oggetto o di una superficie mediante un impulso laser; permette, inoltre, di determinare la concentrazione di *specie chimiche* e nell'atmosfera e nelle distese d'acqua.

**Lisimetro:** apparecchio atto a misurare sia la quantità d'acqua piovana che riesce ad infiltrarsi in un certo terreno in un determinato intervallo di tempo sia la quantità che se ne allontana per scorrimento sulla superficie.

**M**

**Manica a vento:** è un dispositivo di segnalazione che serve a fornire informazioni visive sullo stato del vento al suolo.

**Mareografo:** strumento registratore per la misurazione del livello del mare, solitamente impiegato per la stima delle maree, ma capace di rilevare e quantificare anche le perturbazioni associate agli tsunami.

**Mareometro:** strumento usato per misurare il livello del mare, e in particolare l'ampiezza delle maree.

**Meteografo:** vedi **Aerografo**.

**Meteorografo:** strumento usato per lo studio dell'alta atmosfera, dove viene trasportato da palloni sonda, da palloni frenati, da aeroplani. È costituito dall'unione di un barografo, un termografo, un igrografo, e talvolta anche un anemografo.

**Mulinello idrometrico:** vedi **Correntometro**.

**Murus:** vedi **Nubi a muro**.

**N**

**Nefelometro:** strumento per determinare, da terra, la direzione di spostamento di una nube nonché del rapporto tra velocità e altezza della nube stessa.

**Nefeloscopio:** vedi **Nefelometro**.

**Nefoipsometro:** determina, di giorno e di notte, l'altezza della base delle nubi e la copertura nuvolosa del cielo.

**Nefoscopio:** vedi **Nefelometro**.

**Nevometro:** strumento per la misura approssimata della quantità di precipitazione nevosa.

**Nivometro:** vedi **Nevometro**.

**Nube ad imbuto:** vedi **Tuba**.

**Nubi a muro:** sono una caratteristica accessoria riscontrabile in alcuni cumulonembi; da esse può talvolta formarsi un tornado mesociclonico.

**Nuvole a parete:** vedi **Nubi a muro**.

**Nuvole murate:** vedi **Nubi a muro**.

**Nuvole piedistallo:** vedi **nubi a muro**.

## P

**Pallone pilota:** pallone aerostatico che viene utilizzato per misurare il vento in quota.

**Pallone sonda:** è un particolare pallone aerostatico che porta a bordo degli strumenti di misura meteorologici.

**Piranografo:** registra la quantità di energia solare ricevuta a terra sull'unità di superficie.

**Piranometro:** misura la quantità di energia solare ricevuta a terra sull'unità di superficie.

**Piranometro a banda ombreggiata:** misura la componente diffusa dell'energia solare.

**Pireliometro:** misura la quantità di energia solare e proveniente da sole e ricevuta a terra, espressa in calorie su centimetro quadrato ( $\text{cal}/\text{cm}^2$ ).

**Piroeliometro:** vedi **Pireliometro**.

**Pluviografo:** pluviometro che traccia anche un grafico (*pluviogramma*) in un intervallo di tempo.

**Pluviometro:** misura le quantità di precipitazione.

**Proiettore nefoscopio:** tipo di *nefoipsometro* notturno che serve a determinare l'altezza della base di una nube allo zenit, utilizzando l'altezza angolare della macchia luminosa formata dal fascio verticale di un proiettore

**Psicrometro:** formato da due termometri identici, viene impiegato per la determinazione dell'umidità relativa,

## R

**Radar meteorologici:** irradiano energia elettromagnetica e ricavano informazioni sull'atmosfera analizzando le caratteristiche del segnale da essa riflesso.

**Radarsonda:** apparato, composto da vari strumenti sia per la misura in quota di vari elementi meteorologici, generalmente e per la pressione e per la temperatura e per l'umidità, sia di una piccola emittente.

**Radarvento:** apparato per la determinazione del vento in quota la quale si effettua mediante inseguimento radar di un pallone che trasporta un opportuno schermo metallico riflettente od altro dispositivo atto al medesimo scopo.

**Radiometeorografo:** pallone aerostatico munito di una radiotrasmittente che invia con continuità ad una stazione a terra i dati di un barometro, di un termometro e di un igrometro.

**Radiometro** è un dispositivo (a sensore passivo) utilizzato in radiometria per misurare il flusso della radiazione elettromagnetica emesso da una superficie o un oggetto per effetto della sua temperatura ovvero la sua radianza.

**Radiosonda:** vedi **Radiometeorografo**.

**Radiovento:** apparato, per la determinazione del vento in quota, che utilizza segnali provenienti da una piccola emettente, sospesa ad un pallone libero, che vengono ricevuti da un radioteodolite che misura e gli azimut e gli angoli di elevazione delle posizioni successive del pallone.

## S

**Satelliti meteorologici:** satelliti che ruotano attorno alla terra per inviare al suolo immagini del movimento delle nubi e le mappe della temperatura; si dividono in geostazionarie a orbita polare.

**Schermo di Stevenson:** vedi **Capannina meteorologica**.

**SODAR:** acronimo dall'inglese di **SONic Detection And Ranging**, è uno strumento meteorologico conosciuto anche come **Wind Profiler** col quale si può misurare la diffusione delle onde sonore riflesse dalle turbolenze atmosferiche,

**Solarimetro:** misura la radiazione solare; possono essere od a termocopia od a effetto fotovoltaico.

**Sonda a filo:** apparecchio per la raccolta di dati meteorologici a bassa quota; un meteografo, od altro strumento, attaccato ad un pallone frenato, trasmette elettricamente i valori dei parametri rilevati attraverso il cavo di ritenuta a ricevitori disposti a terra.

## T

**Teodolite registratore:** riproduce direttamente la proiezione orizzontale della traiettoria di un pallone pilota dalla quale si può determinare e la velocità e la direzione del vento in quota.

**Termo-baro-igrografo:** combinazione e di un termometro e di un barometro e di un igrografo che tracciano anche un grafico (termogramma) in un certo intervallo di tempo.

**Termografo:** termometro che traccia anche un grafico (termogramma) in un certo intervallo di tempo.

**Termoigrografo:** combinazione e di un termometro e di un igrografo che tracciano anche un grafico (termogramma) in un certo intervallo di tempo.

**Termometro:** misura la temperatura.

**Termoscopio:** dispositivo atto a dare indicazioni sullo stato termico di un corpo, ma non a misurarne la temperatura; con tale termine si indicano anche i primi dispositivi termometrici.

**Torbidimetro:** detto anche **analizzatore di torbidità**, è un sistema per misurare la concentrazione di particelle sospese in un processo.

**Tuba:** è una nube accessoria che si staglia come una protuberanza dalla base della nube (di solito o un cumulus o un cumulonimbus)

**Turbidimetro:** vedi **Torbidimetro**.

**Trasmissometro:** è uno strumento per misurare l'attenuazione della luce mentre viaggia attraverso un mezzo rifrangente, normalmente o aria o acqua; è generalmente utilizzato, nell'ambito della meteorologia, come dispositivo per misurare e la visibilità nell'atmosfera e la torbidità nell'oceano..

## V

**Visibilimetro:** vedi **Trasmissometro**.

## W

**Wind profiler:** vedi **SODAR**.

## Glossario

### A

**Ablazione:** insieme combinato dei processi di sublimazione e di fusione e di evaporazione, compresa l'azione del vento, che determinano una riduzione della massa della neve; il fattore determinante che controlla il fenomeno è la temperatura, mentre le precipitazioni esercitano un'influenza secondaria.

**Accelerazione di gravità:** è dovuta alla forza esercitata dalla massa della Terra; il suo valore è pari a circa « $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ».

**Acquaneve:** precipitazione costituita o da neve e pioggia o da neve fondente e pioggia.

**Acquazzone:** precipitazione violenta di pioggia.

**Adiabatica umida:** curva che descrive la variazione della temperatura con l'altezza per una particella di aria satura che si muove verticalmente.

**Aerologia:** campo della meteorologia avente per oggetto lo studio dell'atmosfera libera, cioè nei suoi strati lontani dal suolo (fino ad una quota di circa 30 km).

**Aerofisica:** una delle tre grandi parti in cui si suole dividere la geofisica, quella cioè relativa ai fenomeni che hanno luogo nell'atmosfera terrestre.

**Aeronomia:** complesso delle discipline che riguardano la fisica dell'atmosfera terrestre e si riferiscono, in particolare, all'aerofisica dell'alta atmosfera.

**Aerosol:** particelle o solide o liquide sospese nell'atmosfera.

**Agenti atmosferici:** sono i fenomeni che si verificano nell'atmosfera e che agiscono sulla superficie terrestre trasformandola mediante azioni e dinamiche (vento) e meccaniche e chimiche (pioggia) e termiche.

**Alisei:** venti costanti, che spirano nelle regioni tropicali ( $30^\circ \text{ N} \div 30^\circ \text{ S}$ ) con direzione da «NE» a «SO» nell'emisfero boreale, da «SE» a «NO» nell'emisfero australe.

**Alone:** fenomeno ottico dell'atmosfera che consiste in ed anelli luminosi e circoli e globi leggermente iridati.

**Aloclino:** è un fenomeno di stratificazione dell'acqua con diverso grado di salinità.

**Alta pressione:** vedi **Anticiclone**.

**Altezza geopotenziale:** è per definizione la quota, espressa in metri, alla quale la pressione atmosferica è pari a un determinato valore espresso in ettopascal «hPa».

**Altitudine:** Distanza verticale tra una superficie orizzontale o un punto dello spazio atmosferico e il livello medio del mare

**Altocumulus (Altocumuli):** nubi medie composte per lo più da goccioline d'acqua, ma anche o di gocce super-raffreddate o cristalli di ghiaccio; appaiono spesso ondulate.

**Altostratus (Altostrati):** nubi e piatte e spesse, di colore grigiastro, per lo più composte da goccioline d'acqua.

**Anomalia climatica:** differenza tra il valore di un parametro meteorologico e il valore medio di lungo periodo preso a riferimento, denominato Normale Climatologica.

**Anteliale:** è un aggettivo inerente all'antelio.

**Anteliaco:** vedi **Anteliale**.

**Antelio:** è quel disco luminoso che si presenta dalla parte opposta del Sole.

**Antiasto:** è quel disco luminoso che si presenta dalla parte opposta di un determinato astro.

**Anticiclone:** circolazione dell'aria intorno a una zona centrale di alta pressione, per lo più associata a condizioni di bel tempo stabile; la pressione aumenta quando un anticiclone è in corso di formazione e diminuisce quando l'anticiclone si attenua.

**Anticiclone delle Azzorre:** è la grande area anticiclonica che staziona sull'Oceano Atlantico in corrispondenza delle isole Azzorre.

**Anticiclone siberiano:** area anticiclonica, di origine termica, presente sulla Siberia, esclusivamente in inverno.

**Antiseleno:** è quel disco luminoso che si presenta dalla parte opposta della Luna.

**Arco di ghiaccio:** vedi **Alone**.

**Arcobaleno:** fenomeno ottico dell'atmosfera prodotto dalla rifrazione della luce solare che colpisce lateralmente le gocce d'acqua temporalesca; i colori dello spettro variano dal rosso al violetto e sono tanto più intensi quanto più grandi sono le gocce d'acqua.

**Arabeschi:** vedi **Cristalli di ghiaccio**.

**Area anticiclonica (o di alta pressione):** area in cui la pressione atmosferica è superiore a quelle vicine; vi corrisponde tempo sereno ed asciutto.

**Area ciclonica (o di bassa pressione):** area in cui la pressione atmosferica è inferiore a quelle vicine; vi corrisponde tempo nuvoloso con eventuali precipitazioni.

**Aria:** miscuglio gassoso di azoto (78% in volume) e di ossigeno (21% in volume), con piccole quantità di altri gas, che costituisce l'atmosfera terrestre

**Aria calda, fronte di:** ha origine alle latitudini meridionali, specialmente nella fascia sub-tropicale di alta pressione; masse di aria calda si spostano con moto ascendente al di sopra dell'aria fredda, determinando formazioni di nubi e precipitazioni (fronte caldo). Tipica è la situazione di pioggia persistente.

**Aria fredda, fronte di:** ha origine nell'Europa settentrionale (aria polare), quando correnti di aria fredda scorrono su strati di aria calda; questo processo provoca la formazione di nubi e di precipitazioni (fronte freddo) ed è particolarmente accentuato quando aria fredda marittima è pre-riscaldata dall'Atlantico e l'aria polare continentale è notevolmente fredda.

**Aria secca:** aria priva di vapore acqueo; generalmente si dice che l'aria è secca quando l'umidità relativa è bassa.

**Aria umida:** si dice generalmente che l'aria è umida quando l'umidità relativa è alta.

**Ascendenze termiche:** correnti convettive; danno origine a nubi di tipo particolari (cumulus) e sono caratteristiche delle masse d'aria instabili.

**Assorbimento:** processo mediante il quale l'energia radiante incidente su di una sostanza, vena da questa assorbita.

**Atmosfera:** involucro di gas e vapori trattenuto intorno alla terra dal campo gravitazionale terrestre; esplica un ruolo importante nell'andamento del tempo.

**Atmosfera instabile:** stato termico dell'atmosfera che tende a sopprimere i moti verticali delle particelle d'aria.

**Atmosfera libera:** parte dell'atmosfera che è lontana dalla diretta influenza del suolo.

**Atmosfera stabile:** stato termico dell'atmosfera che tende a favorire ed amplificare i moti verticali delle particelle d'aria.

**Aureola:** anello luminoso bianco-azzurro che appare intorno al disco del sole e della luna quando si presentano sottili strati di nubi.

**Aurora polare:** sono dovute all'arrivo, nell'atmosfera terrestre delle regioni polari, di particelle ionizzate emesse dal Sole e la cui traiettoria viene influenzata dal campo magnetico terrestre; si producono a quote comprese tra i «700 km» e i «1000 km».

**Aurora australe:** quando si verifica nell'emisfero sud.

**Aurora boreale:** quando si verifica nell'emisfero nord.

**Austro od Ostro;** vento caldo e umido che proviene dal Mezzogiorno.

**Avvezione calda:** spostamento orizzontale di una massa d'aria calda, verso una determinata area, che porta con sé certe proprietà.

**Avvezione fredda:** spostamento orizzontale di una massa d'aria fredda, verso una determinata area, che porta con sé certe proprietà.

**Azzorre, anticiclone delle:** aria di alta pressione che si produce nella zona delle Azzorre; appartiene alla fascia di alta pressione sub-tropicale dell'emisfero settentrionale.

Spesso determina condizioni di bel tempo nell'Europa centrale e nel bacino del Mediterraneo, ma in associazione con l'area di bassa pressione dell'Islanda influisce anche sulla situazione meteorologica generale, provocando perturbazioni caratterizzate dal passaggio verso est di correnti oceaniche di alta quota.

## B

**Bar «bar»:** in meteorologia, unità di pressione atmosferica pari e a «750,06 torr» (millilitri di mercurio) e a « $1 \cdot 10^5$  Pa» nel Sistema Internazionale.

**Barosismi:** vibrazioni sismiche del suolo, provocate da azioni atmosferiche (vento e mare agitato), in concomitanza con sensibili depressioni barometriche.

**Bassa pressione:** vedi **Ciclone**.

**Beaufort, scala di:** scala di classificazione dei venti basata e sulla loro forza e sugli effetti indotti che producono nel loro spirare.

**Biometeorologia (meteorologia medica):** studia gli effetti del tempo atmosferico e del clima su individui o sani o malati.

**Biotopo:** luogo, o complesso ecologico in cui vivono determinate specie e di piante e di animali strettamente legate alle condizioni ambientali (esempio: prati, pascolo alpino, corsi d'acqua per i coccodrilli).

**Biotropia:** effetto degli agenti atmosferici sulla salute dell'uomo (esempio: favonio, afa, tasso di umidità).

**Bora:** la bora è il vento e più violento e più turbolento sia d'Italia sia dell'intero bacino del mar Mediterraneo (è uno dei venti più studiati al mondo); spesso può soffiare con raffiche che superano i «130  $\text{km/h}$ ».

**Borino:** brezza di terra che di notte interessa le coste orientali dell'Adriatico.

**Brezza di ghiaccio:** vento discendente che soffia da un ghiacciaio e deve la sua origine al raffreddamento dell'aria per il contatto col ghiaccio.

**Brezza di mare:** vento che in prossimità delle coste soffia dal mare verso la terra.

**Brezza di monte:** vento catabatico che soffia, durante la notte, discendendo lungo le valli e le coste delle montagne; è dovuto al raffreddamento notturno e dei fianchi montuosi e dell'aria che li sovrasta.

**Brezza di terra:** vento che in prossimità delle coste soffia dalla terra verso il mare.

**Brezza di valle:** vento che spira durante il giorno risalendo le valli e le coste delle montagne; è dovuta al riscaldamento dell'aria e nel fondovalle e sui fianchi montuosi.

**Brina:** tipo di precipitazione allo stato solido. Si verifica quando la temperatura dell'aria scende sotto il punto di congelamento; il vapore acqueo sublima sulle piante o al suolo, depositandosi sotto forma di cristalli di ghiaccio.

**Brinamento:** è la transizione di fase, o di una sostanza semplice o di un composto chimico, dallo stato aeriforme allo stato solido, senza passare per lo stato liquido.

**Brunt, legge parabolica di:** nell'ipotesi di vento debole e cielo sereno, esprime in termini quantitativi il rapporto che intercorre tra umidità atmosferica e perdita di energia per irraggiamento (quanto più è ridotta l'umidità, tanto maggiore sarà la perdita di energia).

**Burst swaths:** difficilmente quantificabili a causa e della loro natura effimera e della loro ridotta dimensione, hanno una dimensione dell'ordine di qualche centinaio di metri

**Buy Ballot, legge di:** venne formulata nella metà del XIX secolo dall'omonimo meteorologo francese in base al movimento d'aria detto vento geostrofico, parallelo alle isobare.

## C

**Calore latente:** quantità di calore od assorbito o rilasciato durante un processo di cambiamento di stato; esiste il calore latente e di condensazione e di evaporazione e di fusione e di congelamento e di sublimazione e di brinamento e di deposizione.

**Campo barico:** andamento e delle isobare, al suolo, e delle isoipse, in quota, su una Carta geografica.

**Calore specifico:** quantità di calore necessaria per innalzare di un grado centigrado la temperatura di «1 kg» di una sostanza.

**Campo termico:** andamento delle isoterme su una Carta geografica.

**Canicola:** denominazione popolare che designa il periodo di massimo caldo nell'emisfero boreale (fine di luglio inizi di agosto), quando il sole ha superato le costellazioni del Cane maggiore e del Cane minore; il prodursi di una situazione di costante alta pressione nella seconda metà di luglio determina infatti buone condizioni atmosferiche con alte temperature.

**Carta sinottica:** carta che descrive la distribuzione su larga scala dei parametri ad una certa ora.

**Carta sinottica, elaborazione di una:** analisi di dati desunti da osservazioni meteorologiche eseguite contemporaneamente in numerosi punti su una vasta regione geografica.

**Catabatico:** Il vento freddo che discende un pendio, come la brezza che di notte scivola a valle

**Cavum:** vedi **Fallstreaks hole cloud**

**Celle di Ferrel:** celle di circolazione convettiva di masse d'aria, fra le latitudini di «30° N» e «60° N» e «30° S» e «60° S».

**Celle di Hadley:** celle di circolazione convettiva di masse d'aria, fra le latitudini di «0° N» e «30° N» e «0° S» e «30° S».

**Celle polari:** celle di circolazione convettiva di masse d'aria, fra le latitudini di «60° N» e «90° N» e «60° S» e «90° S».

**Cellula di Hadley:** è così chiamata in omaggio al meteorologo inglese **George Hadley**, che per primo la interpretò nel 1735. Si tratta di un sistema di circolazione atmosferica cui si deve la distribuzione delle masse di aria dai tropici ai poli.

**Chemocline:** è una stratificazione verticale delle acque o marine o lacustri causata da un forte gradiente verticale nella massa d'acqua collegato a una significativa e rapida variazione delle sue proprietà chimiche.

**Chemosfera:** strato dell'atmosfera nel quale ha luogo e la dissociazione (di giorno) e la ricombinazione (di notte) molecolare, sotto l'influenza delle radiazioni ultraviolette.

**Chinook:** tipico vento che discende sul versante orientale delle Montagne Rocciose e che fa crescere la temperatura non di rado da «-20 °C» a «+10 °C ÷ +20 °C» in poche ore; il meccanismo che innesca il *Chinook* è analogo a quello del *Foehn* in inverno,

**Ciclogenesi:** formazione di un ciclone dovuta a particolari condizioni e dinamiche e termodinamiche dell'atmosfera.

**Ciclolisi:** attenuazione e dissoluzione di un ciclone dovuta a particolari condizioni e dinamiche e termodinamiche dell'atmosfera.

**Ciclone:** circolazione di masse di aria intorno a un'area centrale di bassa pressione e generalmente associata a condizioni di tempo instabile con movimenti vorticosi di masse d'aria (sulle carte del tempo è indicata o con «B» o «L = low»); a latitudini tropicali può riferirsi a una forte perturbazione che può raggiungere l'intensità di un uragano.

**Cicloni extra tropicali:** chiamati anche *Cicloni delle medie latitudini*, si formano sugli oceani dall'incontro di due masse d'aria a differenti temperature ed umidità; spinte dal vento danno origine a movimenti vorticosi ascendenti con sistemi nuvolosi con precipitazioni.

**Cicloni, famiglie di:** successione seriale di aree cicloniche (o di bassa pressione); tipiche delle condizioni atmosferiche dei quadranti occidentali, sono presenti anche in Europa provocando tempo variabile con abbondanti precipitazioni e vento, intercalate da schiarite di breve durata.

**Cirrus (Cirri):** nubi alte formate da cristalli di ghiaccio che appaiono come sottili strisce nel cielo.

**Cirrocumulus (Cirrocumuli):** nubi alte formate da cristalli di ghiaccio che appaiono come sottili strati di batuffoli bianchi.

**Cirrostratus (Cirrostrati):** nubi alte composte da cristalli di ghiaccio che appaiono come un velo sottile; spesso formano un alone nel cielo.

**Clima:** comportamento statisticamente definito del tempo atmosferico e su una determinata regione e per un certo periodo di tempo.

**Climatologia:** campo di ricerche che riguarda le relazioni reciproche dei fenomeni atmosferici e le loro modificazioni in rapporto alle condizioni geografiche della superficie terrestre; la climatologia è importante non solo per i meteorologi, ma anche per la biologia, la medicina, l'economia agricola e forestale.

**Coalescenza:** fusione di due goccioline d'acqua fra loro.

**Condensazione:** cambiamento di stato da gas a liquido.

**Conduzione:** propagazione di calore causata dallo scontro di particelle più eccitate con altre meno eccitate.

**Configurazione barica:** sono le forme particolari che assumono le isobare sulle Carte meteorologiche.

**Congelamento:** cambiamento di stato da liquido a solido.

**Conduzione:** trasferimento, per contatto, fra molecole,

**Congelamento:** cambiamento di stato da liquido a solido.

**Controalisei:** venti costanti che spirano ad alta quota dalla zona intertropicale di convergenza, detta anche zona delle calme equatoriali, verso le regioni tropicali.

**Convergenza:** flusso netto di un fluido entro una determinata area.

**Convezione:** moto atmosferico prevalentemente verticale.

**Coperto (cielo):** copertura nuvolosa del cielo pari a «8 ottavi»; ovvero cielo totalmente coperto senza alcuna zona di sereno.

**Corrente a getto:** (o *jet stream*) è un veloce flusso d'aria canalizzato, localizzato nell'atmosfera terrestre generalmente appena sotto la tropopausa e lungo i confini tra masse d'aria con significativi gradienti termici orizzontali.

**Corrente del Golfo:** la (Gulf Stream, nel linguaggio scientifico internazionale) è una corrente marina calda proveniente dal Golfo del Messico; parte costitutiva della Corrente Equatoriale Nordatlantica, la Corrente del Golfo fluisce verso l'Europa e settentrionale e occidentale influenzando notevolmente sul clima.

**Correnti ascensionali convettive:** moti verticali di aria verso l'alto in compensazione di moti di aria in fase di discesa che si verificano in un'altra zona; la convezione è alla base della circolazione generale atmosferica e delle correnti marine.

**Costante solare:** è la quantità di energia radiante che arriva sulla Terra dal Sole per unità e di tempo e di superficie (quindi una potenza per unità di superficie), misurata sulla superficie superiore dell'atmosfera terrestre, su un piano perpendicolare ai raggi solari; il suo valore è « $1\,367\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ » ( $\approx 4\,921\text{ kJ} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \approx 1\,175\text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

**Cristalli di ghiaccio:** configurazione a cui tende l'acqua con la transizione di fase dallo stato liquido a quello solido la cui struttura spaziale mostra una disposizione ed ordinata e rigida e regolare.

**Cumulus (Cumuli):** nubi ben definite, e di colore bianco ed a forma torreggiante.

**Cumulonimbus (Cumulonembi):** nubi di grandi dimensioni verticali, capaci di produrre e fulmini e forti venti e grandine.

## D

**Densità dell'aria:** rapporta fra la massa ed il volume.

**Deposizione:** cambiamento di stato da vapore a solido.

**Deposizione acida secca:** nella quale la ricaduta dall'atmosfera di particelle acide non è veicolata dalle precipitazioni, ma avviene per effetto della forza di gravità.

**Deposizione acida umida:** vedi **Pioggia acida**.

**Depressione:** sinonimo di area di bassa pressione.

**Demone d'acqua:** vedi **Mulinello d'acqua**.

**Divergenza:** flusso netto di un fluido al di fuori di una determinata area.

**Dew point:** vedi **Punto di rugiada**.

**Downburst,** definito come **raffica discendente**, è un fenomeno meteorologico che consiste in una colonna d'aria fredda, in rapida discesa, che giunge perpendicolarmente al suolo con grande violenza.

**Dry Downburst:** vedi **Raffiche discendenti secche**.

**Downdraft:** corrente fredda discendente all'interno di una nube temporalesca.

**Downdraught:** vedi **Downdraft**

**Downwelling:** In oceanografia, indica il processo fisico e di accumulo e di sprofondamento di acqua ed ad alta densità e bassa temperatura al di sotto di acque a densità più bassa e temperatura più elevata.

**Dry Downburst:** vedi **Raffiche discendenti secche**.

**Dust devil** (diavolo di polvere): vedi **Mulinello di polvere**.

## E

**Ectoplasma:** vedi **Ettoplasma**.

**Effetto rainshadow:** vedi **Ombra pluviometrica**.

**Effetto serra:** I raggi solari vengono in parte assorbiti dal suolo che si riscalda; ne consegue un innalzamento della temperatura (media terrestre: + 15 °C).

A loro volta, i gas inquinanti di struttura pluriatomica, riassorbendo la radiazione infrarossa, riducono l'irradiazione di calore da parte della superficie terrestre.

**Elettrosfera:** strato dell'atmosfera tra il suolo e «15 km ÷ 20 km» di altezza sede del campo elettrico generato dalla carica negativa presente sulla superficie terrestre.

**El Niño-Oscillazione Meridionale:** è un fenomeno climatico periodico che provoca un forte riscaldamento delle acque dell'Oceano Pacifico e Centro-Meridionale e Orientale (America Latina) nei mesi di dicembre e gennaio in media ogni cinque anni, con un periodo statisticamente variabile fra i tre e i sette anni.

**Energia cinetica:** energia di un corpo dovuta al suo moto.

**Energia potenziale:** energia immagazzinata in un corpo per effetto della sua posizione in un campo gravitazionale

**Enrosadira:** è un fenomeno ottico per cui la maggior parte delle cime delle Dolomiti assume un colore rossastro, che passa gradatamente al viola, soprattutto ed all'alba ed al tramonto

**ENSO (El Niño-Southern Oscillation):** vedi **El Niño-Oscillazione Meridionale**.

**Escursione termica:** quella diurna è la differenza fra la temperatura massima e minima, quella annua è la differenza fra la temperatura media del mese più caldo e la temperatura media del mese più freddo.

**Estate di san Martino:** buone condizioni atmosferiche che possono verificarsi durante la tarda estate, nel mese di settembre; nell'accezione più comune del termine l'estate di **san Martino** si riferisce alla successione di belle giornate che nei paesi dell'Europa occidentale si presenta verso il giorno di san Martino (11 novembre).

Può durare alcune settimane.

Un'analoga situazione meteorologica può prodursi anche in ottobre (Ottobre d'oro).

**Eterosfera:** il più alto dei due *macro-strati* di atmosfera; oltre i «100 km».

**ettopascal «hPa»:** unità di misura della pressione pari ad un millibar «1 mb».

**Evaporazione:** cambiamento di stato da liquido a gas.

## F

**Fallstreaks hole cloud:** è un grande *vuoto*, solitamente o circolare od ellittico, che può apparire od in *cirrocumuli* od in nuvole di *altocumulus*.

**Fata morgana:** fenomeno ottico atmosferico dovuto a un andamento anomalo dei raggi luminosi in strati dell'aria vicini al suolo; un'immagine speculare posta inferiormente o superiormente appare associata a un oggetto lontano.

**Favonio:** vento caratteristico della regione alpina, in particolare tra l'Italia e la Svizzera.

**Fetch:** tratto di mare su cui il vento spira senza incontrare ostacoli, dalla cui lunghezza dipende la dimensione delle onde generate.

**Firenado:** vedi **Mulinelli di fuoco**.

**Fire whirl:** vedi **Mulinelli di fuoco**.

**Firn:** (dallo svizzero tedesco *Firn* che significa *dell'anno prima*) è il nome che viene dato a un particolare tipo di neve allo stato granulare, tipica dell'alta montagna alle quote più elevate, dovuta a ripetuti scioglimenti e congelamenti (*firnificazione*, cioè agglutinazione progressiva degli elementi cristallini).

Il firn, trasformandosi a sua volta, sviluppa il ghiaccio bolloso e biancastro, contenente molta aria, ed infine ghiaccio di ghiacciaio, e trasparente e macrogranulare.

**Flops:** in informatica (potenza di calcolo), operazioni per secondo.

**Fluidostatica:** è una branca della meccanica dei fluidi che studia i fluidi in stato di quiete

**Flurries:** sono lievi rovesci di neve che cadono ad intermittenza, spesso da nubi cumuliformus.

**Flusso laminare o regime laminare:** flusso regolare e lento e privo di moti turbolenti.

**Flusso turbolento o regime turbolento:** è un moto di un fluido in cui le forze viscosi non sono sufficienti a contrastare le forze di inerzia; il moto delle particelle del fluido che ne risulta avviene in maniera caotica, senza seguire traiettorie.

**Foehn:** vedi **Favonio**.

**Föhn:** vedi **Favonio**.

**Forza:** capacità o di accelerare o di decelerare una massa; si esprime in newton (N).

**Forza centrifuga:** forza apparente, in un sistema di riferimento in rotazione, che spinge le masse rotanti radialmente verso l'esterno rispetto all'asse di rotazione.

**Fortunale:** perturbazione atmosferica di eccezionale intensità caratterizzata da venti fortissimi con velocità intorno ai «100  $\text{km/h}$ », che producono e gravi devastazioni a terra e notevolissime difficoltà alla navigazione.

**Forza centripeta:** forza esercitata sulle masse rotanti radialmente verso l'interno rispetto all'asse di rotazione.

**Forza di Coriolis:** forza determinata dalla rotazione terrestre che devia le masse d'aria in movimento e verso destra nell'emisfero nord e verso sinistra nell'emisfero sud.

**Foschia:** deposito di molecole di vapore acqueo sui nuclei di condensazione; quando la visibilità orizzontale supera il chilometro.

**Fractocumulo:** nube di forma irregolare che deriva e dalla suddivisione e dallo sfilacciamento del margine di un cumulo o per evaporazione o per l'azione del vento.

**Fractostrato:** brandello di nube di forma irregolare che si stacca da una formazione stratiforme o per l'azione del vento o per l'impatto contro dei rilievi.

**Fractus:** sono nuvole accessorie ed il termine designa una specie di nubi costituite da brandelli ed irregolari e frangiati.

**Frequenza di Brunt-Vaisala:** vedi **Frequenza di Brunt-Väisälä**.

**Frequenza di Brunt-Väisälä:** è la frequenza di oscillazione di una *particella fluida* spostata verticalmente in un ambiente stabile intorno alla sua posizione iniziale parametrizzata

**Fronte:** linea immaginaria, tracciata su una Carta meteorologica, in corrispondenza di una zona di transizione fra due masse d'aria che hanno proprietà differenti.

**Fronte caldo:** zona di confine di una massa d'aria calda; l'aria più calda, che procede più velocemente, raggiunge l'aria più fredda e la scalca.

**Fronte freddo:** zona di confine di una massa d'aria fredda che rimpiazza aria più calda; la massa d'aria fredda che raggiunge quella più calda preesistente, la scalza verso l'alto..

**Fronte occluso:** quando un fronte freddo (quindi più veloce) raggiunge un fronte caldo e si sovrappone

**Fronte polare:** zona di separazione semi permanente fra le masse d'aria di origine e polare e tropicale.

**Fronte stazionario:** zona di transizione fra aria calda e aria fredda che non si sposta o che non si muove ad una velocità inferiore a «2  $\text{m/s}$ ».

**Frontogenesi:** formazione o sensibile intensificazione di un fronte.

**Frontolisi:** dissoluzione o sensibile indebolimento di un fronte.

**Fulmine:** qualsiasi forma visibile di scarica elettrica nell'atmosfera; si produce, generalmente, o tra una nuvola e il suolo o tra una nuvola ed un'altra nuvola..

**Fumigazione:** fenomeno della diffusione verso il suolo degli inquinanti emessi dai camini, a causa di sfavorevoli condizioni nel profilo termico verticale della temperatura in prossimità del suolo.

**Funnel cloud:** vedi **Tuba**.

**Fuochi di sant'Elmo:** scariche del campo elettrico atmosferico durante un temporale; si presentano sotto forma di un velo incandescente a esempio sulle cime di torri, sui parafulmini o sulla sommità degli alberi delle navi.

Il fenomeno è accompagnato da crepitii di scintille.

**Fusione:** cambiamento di stato da solido a liquido.

## G

**Galleggiamento:** forza diretta verso l'alto esercitata su un oggetto immerso in un fluido.

**Gas in tracce:** gas presenti nell'atmosfera in una percentuale molto piccola (circa 1%); gas in tracce sono, a esempio, il biossido di carbonio o anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), il metano ( $\text{CH}_4$ ), i cloro-fluoro-idrocarburi (CFC), il diossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ), l'ozono ( $\text{O}_3$ ).

**Gelata:** si verifica con temperature sotto i «0 °C» e in presenza di nebbia formata da gocce d'acqua sovrapposte.

**Gelo di maggio:** si verifica dal 12 al 15 maggio; secondo una credenza popolare sono giorni freddi con gelo notturno.

È una situazione che soprattutto nei paesi nordici può presentarsi anche agli inizi dell'estate (nel mese di giugno).

**Gelo permanente:** denominazione che si riferisce a territori caratterizzati da suolo perennemente gelido (per esempio in vaste regioni della Siberia).

**Genova, depressione di:** talora è così chiamata in meteorologia l'area di bassa pressione incentrata sul Mar Ligure. Masse di aria a temperatura polare convogliate dalle Alpi verso gli strati superiori esercitano un'azione di risucchio con la conseguente formazione di un'area depressionaria.

**Geostrofico, vento:** è un vento teorico risultante dal perfetto equilibrio tra la forza di Coriolis e la forza dovuta al gradiente di pressione

**Ghiacciaio:** vedi **Firn**.

**Ghiaccio:** acqua cristallizzata per raffreddamento, quando alla pressione di un'atmosfera la temperatura scende a «0 °C» (punto di congelamento). Si presenta in diverse forme: neve, firn, grandine, ghiaccio dei ghiacciai, gelicidio (detto anche tempesta di ghiaccio e vetrone), brina.

**Ghiaccio nero:** vedi **Vetrato**.

**Ghiaccioli:** sono dei coni appuntiti di ghiaccio che si formano quando l'acqua, che cade da un oggetto, gela.

**Gloria:** fenomeno atmosferico noto in meteorologia come spettro del Broc-ken (dal nome del massiccio granitico della Germania, parte culminante dello Harz). Consiste nella formazione di una serie di anelli colorati che si dispongono come un'aureola intorno all'ombra del proprio capo proiettata su un banco di nebbia.

**Gradiente:** cambiamento del valore di un parametro per unità di distanza.

**Gradiente adiabatico:** variazione graduale della temperatura dell'aria (circa un grado ogni cento metri di altezza) realizzata in condizioni di scarsa umidità e senza miscelazione fra aria fredda e aria calda.

**Gradiente barico:** è la differenza di pressione fra i centri di e un'area anticiclonica ed un'area ciclonica in rapporto alla loro distanza.

**Gradiente del vento:** consiste in una variazione o nella direzione o/e nell'intensità del vento in una limitata regione di spazio.

**Gradiente di pressione:** è la grandezza fisica che descrive in quale direzione e con quale velocità si ha la massima variazione di pressione in un dato luogo; è espresso in pascal su metro « $\text{Pa}/\text{m}$ ».

**Gradiente termico verticale adiabatico:** tasso di variazione della temperatura, di una particella d'aria, con la variazione della quota; la diminuzione standard è di circa «6,5 °C» ogni «1 000 m» di quota; può comunque allontanarsi da questo valore a seconda delle condizioni atmosferiche del luogo considerato.

**Gragnola:** precipitazione atmosferica di dimensioni intermedie fra la neve e la grandine. È formata da minuscoli chicchi opachi simili alla grandine, ma costituiti da un agglomerato opaco di cristalli di ghiaccio. La gragnola è dovuta alla collisione con cristalli di ghiaccio di gocce d'acqua soprafuse. Si osserva per lo più durante un temporale.

**Grandine:** forma di precipitazione costituita da palline di ghiaccio.

**Grandine molle:** vedi **Neve tonda**.

**Gravità:** forza di attrazione fra due masse.

**Groppo o Groppo di venti:** perturbazione della durata di pochi minuti, consistente nell'improvviso destarsi di venti con mutevole ed intensità e direzione, accompagnati da forti ed acquazzoni e turbini o di grandine o di neve; tali perturbazioni si formano in genere lungo le superfici di discontinuità tra masse d'aria e di provenienza e di temperatura diverse, e procedono secondo una linea, estesa anche per centinaia di chilometri, detta *linea dei gruppi*.

## H

**Haboob:** è una tempesta o di polvere o di sabbia, molto intensa, scatenata dai temporali che investono le vaste superfici desertiche.

**Hole punch cloud:** vedi **Fallstreaks hole cloud**.

## I

**Idrosfera:** l'insieme delle acque presenti nei vari stati di aggregazione sul nostro pianeta, dal sottosuolo alla superficie sino agli strati dell'atmosfera.

**Idrostatica:** vedi **Fluidostatica**.

**Inquinamento atmosferico:** presenza di sostanze nocive nell'aria, a esempio: diossido di zolfo (anidride solforosa  $\text{SO}_2$ ), protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

**Inversione termica o Inversione del gradiente termico verticale:** fenomeno causato dal forte raffreddamento di strati di aria in prossimità della superficie terrestre per cui la temperatura aumenta con la quota.

**Ipsometria:** parte della geofisica che si occupa della determinazione dell'altitudine di un punto o del dislivello fra due punti mediante la misura della pressione atmosferica.

**Iridazione:** è l'iridescenza, che si osserva nelle immagini fornite da un sistema affetto da aberrazione cromatica.

**Irraggiamento:** modo di propagazione del calore tramite onde elettromagnetiche infrarosse; è il sistema con cui il calore si propaga nello spazio.

**Isallobarico:** è appunto quel vento che tende a soffiare da regioni in cui si hanno repentini rialzi barici a regioni adiacenti in cui accade l'esatto contrario.

**Islanda, depressione d':** area di bassa pressione, sopra l'Atlantico, in prossimità dell'Islanda.

**Isoallobara o Isallobara:** linea che unisce, su una carta del tempo, tutti i punti nei quali si è verificata la stessa variazione, e in valore e in segno, della pressione atmosferica in un determinato intervallo di tempo; di solito si considerano le variazioni od ogni «3 ore» o ogni «12 ore» od ogni «24 ore».

**Isoalloterma o Isalloterma:** linea che unisce, su una carta del tempo, tutti i punti nei quali si è verificata la medesima variazione di temperatura in un determinato intervallo di tempo; generalmente «24 ore».

**Isobara:** linea che congiunge i punti di uguale pressione.

**Isoieta:** linea che congiunge i punti di uguale piovosità.

**Isoipse:** linee chiuse che congiungono i punti di uguale geopotenziale, alla quale è associato il valore che rappresenta la quota alla quale ci si riferisce.

**Isolinea:** linea che congiunge i punti di uguale valore di una determinata grandezza.

**Isopleta:** linea di uguale valore di una grandezza.

**Isoterma:** linea che congiunge i punti di uguale temperatura.

## J

**jet stream:** vedi **Corrente a getto**.

## L

**Lampo:** luminosità prodotta dai fulmini nelle manifestazioni temporalesche; se quest'ultime sono lontane, il tuono che ne consegue non è percepibile.

**Latitudine:** distanza angolare fra un punto della superficie terrestre e l'equatore. Si misura in gradi; a seconda dell'emisfero si distingue la latitudine o *nord* o *sud*.

**Leader:** è la prima carica elettrica che inizia il percorso discendente si chiama.

**Limite di zero gradi:** Si ha quando la temperatura dell'aria raggiunge «0 °C»..

**Limnologia:** scienza che studia i laghi considerando, ciascuno di essi, non come semplice elemento o geofisico o idraulico o biologico, ma come una complessa unità naturale, interpretandolo come un microcosmo.

**Livello di condensazione:** altezza alla quale inizia la condensazione per una particella d'aria che si solleva.

**Looming:** è il più affascinante tra questi *non miraggi* e sembra il compimento di una magia.

**Longitudine:** distanza angolare fra un punto della superficie terrestre e il meridiano fondamentale, quello che passa per **Greenwich**, vicino a Londra; a seconda che si trovi a destra o a sinistra del meridiano fondamentale, la longitudine si divide in o *est* o *ovest*.

**Lostage:** (letteralmente: *Giorni della sorte*) Si chiamano così nei paesi di lingua tedesca determinati giorni dell'anno compresi tra il Natale e l'Epifania, il cui andamento meteorologico rappresenta, secondo la tradizione popolare, un importante punto di riferimento per la previsione del tempo a lungo termine.

**Luci di Hesseløen:** sono un fenomeno luminoso ricorrente nella *valle di Hesseløen*, in Norvegia.

## M

**Macrobust:** si sviluppano su una scala più ampia, rispetto ai *microburst* con venti fino a «215 km/h».

**Macroclima:** condizioni climatiche riguardanti una vasta regione, oltre 2 000 km<sup>2</sup>.

**Mammatus cloud:** sono nuvole chiamate così perchè la loro forma è molto simile a quella delle mammelle di una mucca

**Marea:** fenomeno consistente nel periodico ed innalzarsi (flusso) ed abbassarsi (desflusso) del livello delle acque.

**Marea sigiziale:** è il momento o di massima o di minima *marea* che si ha durante l'allineamento (Terra - Luna - Sole), cioè o nei pleniluni o nei noviluni

**Mare morto:** dove il moto ondoso consegue o da altra zona lontana di burrasca od è il residuo di un tratto di mare in cui a soffiato un vento molto forte.

**Maremoto, onde di:** è un moto ondoso anomalo del mare, originato da un terremoto o sottomarino o prossimo alla costa

**Mare vivo:** è generato direttamente dal vento o nella zona osservata o nelle vicinanze, dipende dalla velocità del vento, dalla sua durata e dalla lunghezza del fetch.

**Massa molare:** rappresenta la massa in grammi di una mole di una sostanza.

**Merla, I tre giorni della:** Nella credenza popolare sono gli ultimi tre giorni di gennaio ritenuti i più freddi dell'anno.

**Mesoclima:** clima di regioni comprese tra «2 km<sup>2</sup> ÷ 2 000 km<sup>2</sup>».

**Meteorologia:** è la scienza che studia l'atmosfera ed i suoi fenomeni.

**Microburst:** interessano un'area ridotta, inferiore a «4 km» di diametro in linea orizzontale, e possono generare raffiche fino a «270 km/h».

**Microclima:** clima di porzioni atmosferiche di pochi metri cubi.

**millibar (mb):** unità di misura della pressione pari e a «0,001 bar» e a «1 hPa».

**min:** simbolo ufficiale del *minuto primo*.

**Miraggio:** fenomeno ottico atmosferico dovuto alla deviazione che subiscono i raggi luminosi a causa delle rifrazioni e delle riflessioni cui sono soggetti quando attraversano strati d'aria contigui caratterizzati da temperatura e densità diverse, e quindi da diverso indice di rifrazione

**Molto nuvoloso (cielo):** copertura nuvolosa del cielo pari a «o 6 ottavi o 7 ottavi»; ovvero cielo quasi totalmente coperto da nubi, con limitati spazi di sereno.

**Monzone:** Vento periodico tipico delle zone tropicali, causato dal contrasto termico stagionale tra aree oceaniche e aree continentali.

Il monzone estivo spira dal mare, più fresco, verso la terra; durante l'inverno avviene il contrario (monzone invernale).

**Morning Glory:** sono enormi rulli di nuvole che si possono estendere anche per tutto l'orizzonte.

**Mulinello d'acqua:** è un mulinello di polvere (terrestre) che è migrato su di uno specchio d'acqua.

**Mulinello di fuoco:** è un mulinello di polvere generato, però, da un incendio.

**Mulinello di polvere:** è una colonna ascendente d'aria che, muovendosi a spirale, trasporta con se e sabbia e polvere ad altezze anche di 300 m.

**Murus:** vedi **Nubi a muro**.

**Mussola:** è un tessuto molto leggero in armatura tela e a trama molto rada (simile alla garza da medicazione).

## N

**Nebbia:** fenomeno atmosferico dovuto alla saturazione di vapore acqueo nell'aria con umidità relativa al «100%» per cui ne consegue una diminuzione più o meno accentuata della visibilità. La nebbia si forma per lo più in seguito alla mescolanza e di aria calda e di aria fredda; si parla comunemente e di nebbia bassa, o al suolo, e di nebbia alta. Spesso il fenomeno si presenta anche sotto forma di precipitazione di minutissime goccioline d'acqua che rimangono per qualche tempo in sospensione nell'atmosfera.

**Nebbia gelata:** espressione usata per esprimere il fenomeno che si verifica quando è presente nebbia e la temperatura è sotto gli «0 °C».

**Nefelometria:** metodo usato in meteorologia per misurare la direzione e la velocità del vento in quota basandosi sull'osservazione del moto di un punto caratteristico di una nube; presupposto di tale metodo è la conoscenza della quota della nube considerata

**Nefelometria:** è anche il procedimento di analisi chimico-fisica col quale si determina la quantità di sostanza in sospensione in un liquido confrontando la luce diffusa da questa con quella diffusa da una sospensione a titolo noto.

**Nefeloscopia:** vedi **Nefelometria**.

**Nefoanalisi:** è l'analisi e dei tipi e della quantità e di nubi e di precipitazioni, espressa tramite una rappresentazione grafica.

**Nefologia:** branca della meteorologia che studia le nuvole e i fenomeni ad esse collegati.

**Nefoscopia:** vedi **Nefelometria**.

**Nembostratus (nembostrati):** nubi grigie e basse ed estese orizzontalmente; producono o pioggia o neve.

**Neve:** precipitazione allo stato solido con temperature inferiori ai 0 °C. Provocata nella maggior parte dei casi da vasti sistemi di nubi stratificate dotate di moti ascensionali, la neve è formata da aghi o lamelle di ghiaccio. Cristalli di neve con graziose strutture geometriche per lo più esagonali si formano a quote elevate con temperature varianti da circa -12 °C a circa -16 °C. I fiocchi di neve sono particolarmente copiosi a temperature intorno a 0 °C. Talora uno spesso strato di neve provoca con il suo peso la rottura del ramo di un albero o persino di un'intera pianta.

**Neve crostosa:** è propriamente uno strato di ghiaccio che si forma su uno strato di neve, quando la superficie del manto nevoso si assottiglia e congela di nuovo.

**Neve di diamante:** minutissimi cristalli di ghiaccio che si formano per effetto delle seguenti perturbazioni: freddo intenso, calma di vento e cielo sereno.

**Neve di sangue:** neve caratterizzata da macchie rosse dovute alla presenza di certe specie di alghe; si riscontra sulle Alte Alpi e anche nelle regioni polari.

**Neve granulosa:** vedi **Nevischio**.

**Neve granulosa friabile:** vedi **Neve tonda**.

**Neve tonda:** è una precipitazione di granelli di ghiaccio e bianchi ed opachi e friabili, di forma o sferica o conica

**Nevischio:** una precipitazione che cade in genere da nubi a sviluppo verticale.

**Nimbo:** vedi **Alone**.

**Nivologia:** è la scienza che studia le caratteristiche fisico-chimiche della neve, intesa sia come precipitazione nevosa che come manto nevoso.

**Nodo:** unità di velocità che equivale ad un miglio nautico (chiamato anche miglio marino) all'ora; vale «1 852  $\text{km/h}$ ».

**Nomogramma:** In matematica e nelle sue applicazioni, rappresentazione grafica, opportunamente disposta, di una funzione di più variabili che consente di risolvere in modo rapido, anche se approssimativo, equazioni di più variabili.

**Normale Climatologica:** in base a dei criteri stabiliti nel 1935 dalla **World Meteorological Organization (WMO)** delle **Nazioni Unite (UN)**, le medie climatologiche di riferimento sono calcolate in tutto il mondo sul medesimo intervallo di «30 anni».

**Nowcasting:** previsione meteo a brevissimo termine per le successive «3 ore ÷ 4 ore».

**Nubi:** il raffreddamento dell'aria in quota determina la condensazione di vapore acqueo e quindi la formazione di nubi; il vapore acqueo condensato può cadere al suolo sotto forma di pioggia o disperdersi nell'atmosfera (dissoluzione delle nubi senza pioggia).

**Nube ad imbuto:** vedi **Tuba**.

**Nubi a mensola:** è una nube bassa e lunga e arcuata che si sviluppa in senso orizzontale alla base di un temporale

**Nubi a muro:** è una caratteristica accessoria riscontrabile in alcuni cumulonembi.

**Nubi nottilucenti:** fenomeno che si osserva soprattutto a latitudini polari; consiste in nubi chiare di colore argenteo che si presentano a quote superiori a 80 km, nel periodo compreso tra la fine del crepuscolo civile e il crepuscolo astronomico.

**Nubifragio:** rovescio persistente nel tempo, con intensità superiore ai «60  $\text{mm/h}$ ».

**Nucleo di condensazione:** piccole particelle nell'aria attorno alle quali inizia il fenomeno della condensazione.

**Nuvole a parete:** vedi **Nubi a muro**.

**Nuvole murate:** vedi **Nubi a muro**.

**Nuvole piedistallo:** vedi **Nubi a muro**.

**Nuvolosità termo-convettiva:** nubi cumuliformi che si sviluppano nelle ore più calde lungo i rilievi associate anche a precipitazioni a prevalente carattere temporalesco; tale nuvolosità si dissolve nel corso del tardo pomeriggio-sera.

**Nuvoloso (cielo):** copertura nuvolosa di « 0 o 3 ottavi o 4 ottavi o 5 ottavi»; ovvero cielo coperto da nuvolosità per circa metà superficie.

## O

**Occlusione:** unione di un fronte freddo con un fronte caldo.

**Ombra pluviometrica:** è un fenomeno meteorologico che si manifesta sul versante delle montagne, o di altri ostacoli geografici.

**OMM = Organizzazione Mondiale della Meteorologia**

**Omosfera:** il più basso dei due *macro-strati* di atmosfera; da «0 km» a «100 km».

**Onda, altezza d':** distanza verticale fra il cavo e la cresta dell'onda.

**Onda anomala (od onda assassina):** è un'onda superiore di 2,2 volte rispetto all'altezza delle onde da cui ha avuto origine

**Ondata di caldo:** è un periodo di tempo atmosferico durante il quale la temperatura è insolitamente elevata rispetto alle temperature medie usualmente sperimentate nel clima locale di una data regione.

**Ondata di calore:** vedi **Ondata di caldo**.

**Onde di Rossby:** sono strutture che caratterizzano i moti dei fluidi geofisici a e scala sinottica e planetaria.

**Onde di traslazione:** vedi **Solitone**.

**Onde planetarie:** vedi **Onde di Rossby**.

**Ottobre d'oro:** vedi **Estate di san Martino**.

**Outburst:** fase di espansione caratterizzata da venti molto forti che si dirigono a raggiera, divergendo dal punto centrale, in tutte le direzioni.

**Ozono:** molecola composta da tre atomi di ossigeno (O<sub>3</sub>); Con il vapore acqueo e l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), svolge un ruolo importante nella stratosfera assorbendo i raggi ultravioletti del Sole.

**Ozono, buco dell':** riduzione saltuaria dello strato di ozono soprattutto nella stratosfera per effetto di diverse emissioni antropogene (cloro-fluoro-idrocarburi, ossido di azoto, N<sub>2</sub>O), associate a un aumento della radiazione ultravioletta sulla superficie della terra.

## P

**Pallotoline di neve:** vedi **Neve tonda**.

**Parametro di Rossby:** (o semplicemente « $\beta$ », *beta*) è un numero usato ed in *geofisica* ed in *meteorologia* che deriva dalla variazione meridionale della forza di Coriolis causata dalla forma sferica della Terra; assume importanza nella generazione delle **onde di Rossby**.

**Paranteli:** fotometeora della famiglia degli *aloni*, consistente in due macchie ed a forma di disco e bianche e luminose, di diametro apparente simile a quello del Sole, che appaiono alla sua stessa altezza angolare, generalmente a «120°» da esso; più raramente appaiono a «90°».

**Parantiseleni:** fotometeora della famiglia degli *aloni*, analoga al parantelio, ma relativo alla Luna.

**Paraseleni:** fenomeno ottico della famiglia degli *aloni*, analoga ai pareli, ma meno brillanti poiché relativi alla Luna.

**Parassiti atmosferici:** disturbi elettrici dovuti a scariche nell'atmosfera (lampi), che si manifestano con o crepitii o schiocchi o fischi o . . . , nelle radioricezioni.

**Pareli:** fotometeora della famiglia degli *aloni*, consistente in due macchie e luminose ed iridate, che appaiono ed a destra ed a sinistra del Sole o a «22°» o a «46°» da esso.

**Particella d'aria:** piccolo volume d'aria.

**pascal:** «Pa», unità di misura della pressione nel Sistema Internazionale di misura; in meteorologia è usato l'ettopascal «hPa».

**Pasta,** intesa come pasta alimentare, è un prodotto a base di farina di diversa estrazione.

**Perturbazioni atmosferiche:** spostamenti di grandi masse d'aria umida che si formano sugli oceani e, poi, vengono trasportate, dai venti, sui continenti dove possono provocare forti precipitazioni

**Petricore:** è una particolare sensazione olfattiva che si percepisce al battere della pioggia sulla terra da tempo asciutta.

**Picnoclino:** (dal greco πυκνός (puknòs), "denso") è un sottile strato o una superficie che separa strati di acqua marina o lacustre a densità diversa, ovvero una zona dove il gradiente di densità varia notevolmente all'interno di una massa d'acqua entro una piccola variazione di spessore.

**Piogge, stagione delle:** nelle regioni tropicali, periodo dell'anno caratterizzato da precipitazioni forti e persistenti.

**Pioggia:** tipo di precipitazione costituita da gocce d'acqua di vario diametro.

**Pioggia acida:** precipitazione atmosferica contenente tracce significative e di acido solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e di acido nitrico ( $\text{HNO}_3$ ) dovuti a inquinamento ambientale (il valore del pH è intorno a 4).

**Pioggia di fango:** pioggia contenente una notevole quantità di pulviscolo di origine o desertica o vulcanica, sollevato a quote elevate da impetuose correnti aeree ascensionali; le particelle di pulviscolo ricadono poi al suolo con l'acqua piovana che si presenta pertanto torbida e lievemente fangosa.

**Pioggia di sangue:** termine generico per indicare pioggia contenente particelle di sabbia rossastra del deserto.

**Pioggia ghiacciata:** pioggia che attraversa uno strato d'aria una con temperatura inferiore a «0 °C», senza dar luogo a vere e proprie formazioni di ghiaccio.

**Pioggia persistente:** quando la pioggia cade in modo uniforme e senza dar luogo a rovesci e determinando più giorni di precipitazioni continue.

**Pioggia, rovesci di:** acquazzoni caratterizzati da gocce di pioggia fino a un diametro massimo di circa «6 mm» (per esempio durante un temporale).

**PiovigGINE:** precipitazione formata da gocce d'acqua molto piccole.

**Piovosità annua:** è la medie delle altezze d'acqua caduta in un anno.

**Plateau:** in toponomastica: altopiano, massiccio.

**Poco nuvoloso (cielo):** copertura nuvolosa del cielo di « o 1 ottavo o 2 ottavi»; ovvero cielo quasi interamente sgombro di nubi.

**Precipitazione atmosferica:** una delle fasi della circolazione acquea corrispondente al passaggio dell'acqua dell'atmosfera al suolo. Le altre fasi sono la condensazione e l'evaporazione. Oltre alla pioggia e alla neve sono precipitazioni atmosferiche anche la brina gelata (detta anche galaverna) e la brina ordinaria che si depositano per esempio sui rami e sulle foglie degli alberi.

**Pressione atmosferica (o barometrica):** quella che viene esercitata dalla colonna di aria sovrastante una superficie orizzontale al suolo.

**Pressione di saturazione (o tensione di saturazione)** è la pressione alla quale si ha un cambiamento di fase (liquido <--> vapore) di una sostanza, ad una determinata temperatura.

**Processo adiabatico:** processo per il quale non vi è né aggiunta né sottrazione di calore in un sistema.

**Processo isoentalpico:** è una trasformazione che avviene senza alcun cambiamento nell'entalpia

**Processo isoentropico o trasformazione isoentropico:** è una trasformazione che avviene a entropia costante.

**Promontorio:** detto anche o *ponte* o *cuneo*, si intende una figura barica, a scala sinottica, raffigurata nella carte meteorologiche relative al campo della pressione atmosferica con relative isobare, come un *cuneo* di alta pressione che si insinua tra due saccature o vortici ciclonici e con caratteristiche opposte a questi.

**Pseudoèlio:** vedi **Antelio**.

**Punch hole cloud:** vedi **Fallstreaks hole cloud**

**Punto di brina:** è un parametro meteorologico che indica la temperatura alla quale, a pressione costante, bisogna portare l'aria umida perché diventi satura rispetto al ghiaccio.

**Punto di rugiada:** è un parametro meteorologico che indica la temperatura alla quale, a pressione costante, la miscela aria-vapore d'acqua diventa satura.

**Punto iperbolico:** configurazione barica che si presenta, quando due anticicloni e due depressioni sono disposti a croce, nel punto d'intersezione della linea congiungente i centri degli anticicloni con quella congiungente i centri delle depressioni.

## R

**Radiosonda:** strumento trasportato da un pallone meteorologico per la misurazione e trasmissione simultanea a terra di dati meteorologici.

**Rainout:** rimozione dall'atmosfera degli inquinanti inglobati come nuclei di condensazione all'interno delle gocce di pioggia.

**Raffica di vento:** : improvviso aumento o rapida variazione della velocità del vento; la durata è generalmente inferiore di «20» secondi.

**Raffiche discendenti secche:** si manifestano od in assenza o quasi e di pioggia e di grandine.

**Raggi anticrepuscolari:** si manifestano dalla parte opposta o del tramonto o dell'alba e sembrano convergere ad Est creando l'illusione che lì il Sole sia appena tramontato.

**Raggi crepuscolari:** sono fasci di ombre che si alternano in cielo

**Raggi di Buddha:** vedi **Raggi crepuscolari**.

**Regime pluviometrico:** è la distribuzione della pioggia nei vari mesi dell'anno.

**Ristagno:** fenomeno meteorologico che consiste nell'addensarsi di masse di aria lungo le catene montuose collocate trasversalmente alla direzione di affluenza delle masse di aria.

**Ropes di Maui:** vedi **Raggi crepuscolari**.

**Rosso di sera:** fenomeno luminoso che si osserva a ovest in condizioni di cielo sereno lungo la linea dell'orizzonte, circa un quarto d'ora dopo il tramonto del sole.

**Rovescio:** precipitazione, originata da un sistema convettivo, caratterizzata sia dal suo improvviso ed inizio e termine sia da improvvise variazioni di intensità sia da rapide variazioni nella copertura del cielo.

**Rugiada:** formazione di piccole gocce d'acqua per condensazione del vapore acqueo contenuto nell'aria.

**Run-up:** altezza dell'onda di uno tsunami, ovvero la distanza verticale tra il cavo e la cresta.

## S

**Saccatura:** prolungamento di un'area di bassa pressione con circolazione di sistemi frontali. È accompagnato da venti forti o anche impetuosi e da una notevole attività meteorica (precipitazioni). Situazione atmosferica che si verifica pure sugli oceani, ma rilevabile anche sull'area mediterranea (possibile durante l'estate con conseguenti piene e inondazioni in pianura e nevicate in montagna).

**Satellite geostazionario:** satellite che orbita stabilmente al di sopra di un dato punto dell'equatore terrestre ad una quota di «35 800 km».

**Satellite in orbita polare:** satellite che orbita intorno alla terra ad angolo retto rispetto all'equatore.

**Scala Baumé (°Be):** è una misura della densità di una soluzione acquosa, ormai andata in disuso.

**Scala Celsius «°C»:** scala di temperatura suddivisa in «100 unità», fra temperatura del ghiaccio fondente in equilibrio con acqua alla pressione di «101 325 Pa» (punto triplo dell'acqua) «0 °C» e quello di ebollizione di «100 °C» dell'acqua distillata alla pressione standard di «101 325 Pa».

La **scala Celsius** è stata ideata nel 1742 dal fisico ed astronomo svedese **Anders Celsius** (1701 – 1744).

**Scaccianeve:** è un evento atmosferico per cui le particelle di neve depositata al suolo viene sollevata dal suolo, da un vento sufficientemente forte e turbolento, e rimossa o portata ad accumularsi in altre zone o dispersa nell'aria.

**Scaccianeve alto:** quando la neve è sollevata ad un'altezza tale che la visibilità sia sensibilmente ridotta al livello dell'occhio umano.

**Scaccianeve basso:** quando la neve è sollevata solo a breve altezza in modo che la visibilità non sia sensibilmente ridotta al livello dell'occhio umano.

**Scacciapolvere:** insieme di particelle di polvere sollevate dal suolo, e a breve ed a moderata altezza, da un vento e sufficientemente forte e turbolento.

**Scacciasabbia:** insieme di particelle di sabbia sollevate dal suolo, e a breve ed a moderata altezza, da un vento e sufficientemente forte e turbolento.

**Scala Fahrenheit «°F»:** scala di temperatura suddivisa in «180 unità», fra il punto di congelamento di «32 °F» e quello di ebollizione di «212 °F» dell'acqua distillata alla pressione standard di «101 325 Pa».

La *scala Fahrenheit* è stata ideata dal e fisico ed ingegnere tedesco **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686 – 1736).

**Scala kelvin «K»:** scala di temperatura ove lo zero «0 K» indica la cessazione dei moti molecolari; un kelvin corrisponde ad un grado nella scala Celsius.

La *scala kelvin* è stata ideata dal fisico irlandese **William Thomson Kelvin** (1824 – 1907)

**Scala Rankine «°R»:** scala di temperatura in cui i valori estremi sono «491,67 R», temperatura del ghiaccio fondente in equilibrio con acqua alla pressione di «101 325 Pa» (punto triplo dell'acqua) e «671.67 R», temperatura di ebollizione dell'acqua distillata sempre alla pressione di «101 325 Pa».

La *scala Rankine* è stata ideata nel 1860 dal e fisico ed ingegnere scozzese **William John Macquorn Rankine** (1820 - 1872).

**Scala Richter:** misura la magnitudo dei terremoti, ossia l'energia meccanica che viene sprigionata dal loro ipocentro.

**Scie chimiche:** normalissime scie di condensazione (vedi sotto) che, purtroppo, vengono fraintese, da persone facilmente manipolabili perché non sono sufficientemente avvezze al ragionamento scientifico, né possiedono le conoscenze necessarie per avere la possibilità di interpretare correttamente ciò che li circonda

**Scie di condensazione:** si tratta di una rapida condensazione in ghiaccio del vapore acqueo presente nei gas di scarico degli aerei; la condensazione è facilitata dalla presenza di pulviscolo di scarto dalla combustione del carburante dell'aereo che funge da "nucleo di condensazione"

**Sella:** vedi **Punto iperbolico**.

**Sereno (cielo):** copertura nuvolosa del cielo di «0 ottavi»; ovvero cielo o totalmente o quasi sgombro da nubi.

**Siccità:** tempo anormalmente arido per una determinata area.

**Sinking:** fa svanire oggetti sotto l'orizzonte al punto di non mostrarli all'osservatore.

**Situazione meteorologica generale:** andamento del tempo che interessa una vasta area del pianeta con la tendenza a ripetersi stagionalmente o annualmente. Dipende da diversi fattori, inclusa l'irradiazione solare. Esempio: area di alta pressione, o anticiclonica, continentale sull'Europa orientale durante l'inverno. Questa situazione ha notevole importanza per la previsione del tempo a lungo termine.

**shear del vento:** è un fenomeno atmosferico che consiste in una variazione improvvisa del vento ed in intensità ed in direzione.

**shear del vento verticale,** è definito come la variazione della sola componente verticale del vento.

**Shelf cloud:** vedi **Nubi a mensola**.

**Skypunch:** vedi **Fallstreaks hole cloud**

**Smog:** termine inglese risultante dall'incrocio di ***smoke***, fumo, e ***fog***, nebbia, detto talvolta nebbia nera; si hanno condizioni favorevoli alla formazione di smog quando lo scambio delle masse di aria in senso verticale è fortemente limitato, per esempio da inversione del gradiente termico a basse quote e in prossimità del suolo.

L'atmosfera si arricchisce così di sostanze nocive (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, polveri sospese).

**Smog di avvezione:** interessa ampi territori (effetto di "sconfinamento") e consiste nel trasporto a grandi distanze di sostanze inquinanti, in particolare anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) a una quota superiore a «100 m» ed a una distanza di «1 000 km», o maggiore.

**Solitone:** è un'onda solitaria auto-rinforzante causata dalla concomitanza, con cancellazione reciproca, tra effetti e non lineari e dispersivi in un mezzo di propagazione.

**Soprafusione o Sopraffusione:** raffreddamento di un liquido sotto il suo punto di raffreddamento senza che il liquido diventi solido.

**Spessore:** differenza di altezza fra due livelli di pressione

**Stabilità dell'aria:** situazione che si crea quando il gradiente termico dell'aria è minore del gradiente adiabatico; in tal caso le masse d'aria che si sollevano dal suolo, a causa del riscaldamento terrestre, non sono spinte verso l'alto in maniera e progressiva e costante, ma arrivano a stallare e quindi a ripiegare verso il basso.

**Statica dei fluidi:** vedi **Fluidostatica**.

**Stooping:** è l'effetto opposto al *towering* nel quale un'immagine appare ed appiattita ed schiacciata.

**Streamer:** è la carica elettrica che risale dalla superficie fino a scontrarsi con la scarica discendente, completando il circuito.

**Sublimazione:** è la transizione di fase, o di una sostanza semplice o di un composto chimico, dallo stato solido allo stato aeriforme, senza passare per lo stato liquido.

**Sublimazione inversa:** vedi **Brinamento**.

**Subsidenza atmosferica:** fenomeno consistente in un movimento d'insieme di discesa dell'aria nell'interno di una massa in moto orizzontale; frequente nelle situazioni anticicloniche, dà luogo alla formazione di estesi strati d'inversione della temperatura, con effetti molto simili a quelli provocati dal Föhn.

**Supercella:** temporale e violento e persistente caratterizzato e da intense correnti ascensionali e da limitata estensione spaziale; è causa di fenomeni meteorologici violenti come e pioggia intensa e grossa grandine e forti venti e talvolta tornadi.

**Superraffreddata, acqua:** acqua allo stato liquido a temperatura inferiore a «0 °C».

## T

**Taf:** sono messaggi di previsione meteorologica aeroportuale; i Taf vengono emanati ad ogni «3 ore» (con validità per le successive «12 ore») o ogni «6 ore» (con validità per le successive «24 ore»).

**Temperatura di bulbo secco:** è l'effettiva temperatura dell'aria, misurata con un normale termometro.

**Temperatura del bulbo umido:** temperatura misurata con un termometro che ha il bulbo ricoperto da una garza (mussola) inumidita

**Temperatura potenziale:** è un valore teorico utilizzato e nella meteorologia, o nelle previsioni meteorologiche, e nell'oceanografia, o nello studio degli oceani; questo valore, chiamato  $\theta$  in meteorologia, è la temperatura che una massa d'aria avrebbe se fosse portata a una pressione standard.

**Temperatura virtuale:** la temperatura virtuale è quella a cui andrebbe portata una massa d'aria secca affinché, alla stessa pressione, abbia la medesima densità di una massa d'aria umida.

**Tempesta di polvere:** è un insieme di particelle violentemente sollevate dal suolo, da venti e forti e turbolenti fino a grandi altezze

**Tempesta di sabbia:** vedi **Tempesta di polvere**.

**Tempo atmosferico:** è l'insieme delle condizioni atmosferiche che si verificano ed in un dato luogo ed in un dato momento.

**Temporale:** fenomeno generalmente e di limitata estensione spaziale e di breve durata (generalmente inferiore a 30 minuti), caratterizzato e da tuoni e da fulmini e da venti turbolenti e da precipitazioni e da correnti ascensionali e da correnti discendenti e, in casi estremi, da grandine e da tornado.

**Tensione superficiale:** di un fluido è la *tensione meccanica di coesione* delle particelle sulla sua superficie esterna.

**Termica:** moto ascendente dell'aria che si sviluppa, come suggerisce il nome stesso, a causa del riscaldamento di una superficie.

**Termoclino:** strato d'acqua al di sotto dello strato superficiale, in cui si manifesta un netto gradiente di temperatura.

**Termoclino:** è lo strato di transizione tra lo strato rimescolato di superficie e lo strato di acqua profonda in corpi idrici profondi come ed oceani e mari e laghi.

**Termosfera:** strato dell'atmosfera più esterna nella quale la temperatura cresce con l'altezza.

**Tifone:** uragano del Pacifico nord-occidentale.

**Torbidità:** è un parametro ottico che indica il grado di trasparenza di un liquido.

**Tornado:** colonna d'aria che ruota vorticosamente e violentemente, associata a impetuosi temporali.

**Towering:** consiste nell'allungamento verticale di oggetti lontani.

**Tromba d'aria:** colonna d'aria che ruota vorticosamente, associata a venti e molto forti e rovinosi.

**Tropopausa:** zona di transizione fra la troposfera e la stratosfera.

**Troposfera:** i primi chilometri d'atmosfera terrestre, dove avviene la maggior parte dei fenomeni atmosferici.

**Tuba:** è una nube accessoria che si staglia come una protuberanza dalla base della nube.

**Turbine di polvere:** vedi **Mulinello di polvere**.

**Turbolenza:** movimento irregolare dell'aria causato da ostacoli o da differenze di temperatura tra i vari strati dell'aria stessa.

**Turbosfera:** vedi **Omosfera**.

**Tsunami:** vedi **Maremoto**.

## U

**Umidità assoluta:** è la quantità, espressa in grammi, presenti in «1 m<sup>3</sup>» d'aria umida.

**Umidità atmosferica:** è la presenza di vapore d'acqua nell'atmosfera.

**Umidità relativa:** rapporto tra il contenuto di vapore acqueo nell'aria e quello che l'aria conterrebbe alla stessa temperatura e pressione se fosse satura; è solitamente espressa in percentuale.

**Umidità specifica:** rapporto fra la massa del vapore acqueo e la massa d'aria umida che lo contiene.

**undulatus asperatus:** sono nubi scure e minacciose che si formano molto rapidamente nel cielo e sembrano pronte a scatenare una tempesta quando, per contro, nella maggior parte dei casi si dissolvono senza aver prodotto una sola goccia di pioggia.

**Updraft:** corrente calda ascendente all'interno di una nube temporalesca.

**Upwelling:** risalita delle acque profonde, è un fenomeno oceanografico che coinvolge il movimento, provocato dal vento, di grandi masse di acqua fredda, densa e generalmente ricca di nutrienti, che risalgono verso la superficie dell'oceano dove vanno a rimpiazzare l'acqua superficiale più calda, pertanto meno densa e in generale ormai depauperata dei suoi nutrienti.

**Uragano:** ciclone tropicale, non di origine frontale i cui venti superano i «120 km/h».

## V

**Vapore acqueo o vapore d'acqua:** fase gassosa dell'acqua.

**Variabilità:** stato del tempo caratterizzato da rapida alternanza e di schiarite e di annuvolamenti associati anche a brevi precipitazioni a prevalente carattere di rovescio.

**Vento:** fenomeno atmosferico che consiste sostanzialmente nella compensazione della differenza di pressione tra due zone; alla zona con pressione più alta l'aria affluisce a quella con pressione inferiore..

**Vento catabatico:** è un vento che soffia scendendo da un'inclinazione topografica, come o una collina o una montagna o un ghiacciaio o un plateau.

**Vettore:** grandezza che è completamente definita solo quando sono specificati sia una magnitudine (o modulo od intensità) sia una direzione sia un verso rispetto ad un sistema di riferimento; le grandezze che possono essere descritte in questo modo sono chiamate grandezze vettoriali, in contrapposizione alle grandezze scalari che sono caratterizzate unicamente dalla loro magnitudine.

**Vetrato:** formazione omogenea di ghiaccio, che ricopre le superfici, prodotta da pioggia soprafusa o congelantesi..

**Vetrone:** vedi **Vetrato**.

**Visibilità:** misura della opacità dell'atmosfera; rappresenta la distanza massima alla quale è possibile vedere con una vista normale.

Ottima «> 10 km».

Buona «4 km ÷ 10 km».

Discreta «1 km ÷ 4 km» (foschia).

Scarsa «< 1 km» (nebbia).

**Virga:** s'intende una caratteristica accessoria di certe nubi che consiste in scie di precipitazione o inclinate o verticali, attaccate alla superficie inferiore della nube stessa e che non raggiungono il suolo evaporando o, se si tratta di una precipitazione solida, sublimando durante il percorso dal momento che attraversano strati di aria più secchi.

**Vortice:** irregolarità locale del vento causata dalla turbolenza.

**Vortice di Karman:** è una turbolenza (mulinello) che si crea nel cielo quando le correnti d'aria trovano un ostacolo sul loro percorso e sono, pertanto, costrette a separarsi.

**Vortice di fuoco:** vedi **Mulinello di fuoco**.

**Vortice di polvere:** vedi **Mulinello di polvere**.

**Vuoto d'aria:** è una forte turbolenza generata da una massa d'aria discensionale.

## Z

**Zenit:** relativamente ad un punto sulla Terra, è l'intersezione della verticale passante per quel punto con la sfera celeste..

**Zero termico:** è la quota alla quale, nell'atmosfera, si raggiunge la temperatura di «0 °C».

**Zona afotica:** regione dei bacini marini nella quale la luce non riesce a penetrare.

**Zona eufotica:** un dato ecosistema acquatico in cui si ha un livello ottimale di luce solare in entrata.

**Zona oligofotica:** si estende sotto la *zona eufotica* ed è costituita dalle acque penetrate dalla luce con lunghezza d'onda pari al blu, fino al limite inferiore di assenza di luce.

**Zona fotica:** vedi **Eufotica**.

## W

**Wall cloud:** vedi **Nubi a muro**.

**Wet Downburst o raffiche discendenti umide:** costituiscono la stragrande maggioranza dei *downburst* italiani e sono accompagnati da precipitazioni o di pioggia o di grandine.

**Wind Chill:** temperatura apparente causata dall'effetto del vento sul corpo degli esseri viventi.

**Wind shear o windshear:** vedi **Gradiente del vento**.

## **Finis**

### **unit fasciculo**

Solo chi ha la forza di scrivere la parola **Fine** può scrivere la parola **Inizio**.

**Lao Tzu** (604 a.C. – 470 a.C.), filosofo cinese.  
(fondatore del **Taoismo**).

# Indice analitico

## *Meteorologia per escursionisti*

PARAGRAFI	PAGINA
Definizione . . . . .	03
Un poco di storia . . . . .	03
I primi strumenti meteorologici . . . . .	05
Alcuni degli eventi meteo estremi più letali . . . . .	06
<i>L'atmosfera</i>	
Premessa . . . . .	08
Gli strati atmosferici . . . . .	08
<i>La troposfera</i> . . . . .	08
<i>La stratosfera</i> . . . . .	08
<i>La mesosfera</i> . . . . .	08
<i>La termosfera</i> . . . . .	08
<i>La frangia</i> . . . . .	09
Riepilogando . . . . .	09
In alternativa . . . . .	09
<i>Omosfera</i> . . . . .	09
<i>Eterosfera</i> . . . . .	09
<i>Ionosfera</i> . . . . .	09
<i>Elettrosfera</i> . . . . .	09
<i>Chemosfera</i> . . . . .	09
Proprietà dell'atmosfera . . . . .	10
Indice di rifrazione dell'aria . . . . .	11
Atmosfera standard . . . . .	11
Velocità del suono . . . . .	11
Il numero di Mach . . . . .	12
<i>Sull'atmosfera</i>	
Il geopotenziale . . . . .	13
Il gradiente di pressione orizzontale . . . . .	13
L'atmosfera stabile . . . . .	13
L'atmosfera instabile . . . . .	13
Qualche considerazione . . . . .	14
L'influenza della topografia . . . . .	14
<i>La micrometeorologia</i>	
Premessa . . . . .	16
Lo strato limite . . . . .	16
Lo strato rimescolato . . . . .	16
a) <i>Condizioni neutre</i> . . . . .	16
b) <i>Condizioni instabili</i> . . . . .	16
c) <i>Condizioni stabili</i> . . . . .	16
Lo strato superficiale . . . . .	17
Lo strato intermedio o strato di transizione . . . . .	17
Lo strato stabile . . . . .	17
Il flusso nello strato limite . . . . .	17
Il vento su una superficie uniforme . . . . .	17
L'attrito superficiale ed il vento . . . . .	18
La rugosità . . . . .	18
<i>Concetti e di divergenza e di vorticità</i>	
La divergenza (e la convergenza) . . . . .	19
Isobare alla superficie	

### Isoare alla superficie come appaiono in una mappa

La vorticità . . . . .	20
Tipi di vorticità . . . . .	20
Conclusioni . . . . .	20

### *Le nubi*

Definizione . . . . .	21
a) Nubi alte . . . . .	21
b) Nubi medie . . . . .	22
c) Nubi basse . . . . .	22
d) Nubi a sviluppo verticale . . . . .	22
e) Nubi lenticolari . . . . .	23
f) nubi madreperlacee . . . . .	24
g) nubi nottilucenti . . . . .	24
h) Nubi ad altezza variabile . . . . .	24
Le Nubi orografiche . . . . .	24
Abbreviazioni per la tipologia di nubi . . . . .	25

### Riepilogo visivo semplificato di alcuni tipi di nubi e della quota a cui si generano

Abbreviazioni per lo stato del cielo . . . . .	26
------------------------------------------------	----

### *Il vento*

Definizione . . . . .	27
Rosa dei venti . . . . .	27
La direzione dei venti . . . . .	27
Grecale . . . . .	27
Levante . . . . .	27
Sirocco . . . . .	27
Mezzogiorno . . . . .	27
Libeccio . . . . .	27
Ponente . . . . .	27
Maestrale . . . . .	28
I venti del mediterraneo . . . . .	28

### La scala Beaufort, in ordine d'intensità

### *La forza di Coriolis*

Definizione . . . . .	30
Trattazione . . . . .	30
Frequenza di Coriolis . . . . .	30
Fra leggenda e realtà . . . . .	31
L'effetto sull'atmosfera . . . . .	31

### *Il vento geostrofico*

Definizione . . . . .	32
Analisi in scala delle grandezze da considerare . . . . .	32
Calcolo del vento geostrofico . . . . .	32
Legge di Buys-Ballot . . . . .	32

### *Le brezze*

Definizione . . . . .	34
La brezza di mare . . . . .	34
La brezza di terra . . . . .	34
La brezza di lago . . . . .	34
La brezza di riva . . . . .	34
La brezza di valle . . . . .	34
La brezza di monte . . . . .	35
La brezza di ghiacciaio . . . . .	35
La brezza di foresta . . . . .	35
Caratteristica delle brezze . . . . .	35
Brezza leggera . . . . .	35
Brezza normale . . . . .	35
Brezza vivace . . . . .	35

*Brezza tesa* . . . . . 35

Calore specifico per unità di massa, capacità termica per unità di superficie

### *I cicloni tropicali*

<b>Definizione</b> . . . . .	36
<i>Ciclone</i> . . . . .	36
<i>Uragano</i> . . . . .	36
<i>Tifone</i> . . . . .	36

### **Classificazione dei cicloni**

<b>Trattazione</b> . . . . .	37
<b>Tipi di cicloni</b> . . . . .	38
<i>I cicloni dinamici</i> . . . . .	38
<i>I cicloni termici</i> . . . . .	38

### *I tornado*

<b>Definizione</b> . . . . .	39
<b>Classificazione delle trombe d'aria</b> . . . . .	39
<b>La scala Fujita, in ordine di intensità</b>	
<i>I tornado gemelli</i> . . . . .	40
<i>Le trombe marine</i> . . . . .	41
<i>Le funnel cloud</i> . . . . .	41

### *I downburst*

<b>Premessa</b> . . . . .	43
<b>Tipi di downburst</b> . . . . .	43
<b>Altre correnti verticali</b> . . . . .	44
<b>I gust front</b> . . . . .	44

### *Sui vuoti d'aria*

<b>Trattazione</b> . . . . .	44
------------------------------	----

## *Le idrometeore*

### *Le precipitazioni*

<b>Definizione</b> . . . . .	48
<i>La pioggia</i> . . . . .	48
<i>La pioggia orografica</i> . . . . .	48
<i>La pioggia convettiva</i> . . . . .	48
<i>La pioggia ciclonica</i> . . . . .	48
<i>La pioggia ghiacciata</i> . . . . .	48
<i>La pioviggine</i> . . . . .	48
<i>Il gelicidio</i> . . . . .	48
<i>La virga o verga</i> . . . . .	49
<i>La neve</i> . . . . .	49
<i>La neve tonda</i> . . . . .	49
<i>L'acquaneve</i> . . . . .	49
<i>Il nevischio</i> . . . . .	49
<i>I fallstresks</i> . . . . .	50
<i>I flurries</i> . . . . .	50
<i>I snow squal</i> . . . . .	50
<i>La scaccianeve</i> . . . . .	50
<i>La grandine</i> . . . . .	50
<i>La granucola</i> . . . . .	50
<i>La gragnola</i> . . . . .	50
<i>La rugiada</i> . . . . .	51
<i>La brina</i> . . . . .	51
<i>La galaverna</i> . . . . .	51
<i>La calabrosa</i> . . . . .	51
<i>Il vetrato</i> . . . . .	51
<i>I fiori di ghiaccio</i> . . . . .	51

### *Le nebbie*

<b>Definizione</b> . . . . .	52
<i>La nebbia da irraggiamento</i> . . . . .	52
<i>La nebbia da avvezione</i> . . . . .	52
<i>La nebbia di mare</i> . . . . .	52

<i>La nebbia da evaporazione</i>	.	.	.	.	51
<i>La nebbia frontale</i>	.	.	.	.	53
<i>La nebbia ghiacciata</i>	.	.	.	.	53
<i>La nebbia da pendio</i>	.	.	.	.	53

### *I temporali*

<b>Premessa</b>	.	.	.	.	.	54
<b>I temporali o ciclonici o frontali</b>	.	.	.	.	.	54
<i>I temporali di fronte caldo</i>	.	.	.	.	.	54
<i>I temporali di fronte freddo</i>	.	.	.	.	.	54
<i>I temporali di occlusione</i>	.	.	.	.	.	54
<i>I temporali prefrontali</i>	.	.	.	.	.	54
<b>I temporali orografici</b>	.	.	.	.	.	53
<b>I temporali o termici o di calore</b>	.	.	.	.	.	55

## *Le litometeore*

### *La caligine*

<b>Trattazione</b>	.	.	.	.	.	57
--------------------	---	---	---	---	---	----

### *I mulinelli di polvere*

<b>Trattazione</b>	.	.	.	.	.	57
--------------------	---	---	---	---	---	----

### *Le tempeste o di polvere o di sabbia*

<b>Trattazione</b>	.	.	.	.	.	57
--------------------	---	---	---	---	---	----

### *I gustnado*

<b>Trattazione</b>	.	.	.	.	.	58
--------------------	---	---	---	---	---	----

### *I haboob*

<b>Trattazione</b>	.	.	.	.	.	58
--------------------	---	---	---	---	---	----

## *Le fotometeore*

### *L'arcobaleno*

<b>L'antecedente</b>	.	.	.	.	.	61
<b>L'arcobaleno principale</b>	.	.	.	.	.	61
<b>L'arcobaleno secondario</b>	.	.	.	.	.	61
<b>Colori della luce visibile</b>	.	.	.	.	.	61
<b>L'arcobaleno bianco</b>	.	.	.	.	.	62
<b>L'arcobaleno di fuoco</b>	.	.	.	.	.	62
<b>L'arcobaleno gemello</b>	.	.	.	.	.	62
<b>L'arcobaleno rosso</b>	.	.	.	.	.	62
<b>Gli archi soprannumerari</b>	.	.	.	.	.	63
<b>L'arcobaleno lunare</b>	.	.	.	.	.	63
<b>L'arcobaleno lunare doppio</b>	.	.	.	.	.	63

### *I miraggi*

<b>Definizione</b>	.	.	.	.	.	64
<b>Miraggio inferiore</b>	.	.	.	.	.	64
<b>Miraggio superiore</b>	.	.	.	.	.	64
<b>Miraggio laterale</b>	.	.	.	.	.	65
<b>La fata Morgana</b>	.	.	.	.	.	65
<b>L'indice di rifrazione dell'aria</b>	.	.	.	.	.	65

### *Il raggio verde*

<b>Trattazione</b>	.	.	.	.	.	66
--------------------	---	---	---	---	---	----

	<i>L'aurora polare</i>	
Trattazione . . . . .		66
	<i>L'alone</i>	
Trattazione . . . . .		67
	<i>L'antiastro</i>	
Trattazione . . . . .		67
	Divagando sulle curiosità	
	<i>I paranteli</i>	
Trattazione . . . . .		68
	<i>La corona</i>	
Trattazione . . . . .		68
	<i>L'iridescenza solare</i>	
Trattazione . . . . .		68
	<i>I pareli</i>	
Trattazione . . . . .		69
	<i>I pilastri solari</i>	
Trattazione . . . . .		69
	<i>La gloria</i>	
Trattazione . . . . .		69
	<i>L'aureola</i>	
Trattazione . . . . .		70
	<i>L'aurora</i>	
Trattazione . . . . .		70
	<i>Le luci di Hessdalen</i>	
Trattazione . . . . .		70
	<i>L'eurosadira</i>	
Trattazione . . . . .		71
	<i>I raggi crepuscolari e i raggi anticrepuscolari</i>	
Trattazione . . . . .		71
	<i>L'ombra sospesa</i>	
Trattazione . . . . .		72
	<i>Gli anelli di gas vulcanici</i>	
Premessa . . . . .		72
Trattazione . . . . .		73
	<i>I dark watchers</i>	
Premessa . . . . .		73
Trattazione . . . . .		73
Le spiegazioni scientifiche . . . . .		73

### *L'arco circumzenitale*

Trattazione . . . . .	74
-----------------------	----

### *L'arco circumorizzontale*

Trattazione . . . . .	75
-----------------------	----

### *Non sono miraggi*

Premessa . . . . .	75
Il towering . . . . .	76
Lo stooping . . . . .	76
Il sinking . . . . .	76
Il looming . . . . .	77
L'effetto Novaya Zemlya . . . . .	77

## *Le elettrometeore*

### *I fulmini*

Definizione . . . . .	81
Un poco di storia . . . . .	81
Parametri caratteristici . . . . .	81
Valore di $N_t$ in alcuni comuni della Sardegna . . . . .	81
Accumulazione delle cariche . . . . .	81
Formazione delle scariche . . . . .	82
Tipi di fulmini . . . . .	83
<i>I fulmini fra nube e suolo</i> . . . . .	83
<i>I fulmini o nella stessa nube o fra nube e nube</i> . . . . .	83
<i>I fulmini fra nube e cielo sereno</i> . . . . .	83
Un evento raro . . . . .	83
I fulmini globulari . . . . .	84
I fulmini oscuri . . . . .	84
I fulmini vulcanici . . . . .	84
I fulmini Catatumbo . . . . .	84

### *Gli eventi luminosi transitori*

Definizione . . . . .	85
Gli spettri rossi . . . . .	85
I getti blu . . . . .	86
Gli elfi . . . . .	86

### *Specificando alcuni termini*

Trattazione . . . . .	87
-----------------------	----

### *Il fuoco di sant'Elmo*

Trattazione . . . . .	87
-----------------------	----

## *Le masse d'aria*

### *I fronti*

Definizione . . . . .	91
Fronte caldo . . . . .	91
Caratteristiche peculiari (a) . . . . .	91
Fronte freddo . . . . .	91

Caratteristiche peculiari (b)	92
Fronte occluso	92
Fronte stazionario	92
Promontori e cunei e saccature	92
I promontori	92
Le saccature	93

### *Cenni di climatologia*

Definizione	94
Differenze con la meteorologia	94
Le scale di riferimento	94
Il microclima	94
Il mesoclima	94
Il macroclima	94
Il clima globale	94
Chi controlla il clima?	94
Il clima e la temperatura	94
Il clima e le precipitazioni	94
Classificazione delle aree climatiche	95
a) gruppo a clima tropicale umido	95
Aree tropicali umide	95
Aree tropicali monsoniche	95
Aree tropicali parzialmente umide	95
b) gruppo a clima secco	95
Aree aride	95
Aree desertiche	95

## *Meteorologia marina*

### *Per chi va per mare*

Definizione di onda marina	99
Tipi di onde	99
Altri tipi di onde	100
Il solitone	100
Formazione delle onde	100
Stabilità dell'onda	100
La teoria	101

Fetch e durata del vento minima necessaria per generare un mare pienamente sviluppato per varie velocità del vento

Stato del mare vivo (o mare di vento)

Stato del mare morto (o mare lungo)

Onde di maremoto (Tsunami)	103
I maremoti nel tempo, ma non tutti	104
La circolazione oceanica globale	104
Il maelstrom	105
Moskstraumen	105
Saltstraumen	105
Curryvreckan	105

## *Le organizzazioni meteorologiche*

### *Organizzazione mondiale della meteorologia (OMM)*

L'organizzazione	109
Gli obiettivi	109
La partecipazione italiana	109
Vi sono inoltre altre organizzazioni, come:	110

American Meteorological Society . . . . .	110
Cacciatori di uragani . . . . .	110
Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine . . . . .	110
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory . . . . .	110
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Coupled Model . . . . .	110
Global Climate Observing System . . . . .	110
National Hurricane Center . . . . .	110
National Oceanic and Atmospheric Administration . . . . .	110
National Oceanic and Atmospheric Administration Commissioned Corps . . . . .	110
National Weather Service . . . . .	110
Pacific Tsunami Warning Center . . . . .	110

## Il tempo atmosferico

### La previsione del tempo

Premessa . . . . .	113
Le osservazioni in quota . . . . .	113
Le osservazioni dallo spazio . . . . .	113

## Gli angoli

### L'angolo dei record

Premessa . . . . .	117
--------------------	-----

#### I Record

<b>Sulla temperatura . . . . .</b>	<b>117</b>
La temperatura più alta . . . . .	117
Il luogo più caldo . . . . .	117
La mezzanotte più calda . . . . .	117
La temperatura più bassa . . . . .	117
Il luogo con la media annuale più bassa . . . . .	117
La città più fredda . . . . .	117
La stazione meteorologica più fredda . . . . .	117
Il posto più freddo degli USA . . . . .	117
La base russa più fredda . . . . .	117
La maggiore insolazione annua . . . . .	117
La massima escursione tra temperature estreme . . . . .	117
La più ampia escursione termica in un giorno . . . . .	117
La più rapida escursione termica . . . . .	117
La massima temperatura media annua . . . . .	117
La più bassa temperatura media annua . . . . .	117
Il luogo abitato più freddo del Pianeta . . . . .	118
<b>Sulla pressione . . . . .</b>	<b>118</b>
La più elevata pressione atmosferica . . . . .	118
La più bassa pressione atmosferica . . . . .	118
<b>Sulle piogge . . . . .</b>	<b>118</b>
Le più abbondanti piogge in un anno . . . . .	118
Il maggiore numero di giornate piovose . . . . .	118
La pioggia più intensa . . . . .	118
La massima precipitazione in 24 ore . . . . .	118
La massima precipitazione mensile . . . . .	118
La massima precipitazione annuale . . . . .	118
La media annuale massima delle precipitazioni . . . . .	118
Il luogo più secco . . . . .	118
La media annuale minima delle precipitazioni . . . . .	118
Il assimo periodo di siccità . . . . .	118
<b>Sui venti . . . . .</b>	<b>118</b>
I venti più forti in un ciclone tropicale . . . . .	118
Il luogo più ventoso . . . . .	118
La più forte raffica di vento . . . . .	118
<b>Sulla neve . . . . .</b>	<b>118</b>
La più abbondante caduta di neve in un anno . . . . .	118
La massima precipitazione nevosa in un'unica bufera . . . . .	119
La massima precipitazione nevosa in un solo giorno . . . . .	119
Lo strato di neve più spesso al suolo . . . . .	119
<b>Sulla grandine . . . . .</b>	<b>119</b>
Il più pesante chicco di grandine . . . . .	119
<b>Sulla nebbia . . . . .</b>	<b>119</b>
Le nebbie e più fitte e più intense . . . . .	119

Sull'umidità . . . . .	119
<i>Le nebbie e più fitte e più intense</i> . . . . .	119
Sui fulmini . . . . .	119
<i>Il fulmine più lungo</i> . . . . .	119
<i>Il fulmine di maggio durata</i> . . . . .	119
Sui terremoti . . . . .	119
<i>Il terremoto più violento</i> . . . . .	119
Sul mare . . . . .	119
<i>La tromba marina più alta</i> . . . . .	119
<i>Iltsunami più disastroso</i> . . . . .	119
<i>Il tsunami più alto</i> . . . . .	119

### *L'angolo delle domande*

Perché piove più frequentemente di giorno? . . . . .	120
Perché la pasta non cuoce bene ad alta quota? . . . . .	120

### *Tabella delle temperature di ebollizione dell'acqua distillata alle varie quote*

### *Tabella e delle temperature e delle pressioni di ebollizione Dell'acqua distillata alle varie quote*

## *Approfondimenti*

### *L'indice di rifrazione*

Definizione . . . . .	125
Indice di rifrazione assoluti di alcuni mezzi in cui si può propagare la luce.	

### *Ancora sulle nubi*

Il colore delle nuvole . . . . .	126
Il fallstreak hole cloud . . . . .	126
Le Morning Glory . . . . .	127
Le mammatus cloud . . . . .	127
La Tuba . . . . .	127
La frequena di Brunt-Väisälä . . . . .	127
I vortici di Karman . . . . .	128
Le undulatus asperatus . . . . .	128
Le nubi a muro . . . . .	129
Le nubi a mensola . . . . .	129
Le whale's mouth . . . . .	130

### *Cupola di nebbia*

Trattazione . . . . .	130
-----------------------	-----

### *Il cloud seeding*

Premessa . . . . .	130
Trattazione . . . . .	130

### *Classificazione delle nubi per specie, varietà, particolarità supplementari nubi accessorie, nubi generatrici*

Premessa . . . . .	132
Specie principali . . . . .	132
<i>Calvus</i> . . . . .	132
<i>Capillatus</i> . . . . .	132
<i>Castellanus</i> . . . . .	132
<i>Congestus</i> . . . . .	132
<i>Fibratus</i> . . . . .	132
<i>Floccus</i> . . . . .	132



L'umidità specifica « $x$ » . . . . .	147
Il punto di rugiada « $T_d$ » . . . . .	147
La temperatura di bulbo umido . . . . .	147
La temperatura di bulbo secco . . . . .	147

### Valori particolari

#### *Le correnti a getto*

Premessa . . . . .	149
Descrizione . . . . .	149
La genesi . . . . .	149
Gli effetti . . . . .	149

#### *Il diagramma aerologico*

Premessa . . . . .	151
Determinazioni della stabilità atmosferica . . . . .	152
Esempio di radiosondaggio significativo . . . . .	153

#### *L'equazione idrostatica*

Premessa . . . . .	155
La formula ipsometrica . . . . .	155
Pressione alla quota « $z$ » . . . . .	156
Densità dell'atmosfera alla quota « $z$ » . . . . .	156

#### *La litosfera*

Premessa . . . . .	157
Trattazione . . . . .	157

#### *La curva ipsometrica*

Premessa . . . . .	157
Rappresentazione grafica . . . . .	157

Possiamo riassumere il tutto con:

#### *La criosfera*

Premessa . . . . .	159
Trattazione . . . . .	159

#### *L'ecosfera*

Premessa . . . . .	159
Trattazione . . . . .	159

#### *La biosfera*

Premessa . . . . .	159
--------------------	-----

#### Rappresentazione schematica della biosfera

Condizioni che permettono la sopravvivenza . . . . .	159
------------------------------------------------------	-----

#### *L'idrosfera*

Premessa . . . . .	160
Quantità d'acqua presente sulla terra . . . . .	161
Il ciclo dell'acqua . . . . .	161
L'evaporazione . . . . .	161
La condensazione . . . . .	161
Le precipitazioni . . . . .	161
L'infiltrazione . . . . .	161
Temperature dell'acqua di mare . . . . .	161
Pressione nelle profondità marine . . . . .	162
Salinità dell'acqua di mare . . . . .	162

#### Tabella della densità dell'acqua di mare

L'anoclino . . . . .	162
----------------------	-----

Conducibilità elettrica dell'acqua	.	.	.	.	.	.	.	163
Trasparenza dell'acqua di mare	.	.	.	.	.	.	.	163
<i>Zona eufotica</i>	.	.	.	.	.	.	.	163
<i>Zona oligofotica</i>	.	.	.	.	.	.	.	163
<i>Zona afotica</i>	.	.	.	.	.	.	.	163
Misura della trasparenza dell'acqua	.	.	.	.	.	.	.	163
Il colore dell'acqua di mare	.	.	.	.	.	.	.	164
Velocità del suono in acqua salata	.	.	.	.	.	.	.	164
Moti particolari delle acque	.	.	.	.	.	.	.	165

## Leggende

## *I giorni della Merla*

[illegible]

## *I giorni della Vecchia*

[illegible]

## *L'estate di San Martino*

[illegible]

## La leggenda di Re Laurino

[illegible]

*Curiosando fra gli*

## strumenti meteorologici

## Curiosando fra i barometri

[illegible]

## Curiosando fra i termometri

[illegible]

## Previsioni pratiche del tempo meteorologico

*Basandosi sulle variazioni barometriche*

[illegible]

Variazioni del tempo meteorologico	183
Pressione atmosferica e previsioni meteorologiche	183
<i>Pressione stabile</i>	183
<i>Pressione in aumento</i>	183
<i>Pressione in diminuzione</i>	183
Per chi va per mare	184
<i>Alcune regole in alto mare</i>	184
Per il mare del nord e baltico (40 - 60 gradi) può essere valido:	184

### *Basandosi sulle osservazioni delle nubi*

Premessa	185
I cirri	185
I cirrocumuli	185
I cumuli	185
I cumulonembi	185
Gli strati	185

### *Pillole di saggezza*

Il tempo, <i>forse</i> sarà bello se:	186
Il tempo, <i>forse</i> sarà bello se:	186

#### La rosa dei venti

Alcune informazioni	186
---------------------	-----

#### L'Atlante Catalano

## *Appendici*

### *Conversione fra alcune unità di misura*

Fattori di conversione	191
Le formule di corrispondenza fra le principali <i>scale termometriche</i>	
Le formule di conversione, fra le più importanti <i>unità di pressione</i>	
Le formule di conversione, fra le più importanti <i>unità di velocità</i>	
Altre e scale termometriche ed unità di misura	191

#### Scale termometriche

#### Unità di pressione

#### Unità di velocità

### *Tavole sulle caratteristiche dell'atmosfera*

Tavola 1°	Profili verticali: temperatura, pressione densità	193
Tavola 2°	Profili verticali: viscosità dinamica, viscosità cinematica, velocità del suono	194
Tavola 3°	Pressioni corrispondenti alle temperature ipsometriche	195
Tavola 4°	Pressione di saturazione del vapor d'acqua in pascal	196
Tavola 5°	Variazione della velocità del vento «V <sub>h</sub> » con l'altezza	197

#### Tabella dei valori di «n»

#### Tabella dei valori di «n» per alcuni esempi

### *Riassunto di alcuni simboli*

Intensità del vento	200
Tipi di nuvole	200
Copertura nuvolosa	200
Tempo presente	201

#### Disposizione dei dati meteorologici intorno al punto di stazione su una Carta del tempo sinottica

Stato del mare	201
----------------	-----

#### Neofanalisi e tempo significativo

#### Abbreviazioni



## Bibliografia

[R. 01] D. J. Croome-Gale & B. M. Roberts (1975)  
Airconditioning and Ventilation of Buildings  
Pergamon Press

[R. 02] W. J. Burroughs – B. Crowder – T. Robertson – E. Vallier-Talbot – R. Whitaker (1983)  
I libri della natura Meteorologia  
Ed. DeAgostini

[R. 03] Gonario Carta Brocca (2010)  
Vocabolariu  
durgalesu-italianu italiano-dorgalese  
Stampato presso: Studio Stampa Nuoro

[R. 04] C. Pizzetti (1997)  
Condizionamento dell'aria e refrigerazione  
Ed. Masson Italia Editori

[R. 05] E. Peruca (1972)  
Fisica generale e sperimentale  
Ed. UTET

[R. 06] G. Porcher (1974)  
Cours de Climatisation  
numéro spécial de C.F.P. (chaud, froid, plomberie)  
Tomo I - Base du calcul des installations de climatisation

[R. 07] G. D. Roth (1978)  
Guide pratiche Mondadori Meteorologia  
Ed. Ugo Mursia Editore S.p.a. (Milano)

[R. 08] R. Salerno (2005)  
Meteorologia  
Ed. Ugo Mursia Editore S.p.a. (Milano)

[R. 09] F. Wilson – S. Dunlop (1989)  
Guida alla previsione del tempo  
Ed. Zanichelli

[R. 10] C. Lapucci (1992)  
Cielo a pecorelle  
Ed. Garzanti Editore