



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Il sottosistema atmosfera

Prof. **Manuela Pelfini**

1



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Atmosfera: involucro gassoso della Terra con il quale siamo sempre in contatto ovunque ci troviamo



Meteolive.it



http://it.gde-fon.com/download/paesaggi_mattina_sole_cielo_erba_Montagne_foto/240232/2560x1440



<https://magazine.meteosiena24.it/autunno-fa-sul-serio/>

2

premessa

Differenza nella composizione atmosfera terrestre e atmosfera degli altri pianeti

Fornisce ossigeno necessario per la vita di animali e piante

Garantisce disponibilità di acqua

Consente temperature compatibili con la vita

Fornisce schermo protettivo da radiazione UV

Sistema dinamico e complesso

Definisce tempo e clima

3

atmosfera

Involucro
estremamente
dinamico

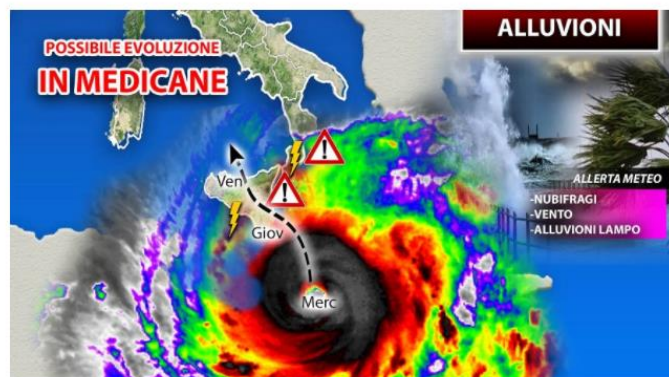
Evidenze da immagini
da satellite

Medicane in avvicinamento sulla Sicilia, nuova allerta meteo

Nel corso delle prossime 48 ore il ciclone subtropicale tenderà a risalire di latitudine

Scritto Da Redazione — il 27 Ott 2021

CRONACA



4



Involucro gassoso trattenuto dalla forza di attrazione gravitazionale

Gravità + forza centrifuga (da moto di rotazione) → forma analoga al pianeta

Funzioni fondamentali: protegge da radiazioni e regola a temperatura della Terra; consente la vita grazie alla presenza dell'ossigeno tra i suoi gas – la componente biologica interviene sulla sua composizione

Interviene sulla litosfera (alterazione chimica e fisica) e sull'idrosfera (es moto ondoso in seguito all'azione dei venti)

E' il mezzo in cui si compie il ciclo dell'acqua

Sistema Terra!!

5



I fenomeni sono studiati dalla meteorologia:

Origini antiche

Si sviluppa nel XVII secolo con l'affermazione del metodo d'indagine sperimentale (nascita degli strumenti di misure – termometro e barometro)

enormi progressi con grazie alla raccolta dati (palloni sonda, satelliti ecc.)

6



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Atmosfera composizione



7

Composizione dell'atmosfera

Necessità di conoscere la composizione dell'atmosfera perché importante nel **bilancio energetico**

Atmosfera: miscela di gas contenuti in una fascia trattenuta dalla forza gravitazionale

Estensione limite superiore circa 10.000 km dalla Terra

97% contenuto nella fascia più bassa (30 km)

Composizione abbastanza uniforme fino a 80 km

Aria pura non visibile – visibile per la presenza di impurità che disperdono la luce

8



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



Densità diminuisce verso l'alto

Estensione 10.000 km
 Circa la metà sotto 6000 m
 97-98% entro 26 km (generalmente 30 km)

Quindi l' «oceano di aria» è estremamente sottile
 Atm penetra nel sottosuolo, nei pori e fratture della
 roccia, è disciolta in acqua, nei fluidi degli organismi....

Atmosfera primordiale e attuale

Formazione Terra (4,6 miliardi di anni fa): Atm composta prevalentemente da elementi leggeri H e He poi dispersi nello spazio (4 miliardi a.f.)

Raffreddamento, formazione e rottura crosta, attività vulcanica con emissione CO₂, vapore acqueo e pochi altri gas tra cui N
 (possibile ingresso di acqua anche da comete)

Progressivo raffreddamento, condensazione vapore acqueo – formazione oceani

3,5 miliardi a.f. prime forme di vita – (batteri anaerobi) – consumano CO₂ e producono ossigeno

Quindi piante acquatiche e terrestri producono ossigeno attraverso la fotosintesi

Attuale composizione deriva da profonde modifiche da parte degli organismi

Geodiversità della Terra: variazioni nel tempo

Composizione chimica dell' atmosfera

La composizione chimica dell'atmosfera è un fattore determinante per il clima terrestre.

Le interazioni dei gas atmosferici con l'energia radiante modulano i flussi energetici attraverso i sistemi climatici.

La **massa dell'atmosfera** è di circa 5.14×10^{18} kg,

essa è assai piccola se confrontata con

la **massa degli oceani** (1.39×10^{21} kg) o con

La **massa della Terra solida** (5.98×10^{24} kg).

11

Composizione chimica dell' atmosfera

L'atmosfera terrestre è un miscuglio di gas, di vapore acqueo e di particelle liquide e solide (aerosol).

Si parla di:

atmosfera secca con riferimento ai soli componenti gassosi e di atmosfera umida quando a questi sia associato anche il vapore acqueo.

12

Composizione dell'atmosfera

circa il 99% dell'aria secca composto da azoto (78% in volume) e ossigeno (21%)

Azoto: N_2 (78%)

Reagisce facilmente con altri elementi
Può essere fissato da alcuni componenti del suolo e utilizzato dalle piante – fa massa nell'atmosfera

da decomposizione e combustione materia organica, eruzioni vulcaniche, alterazione alcune rocce

Ossigeno: O_2 (21%)

Molto reattivo – si combina rapidamente con altri elementi nel processo di ossidazione (rapida o lenta)

da piante e consumato da organismi

Rimanente **1%:**

Argon: gas nobile inerte

Anidride carbonica
 CO_2 (0,0385%)

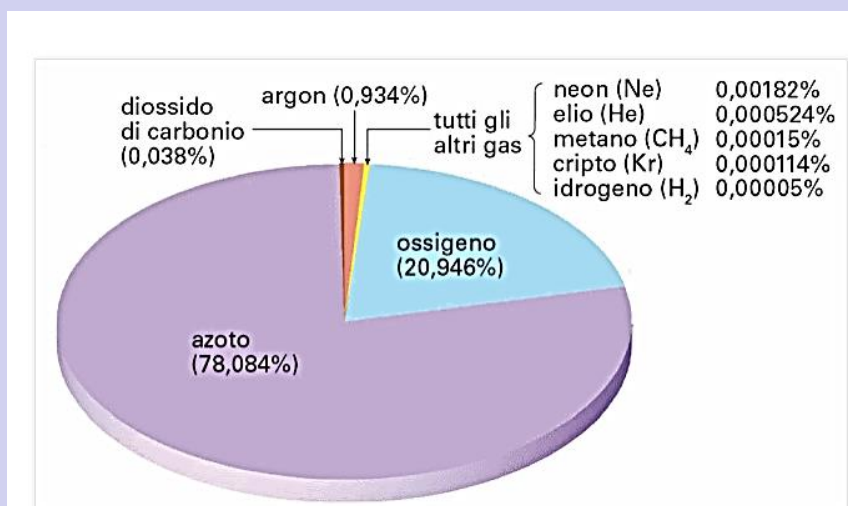
CO_2 Poca ma importantissima perché assorbe la maggior parte della radiazione infrarossa
Utilizzata dalle piante nella fotosintesi

Vapore acqueo: in genere 1% ma può aumentare in condizione di alte temperature e umidità – buona capacità di assorbire infrarossi

Ozono: negli strati alti protegge da ultravioletti, negli strati bassi dannoso perché danneggia il tessuto polmonare

13

Composizione dell'atmosfera



<http://zibalsc.blogspot.com/2015/07/193-azoto.html>

14

Composizione chimica dell' atmosfera

I gas atmosferici che svolgono un ruolo fondamentale nell'assorbimento e nell'emissione di energia radiante sono meno dell'1% del totale e comprendono

il vapore acqueo (3.3×10^{-3} del totale della massa atmosferica),
l'anidride carbonica (CO_2 , 5.3×10^{-7}),
l'ozono (O_3 , 6.42×10^{-7}),
 elencati in ordine di importanza per la loro influenza sulla temperatura superficiale, seguiti da
metano (CH_4),
ossidi di azoto (NO_x) ed elementi minori.

15

Composizione chimica dell' atmosfera

Constituent	Chemical formula	Molecular weight ($^{12}\text{C} = 12$)	Fraction by volume in dry air	Total mass (g)
Total atmosphere		28.97		5.136×10^{21}
Dry air		28.964	100.0 %	5.119×10^{21}
Nitrogen	N_2	28.013	78.08 %	3.87×10^{21}
Oxygen	O_2	31.999	20.95 %	1.185×10^{21}
Argon	Ar	39.948	0.934 %	6.59×10^{19}
Water vapor	H_2O	18.015	Variable	1.7×10^{19}
Carbon dioxide	CO_2	44.01	353 ppmv ^a	$\sim 2.76 \times 10^{18}$
Neon	Ne	20.183	18.18 ppmv	6.48×10^{16}
Krypton	Kr	83.80	1.14 ppmv	1.69×10^{16}
Helium	He	4.003	5.24 ppmv	3.71×10^{15}
Methane	CH_4	16.043	1.72 ppmv ^a	$\sim 4.9 \times 10^{15}$
Xenon	Xe	131.30	87 ppbv	2.02×10^{15}
Ozone	O_3	47.998	Variable	$\sim 3.3 \times 10^{15}$
Nitrous oxide	N_2O	44.013	310 ppbv ^a	$\sim 2.3 \times 10^{15}$
Carbon monoxide	CO	28.01	120 ppbv	$\sim 5.9 \times 10^{14}$
Hydrogen	H_2	2.016	500 ppbv	$\sim 1.8 \times 10^{14}$
Ammonia	NH_3	17.03	100 ppbv	$\sim 3.0 \times 10^{13}$
Nitrogen dioxide	NO_2	46.00	1 ppbv	$\sim 8.1 \times 10^{12}$
Sulfur dioxide	SO_2	64.06	200 pptv	$\sim 2.3 \times 10^{12}$
Hydrogen sulfide	H_2S	34.08	200 pptv	$\sim 1.2 \times 10^{12}$
CFC-12	CCl_2F_2	120.91	480 pptv ^a	$\sim 1.0 \times 10^{13}$
CFC-11	CCl_3F	137.37	280 pptv ^a	$\sim 6.8 \times 10^{12}$

16

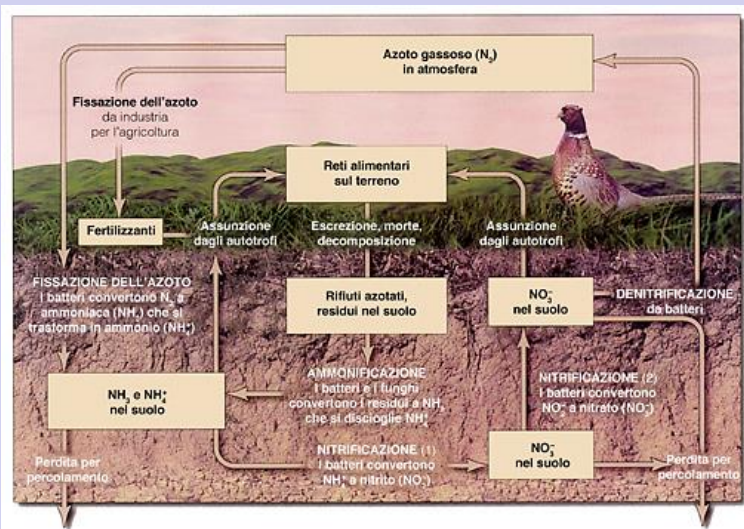
Composizione dell'atmosfera

Azoto: N_2 (78%)

Vulcani fonte di azoto
Principale riserva in atmosfera

Sintesi di nitrati durante i temporali (per scariche elettriche) e fissazione azoto negli ecosistemi

Seguono poi cicli di trasformazione (liberazione di energia utilizzate negli ecosistemi)



<http://www.arsion.it/multimedia/monografie/approfondimenti/nel4/quinto.htm>

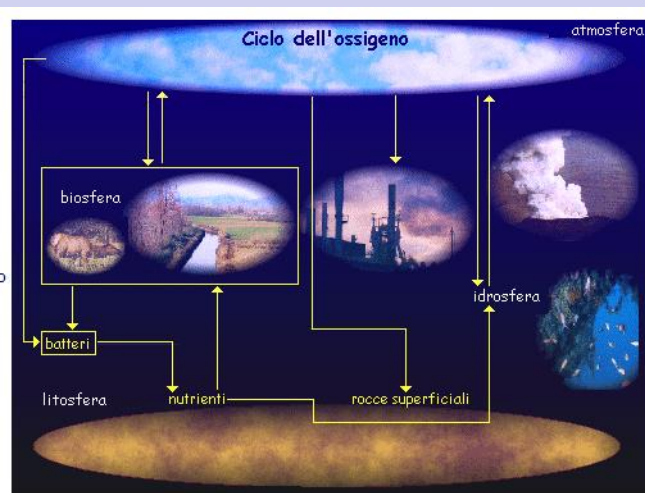
17

Composizione dell'atmosfera

Ossigeno: O_2 (21%)

Fondamentale ossigeno in atmosfera: da fotosintesi ossigenica e fotolisi dell'acqua (trascurabile)
Negli strati alti dell'atmosfera si trasforma in ozono (schermo protettivo)
Consumato nelle attività biologiche e geologiche

Ciclo complesso: è presente con diverse specie chimiche, legato in diversi modi, ossigeno molecolare, nell'acqua e nei composti organici e inorganici

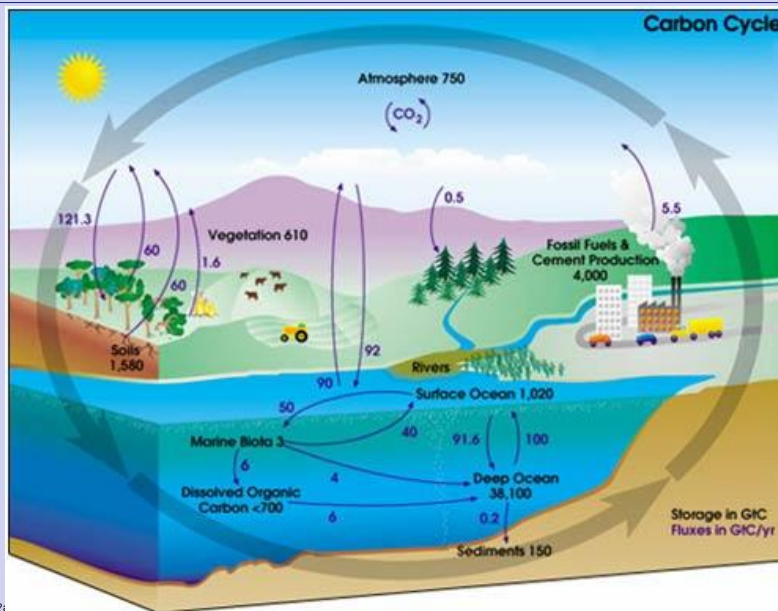


http://venus.unive.it/miche/cicli_ecosist/0028.htm

18

Composizione dell'atmosfera

Rimanente **1%**
Argon: gas
 nobile inerte
**Anidride
 carbonica CO_2**
 (0,0385%)



<https://www.skepticalscience.com/translation.php?>

19

Qualcosa in più....

Alcuni gas in concentrazioni minori hanno grande influenza su fenomeni meteorologici e clima

Vapore acqueo – grande variabilità locale fino a 4% del volume totale su oceani caldi, meno dell'1% del volume totale su aree desertiche importante su tempo e clima

Anidride carbonica – grande influenza sul clima, grande capacità di assorbire radiazione dell'infrarosso termico – contribuisce a «tenere calda» la parte bassa dell'atmosfera. Progressivo aumento della concentrazione nell'ultimo secolo (riscaldamento globale)

Ozono – O_3 – concentrato nella fascia 15-48 km di altitudine. Eccellente assorbimento radiazione ultravioletta (protezione organismi)

Altri gas: CH_4 – assorbe varie lunghezze d'onda (influenza sul clima), CO , SO_2 , NO_2 – potenzialmente dannosi e ripercussioni sul clima.

20

Pulviscolo atmosferico – particelle di polvere sollevate durante turbolenza (anche visibili) – se pesanti ricadono al suolo, se leggeri permangono a lungo in sospensione
 Insieme delle particelle liquide e solide in atmosfera = **particolato atmosferico** o **aerosol**

Origine naturale o antropica – più concentrati sui luoghi d'origine, facilmente trasportabili

Influenza su fenomeni meteorologici e sul clima:

- 1) Particelle igroscopiche rappresentano nuclei di condensazione
- 2) Particelle assorbono o riflettono radiazioni modificando la temperatura

21



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

La struttura verticale dell'atmosfera



22

La temperatura dell'aria

Andamento della temperatura nell'atmosfera

L'atmosfera è riscaldata da flusso di calore proveniente dalla superficie della Terra



Gradiente termico: diminuzione della temperatura con l'aumento dell'altitudine (misurato in gradi per 1000 m di dislivello) – medie latitudini estate: $6,49^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$
($0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) – media valori in giorni diversi

La diminuzione termina tra i 10 e 15 km poi comincia a salire lentamente: limite tra **troposfera e stratosfera**

23

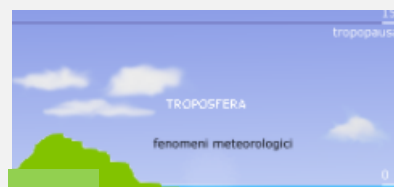
Troposfera caratteristiche

Parte più bassa e più densa dell'atmosfera

Zona delle perturbazioni meteorologiche e del regno della vita



Nella troposfera $\frac{3}{4}$ della massa gassosa



Aria riscaldata dalla superficie terrestre quindi la temperatura diminuisce con l'altitudine

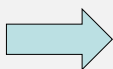
Il **gradiente termico verticale** o gradiente termico ambientale è definito anche come LAPS RATE

24

Temperatura media dell'aria a livello del mare: equatore circa 25° C, regioni polari circa -0° C

Ma:

Spessore atmosfera maggiore nelle zone equatoriali (17 km) e minore ai poli



Al limite superiore della troposfera temperature più basse in corrispondenza dell'equatore che dei Poli (-70° C, -45° C)

25

Nella Troposfera movimenti **orizzontali** e **verticali** delle masse d'aria

Cause: rotazione terrestre e squilibri termici

Correnti dominanti occidentali con velocità che aumenta con l'altitudine

Moti verticali associati a formazione e scomparsa nubi

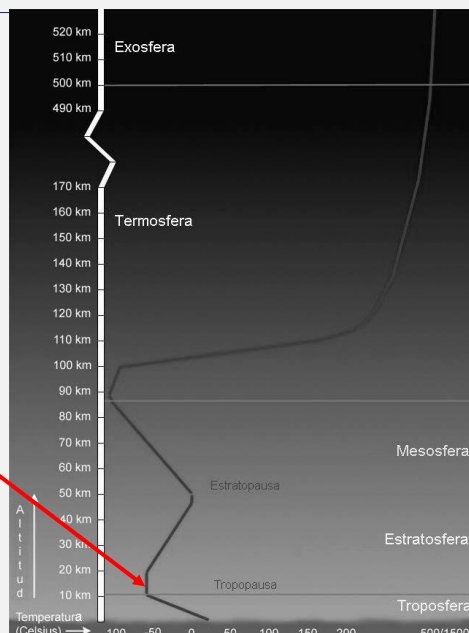
26

Le zone o fasce atmosferiche

Nella tropopausa il
gradiente termico si
inverte

(luogo della Temperatura
dell'aria più bassa)

(possibili altre inversioni)



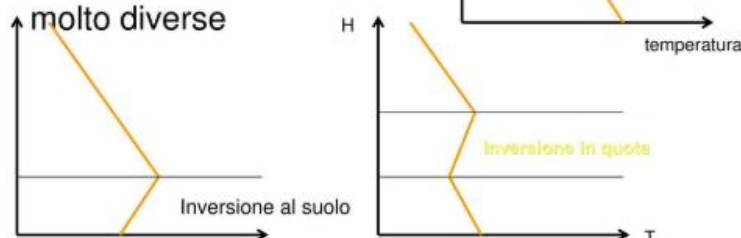
27

La temperatura dell'aria

Andamento della temperatura nell'atmosfera

Generalmente la temperatura diminuisce
all'aumentare della quota (diminuzione di
circa $0,65^{\circ}\text{C}$ ogni 100 metri) **VALORE
MEDIO.**

Esistono però condizioni
molto diverse



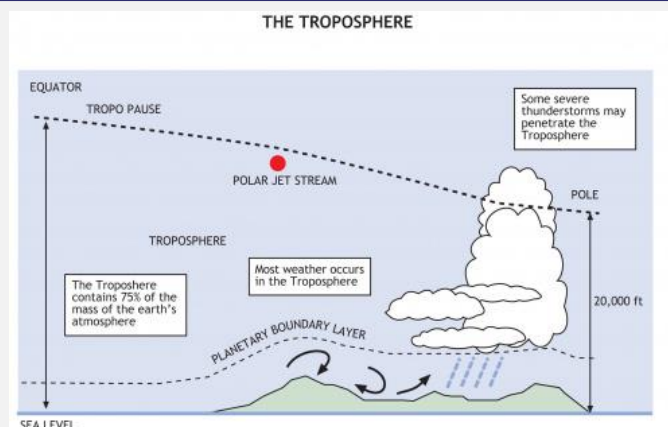
<https://slideplayer.it/slide/12430186/>

28

Troposfera

La temperatura dell'aria

Contiene lo **strato limite planetario (PBL, Planet Boundary Layer)**. Strato di atmosfera prossima alla superficie terrestre che risente della presenza del suolo: è spesso mediamente 1-1.5 km; lì si verifica un rimescolamento verticale dovuto ai moti vorticosi dell'aria generati dagli ostacoli al suolo, e dai moti convettivi innescati da bolle di aria calda (dette termiche) - L'altezza del PBL varia durante la giornata (> di giorno, < di notte).

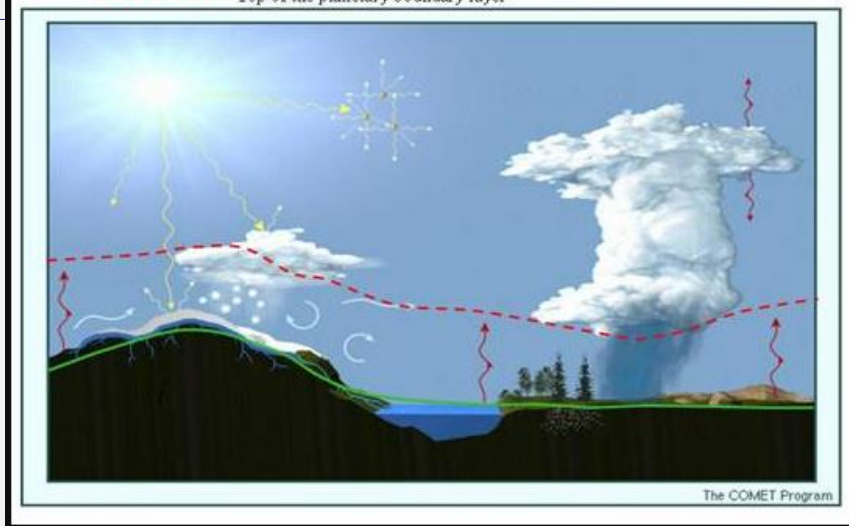


https://www.skybrary.aero/index.php/Planetary_Boundary_Layer

29

Depiction of various surfaces and PBL processes

--- Top of the planetary boundary layer

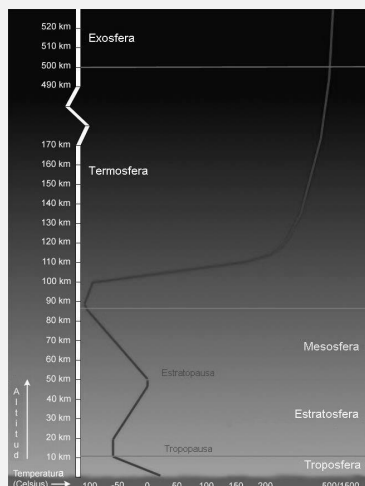


PBL risponde ai cambiamenti nella forzante radiative in tempi molto rapidi (1 ora o meno). Velocità, temperature umidità mostrano variazioni rapide (turbolenza); forte rimescolamento verticale. Sopra PBL "atmosfera libera"

30

La temperatura dell'aria

1. Troposfera



Riassunto:

Strato più basso atmosfera
Sede dei fenomeni meteorologici
Spessore della troposfera variabile: da 6-8 km ai Poli sino a 16-17 km nella fascia equatoriale/tropicale

Contiene quantità importante di vapore acqueo:
Se condensazione si ha formazione di nubi basse/nebbia
Se sublimazione nubi alte e sottili

Contiene aerosol (polveri vulcaniche, da deserti-spiagge, incendi, processi di combustione ecc....)
Importanti perché intorno a loro si condensa vapore acqueo

Termina con la **tropopausa**

http://www.isac.cnr.it/dinamica/davollo/tmp/Didattica/dispensa_struttura_composizione.pdf

31

La temperatura dell'aria

2. Stratosfera

Si trova oltre la tropopausa

Comprende:

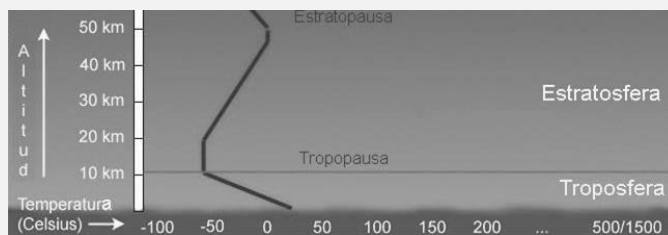
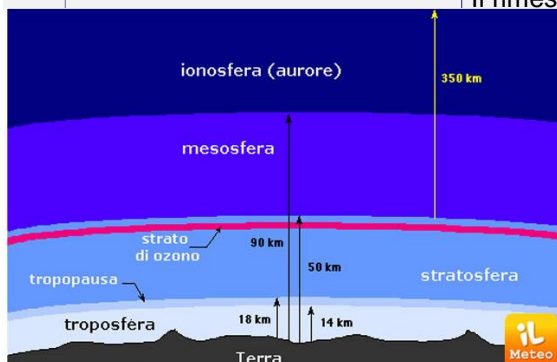
primo strato (circa 10 km di spessore) in cui la temperatura resta quasi costante con la quota

Secondo strato di 25-30 km, in cui la temperatura aumenta progressivamente.

Limite superiore a 50 km dalla superficie

Il rimescolamento verticale è inibito a causa del gradiente verticale di temperatura positivo

Venti forti e persistenti con direzione W-E



32

Componenti gassosi sempre più rarefatti
Rapida diminuzione con la quota di vapore acqueo e pulviscolo atmosferico (no nubi no precipitazioni)

Possibili nubi madreparlacee a 20-30 km di quota forse per concentrazione cristalli di ghiaccio



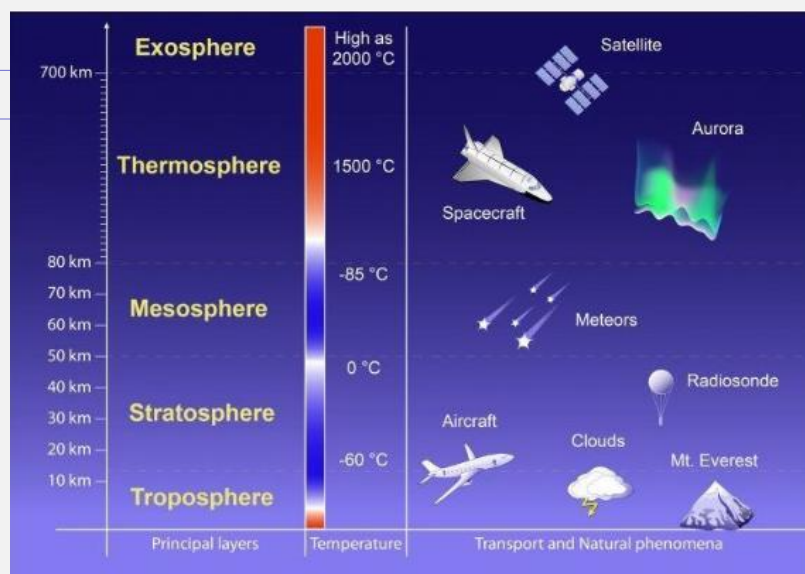
33

La temperatura dell'aria

2. Stratosfera

Dopo i primi 20 km la temperatura aumenta verso l'alto di 1-3° per km dovuto all'ozono (O₃)

<https://www.pinterest.it/pin/227431849918714585/>



34

La temperatura dell'aria

2. Stratosfera

Contiene quasi tutto l'ozono atmosferico (circa il 90% del totale) con massima concentrazione tra i 15 e i 35 km di quota.

L'ozono assorbe la radiazione ultravioletta (UV) solare producendo di conseguenza un riscaldamento.

Il riscaldamento, è massimo al limite della stratosfera, (temperature prossime agli 0 °C – tra 0 e 10 ° circa) e minimo negli strati bassi: da -50 a -70 °C

In corrispondenza del massimo di temperatura:
Stratopausa

http://www.isac.cnr.it/dinamica/davolio/tmp/Didattica/dispensa_struttura_composizione.pdf

35

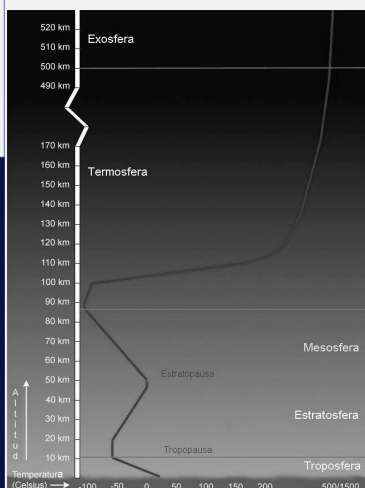
La temperatura dell'aria

3. Altri strati meno densi

Mesosfera – media atmosfera

Segue alla stratopausa

Si estende fino a 80 km di quota circa ed è l'ultimo strato dell'atmosfera. La temperatura diminuisce con la quota fino a raggiungere il minimo (attorno ai -130 °C) in corrispondenza della **mesopausa**



L'andamento verticale della temperatura permette il rimescolamento (moti convettivi).

In presenza di pulviscolo di origine vulcanica che fa da nucleo di condensazione, i convettivi possono portare alla condensazione le tracce di vapore acqueo presente. Si formano nubi di cristalli di ghiaccio (e polveri) visibili al tramonto nelle notti polari. Si hanno così le "nubi nottilucenti".

36

La temperatura dell'aria



<http://www.blueplanetheart.it/2018/09/hasa-raccolti-dati-delle-nubi-nottilucenti-un-fenomeno-incredibilmente-raro-nellatmosfera-terrestre/>

37

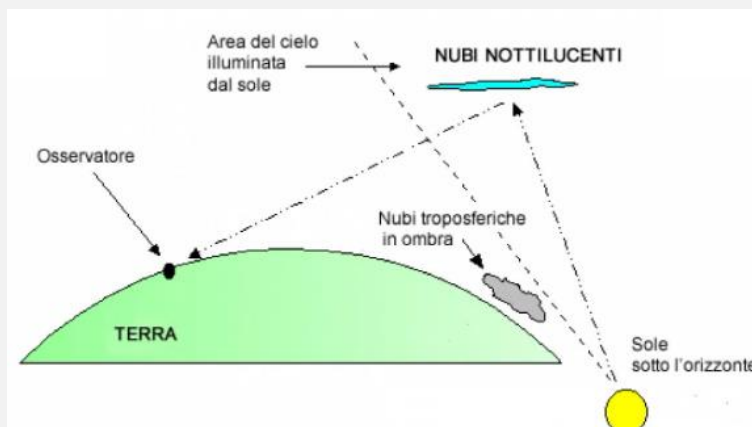
La temperatura dell'aria



<https://www.geomagazine.it/2020/06/11/nubi-nottilucenti-nella-fredda-mesosfera/>

38

La temperatura dell'aria



<https://www.3bmeteo.com/giornale-meteo/nubi-nottilucanti-raro-fenomeno-atmosferico-per-la-prima-volta-osservato-in-italia-152784>

39

La temperatura dell'aria

3. Altri strati meno densi

Termosfera –

si estende in altezza per parecchie centinaia di chilometri caratterizzata da notevoli oscillazioni di temperatura tra giorno e notte (temperatura strettamente legata all'intensità della radiazione solare)

Sopra ai 100 km di quota, la radiazione cosmica produce anche la ionizzazione degli atomi: formazione dell'aurora boreale visibile, in particolari condizioni, alle alte latitudini. (**ionosfera**)

Finisce con la termopausa

40

La temperatura dell'aria



Aurora
boreale

<https://www.easyviaggio.com/attualita/i-sette-luoghi-dove-vedere-l-aurora-boreale-90273>

41

La temperatura dell'aria

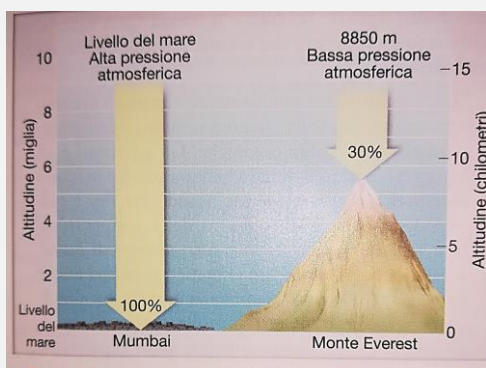


Aurora
boreale

42

Pressione

Forza esercitata dalle molecole dell'atmosfera per unità di superficie (peso della colonna d'aria sulla superficie terrestre)
(concetto ripreso nelle prossime lezioni)

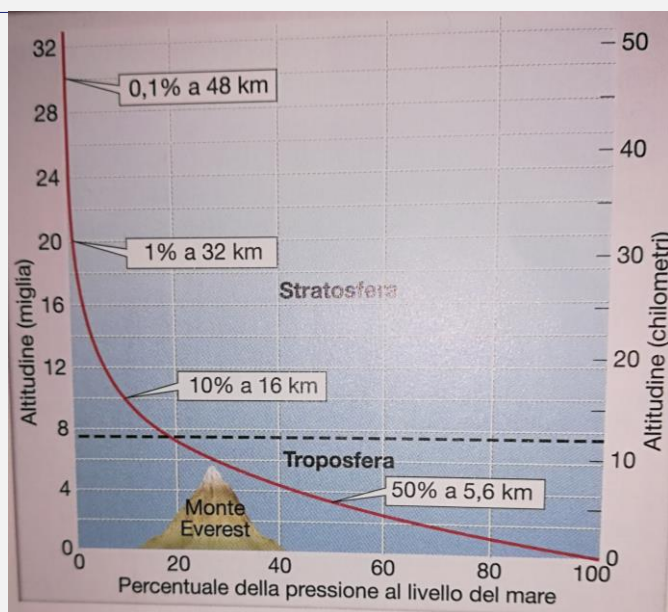


Aria molto comprimibile
Gli strati inferiori sono compressi da quelli superiori
La compressione determina aumento della pressione su strati inferiori e aumento della loro densità



Pressione atmosferica e densità sono massime a livello del mare e diminuiscono rapidamente con la quota (in modo non lineare)

43



- a 5.6 km di quota P 50% rispetto al valore s.l.m.
- Oltre gli 80 km P non è più rilevabile dai barometri

Da Mc Knight - Geografia fisica

44



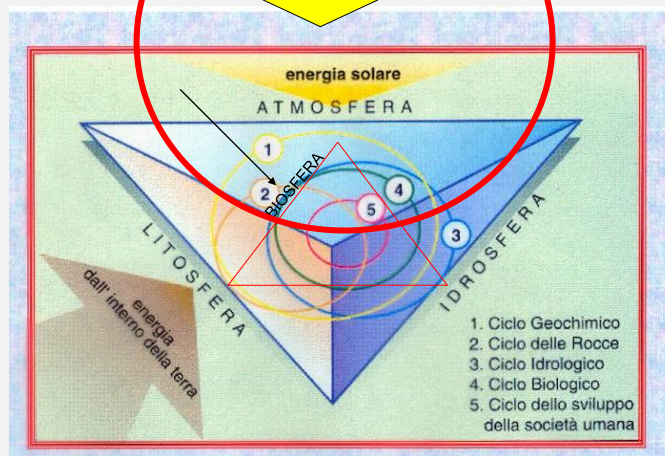
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Temperatura e Bilancio energetico globale

45



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



46

Bilancio energetico globale

Premessa 1

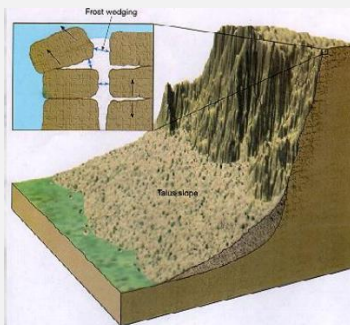
La Terra riceve un flusso di energia quasi costante che sostiene e regola processi biologici e abiologici

Energia: Caratteristiche, modalità di assorbimento da parte della Terra, conversione in calore, irraggiamento verso lo spazio, trattenimento del calore, effetto serra = **elementi fondamentali per comprendere la dinamica alla superficie del pianeta e i cicli energetici**

47

Impatti della temperatura sul paesaggio:

- Molti processi sono correlati alla temperatura es:
- Alterazione delle rocce
- Velocità dei processi chimici (carsismo)
- Intensità dei processi (es glaciali)



48

Premessa 2

La **temperatura** è una **variabile climatica chiave sulla Terra**, essa è *la misura dell'energia compresa nel movimento delle molecole*.

Per comprendere come venga mantenuta la temperatura è necessario considerare il bilancio energetico che è formalmente definito nella *prima legge della termodinamica* (i.e.: **prima legge della termodinamica**, nota anche come **principio della conservazione dell'energia**, intendendo che *"l'energia non può essere né creata né distrutta ma solo trasformata in un altro tipo".*)

49

Energia – calore - temperatura

Premessa: Universo: materia (oggetti che ci circondano caratterizzati da massa e volume) **ed energia**

Energia:

Permette di muovere – deviare oggetti

Trasformazione da una forma di energia ad un'altra provoca modificazioni della materia

E: capacità di compiere un lavoro (lavoro) – Lavoro: prodotto di una forza applicata ad un corpo lungo una direzione di spostamento

E: trasferimento di energia nell'unità di tempo (potenza) (in fisica lavoro per tempo necessario per svolgerlo)

E. Cinetica delle molecole (energia interna) – L'E. cinetica di una sostanza (quanto vibrano le molecole) si misura come **Temperatura**

50

temperatura

Temperatura: descrizione dell'energia cinetica media delle molecole di una data sostanza (energia cinetica traslazionale)

> Sono le vibrazioni > è la T

Detta anche energia termica

Calore: energia che viene trasferita da un oggetto a $T >$ a uno a $T <$

Oggetto più caldo diminuisce la sua energia interna

Oggetto più freddo aumenta la sua energia interna

51

Misura della T e passaggi da una scala termometrica all'altra

CELSIUS:

0°C = ghiaccio fondente

100°C = vapori acqua bollente

(acqua distillata a livello del mare)

FAHRENHEIT:

32°F = 0°C e 212 °F = 100°C

$$T (f) = 32 + 9/5 t (C)$$

Scala Kelvin: misura la temperatura assoluta

Inizia dallo zero assoluto, la più bassa temperatura (molecole immobili, energia cinetica nulla) 0K = -273°C

52

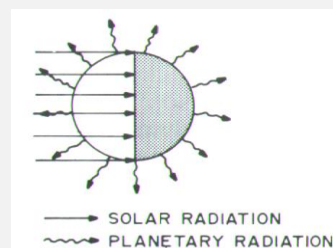
•Calore e Energia

Il bilancio energetico globale terrestre è da intendersi come il bilancio tra l'energia proveniente dal Sole e l'energia emessa dalla Terra (come corpo radiante) verso lo Spazio.

La produzione di energia dall'interno del nostro Pianeta ha invece un'influenza minima e trascurabile sul bilancio energetico globale.

Assorbimento: superficie terrestre

Emissioni verso spazio: atmosfera



53

Bilancio energetico globale

Il Sole emette energia sotto forma di radiazione elettromagnetica

Radiazione elettromagnetica

insieme di **onde** elettromagnetiche emesse da una superficie con lunghezze diverse

- 1 tutte le superfici emettono radiazioni
- 2 corpi caldi emettono radiazioni quasi tutte nello spettro del visibile
- 3 percezione come colori dell'arcobaleno
- 4 il Sole emette anche radiazioni nello spettro non visibile (raggi ultravioletti e infrarossi)

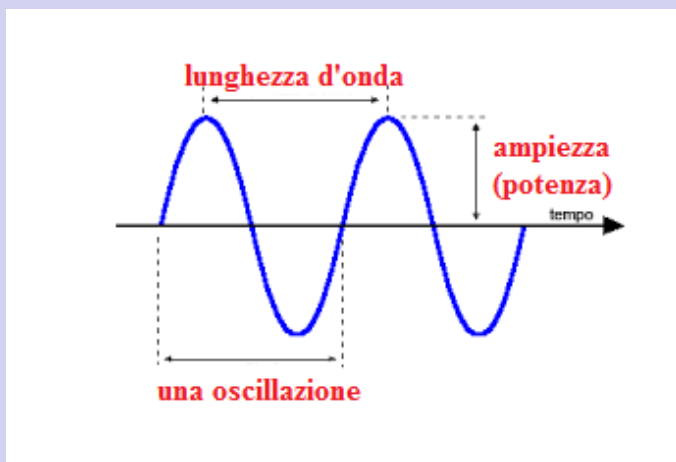
5 gli oggetti più freddi del Sole emettono radiazioni termiche

6 Nel lungo periodo bilancio energetico della Terra =0

54

Bilancio energetico globale

Radiazione elettromagnetica



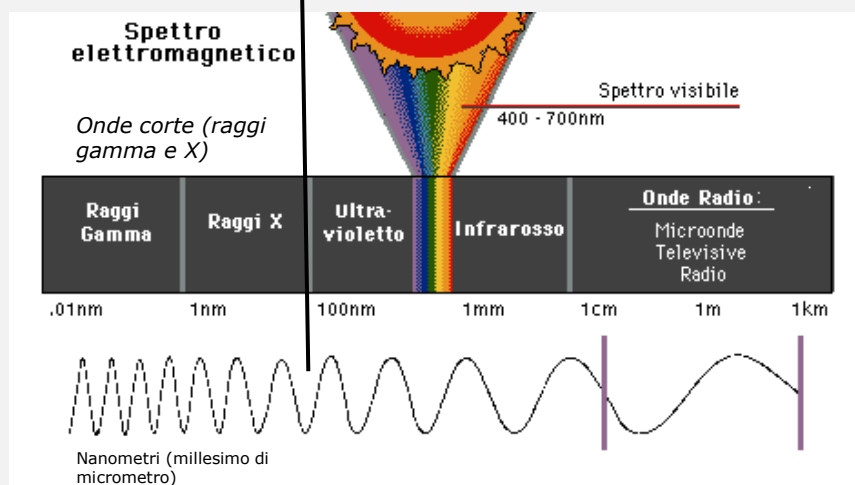
Lunghezza:
distanza tra due
creste
Misurata in
micrometri o
milionesimi di m
(μm)
1 oscillazione: 1
cresta + 1 cavo
d'onda

<https://www.impariamoinsieme.com/onde-elettromagnetiche-e-comunicazione/>

55

Bilancio energetico globale

Spettro elettromagnetico



Onde elettromagnetiche
: differenziate per
lunghezza d'onda

<http://dida.fausser.edu/beno/terza/istinto/radete.htm>

56

Bilancio energetico globale

Spettro elettromagnetico

= spettro di diverse lunghezze d'onda

Raggi gamma e raggi x: onde corte (nanometri - 1 nanometro = 1 millesimo di micrometro) nm

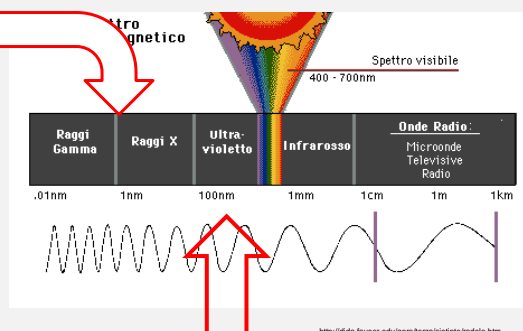
alta energia

Frequenza < 10 nm

Possono essere pericolosi per esseri viventi

Radiazioni ultraviolette: $10 < \lambda < 400$ nm

Possono essere dannose per tessuti degli esseri viventi

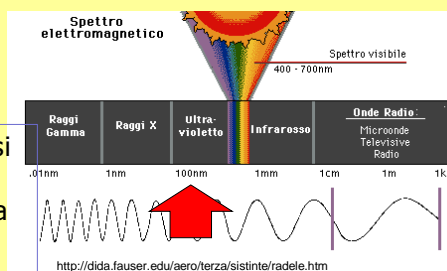


57

Bilancio energetico globale

Danni da UV

Gran parte UV riflessi dallo strato corneo superficiale, solo una piccola quota arriva negli strati più profondi dell'epidermide. A seconda della lunghezza d'onda **UV-A, UV-B e UV-C.** La lunghezza d'onda determina la profondità di penetrazione cutanea.



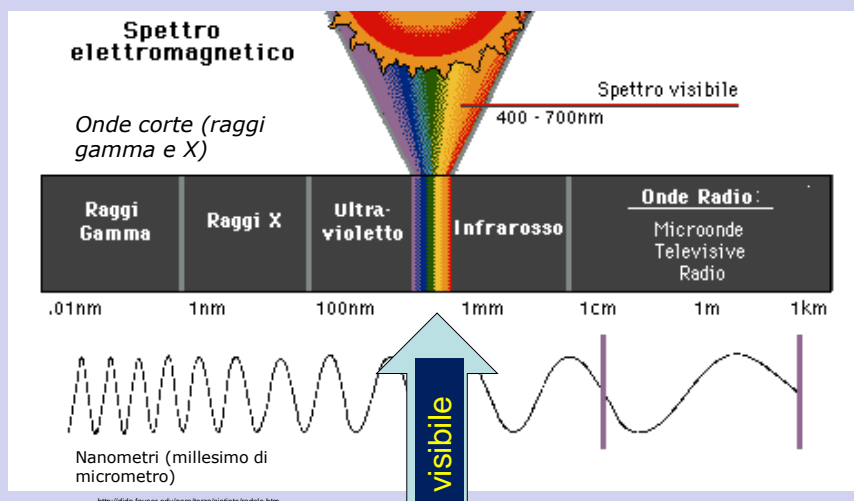
UV-A (98%) - $\lambda = 320 - 400$ nm. Ottimi per abbronzatura, moderati sui danni cutanei. Possono però penetrare in profondità nel derma elastina, provocando eritemi e danneggiando la pelle, anche a lungo termine.

UV-B (2%) - $\lambda = 280 - 320$ nm. Capacità di penetrazione inferiore; effetti deleteri: sono in grado di alterare il materiale genetico contenuto nel DNA aumentando il rischio di comparsa di tumori cutanei. l'eritema.

UV-C i più pericolosi e possiedono. $\lambda = 100 - 280$ nm. Alto potere cancerogeno. Trattenuti dalla fascia di ozono. Il rischio di esposizione aumenta in alta quota.

58

Spettro elettromagnetico

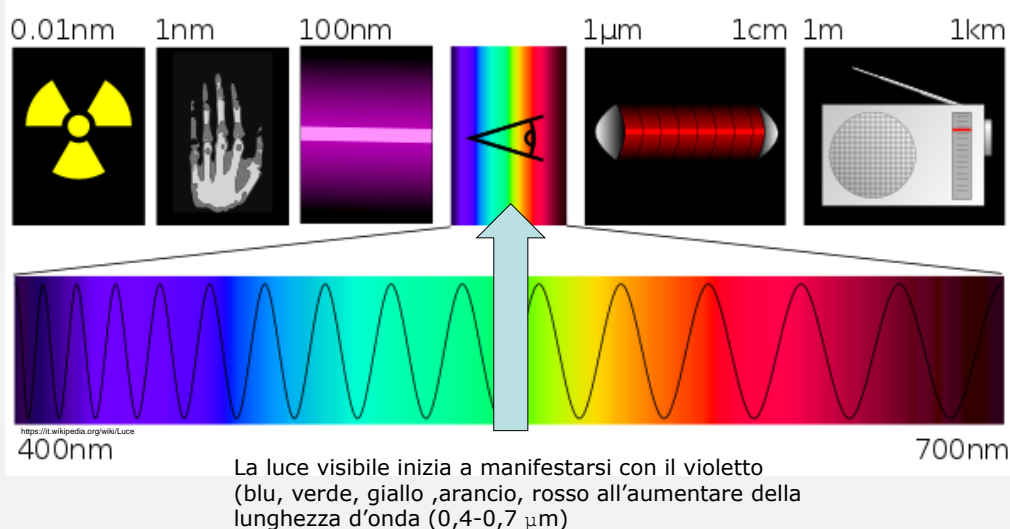


Onde elettromagnetiche: differenziate per lunghezza d'onda

59

Bilancio energetico globale

Radiazione elettromagnetica



60

Bilancio energetico globale

Luce visibile

Comincia a $0,4 \mu\text{m}$
con il violetto



I colori cambiano gradualmente dal blu
al verde, giallo, arancio, rosso – poi
termina il visibile ($0,7 \mu\text{m}$)

Si passa quindi all'infrarosso vicino $0,7 - 1,2 \mu\text{m}$ molto vicina al visibile-
proveniente ancora dal Sole poi infrarosso a onde corte ($1,2 - 3 \mu\text{m}$) e
medio infrarosso $3 - 6 \mu\text{m}$ (dal Sole e da oggetti molto caldi sulla Terra)

**Tanto maggiore è la temperatura di un oggetto, tanto minore è la
lunghezza d'onda delle radiazioni emesse**

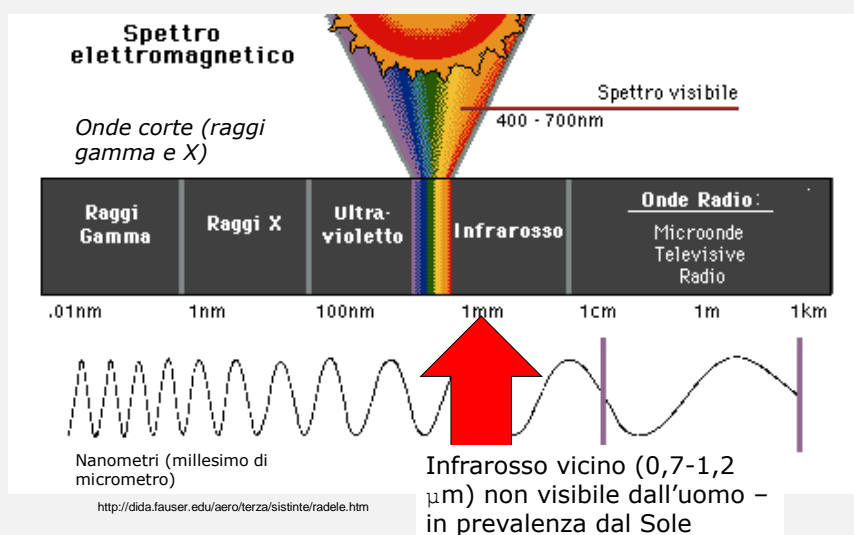


Terra più fredda del Sole quindi emette più nell'infrarosso

61

Bilancio energetico globale

Spettro elettromagnetico

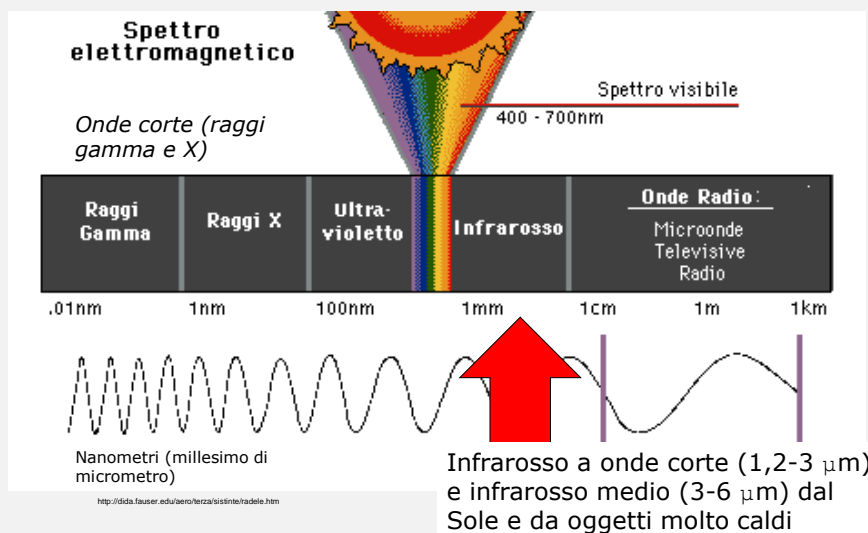


Onde
elettromagne-
tiche:
differenziate
per lunghezza
d'onda

62

Bilancio energetico globale

Spettro elettromagnetico

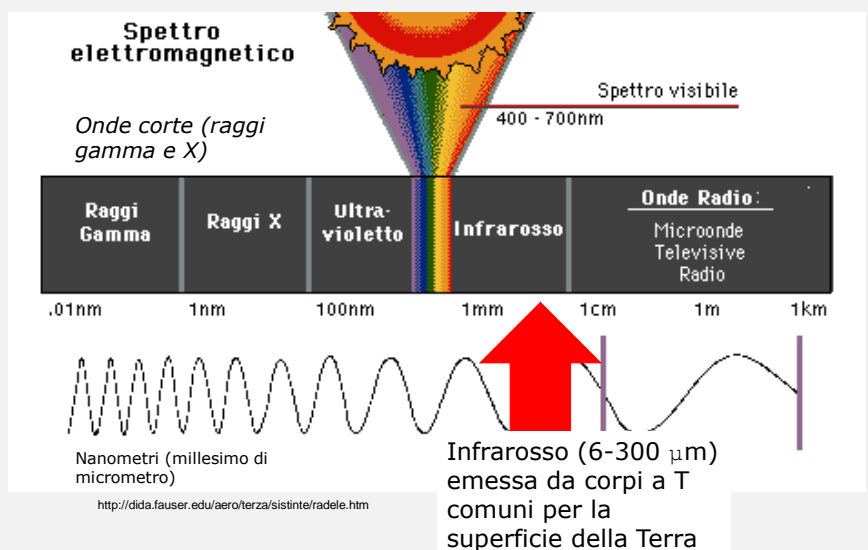


Onde elettromagnetiche: differenziate per lunghezza d'onda

63

Bilancio energetico globale

Spettro elettromagnetico

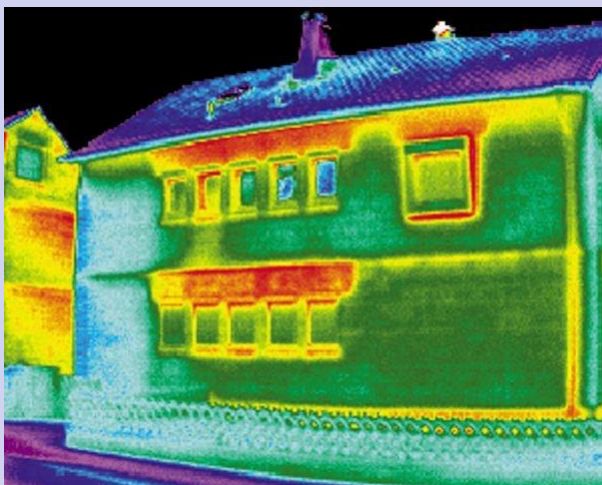


Onde elettromagnetiche: differenziate per lunghezza d'onda

64

Bilancio energetico globale

Immagini all'infrarosso



La termografia utilizza una telecamera a infrarossi (o termocamera), per visualizzare e misurare l'energia termica emessa da un oggetto. (giallo temperature maggiori – finestre perché irradiano la temperatura interna che è maggiore), T intermedia rosso, zone più fredde colori blu)

<https://www.msmeasuring.com/news/la-termografia-infrarossi-per-il-settore-dell-edilizia/>

65

Nota:

1) Il flusso di energia è correlato alla temperatura della superficie dell'oggetto che lo emette
Corpi più caldi irradiano più energia (quarta potenza)

Anche un piccolo aumento di temperatura può determinare un grande aumento del tasso di irradiazione

2) Più un oggetto è caldo, minore la lunghezza d'onda delle radiazioni emesse
(Terra irradia nell'infrarosso, Sole onde corte)

66

Torniamo al **sole**.....



Il sole è una delle 10^{11} stelle ubicate nella nostra galassia, la Via Lattea. Il Sole è una stella singola mentre i 2/3 delle stelle nella nostra galassia sono state osservate in sistemi multipli di stelle.

67

Per stelle come il Sole il **tempo di persistenza** stimato è di circa **11 miliardi di anni** dei quali metà sarebbero già trascorsi.



Il Sole è quindi una stella singola, di mezza età e di media luminosità.

Secondo le teorie di evoluzione stellare la luminosità solare sarebbe aumentata del 30% durante il periodo di esistenza del nostro pianeta (gli ultimi 5 miliardi di anni circa).

68

Radiazione solare

Sole: stella di medie dimensioni con temperatura superficiale circa 6000°C

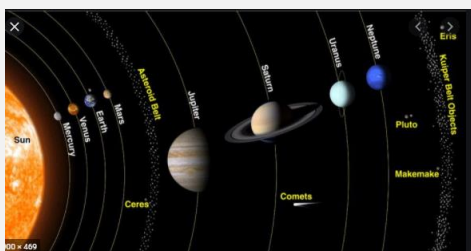
Energia emessa in tutte le direzioni in linea retta

Velocità 300000 km/s velocità della luce

Impiega 8.5 minuti per raggiungere la Terra

La radiazione si espande allontanandosi dal Sole

Energia solare è prodotta dalle reazioni fusione nucleare (H convertito in He per altissime temperature e pressioni) – Energia trasportata in superficie per moti convettivi (lezione precedente)



<https://sites.google.com/site/torondine93011-sistema-solare>

69

Tutte le stelle producono energia (reazioni nucleari)

Temperatura	Colore
2700-3800 gradi	Rosso
3800-5000 gradi	Arancio
5000-6000 gradi	Giallo
6000-8000 gradi	Bianco-Giallo
8000-10000 gradi	Bianco
10000-30000 gradi	Azzurro-Bianco
30000-50000 gradi	Azzurro

Stelle azzurre (più calde e luminose trasformano materia in energia a velocità molto più elevate di stelle rosse, meno calde)

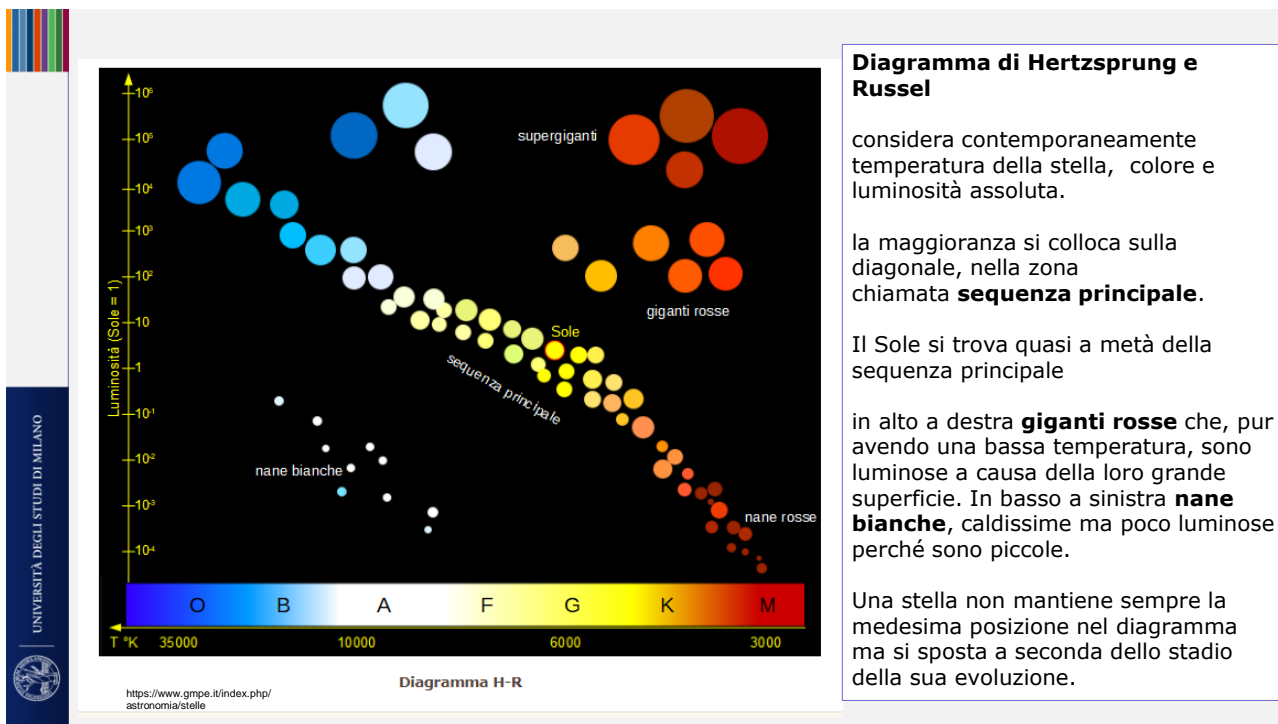


Evoluzione delle stelle
(significato della distanza in anni luce)

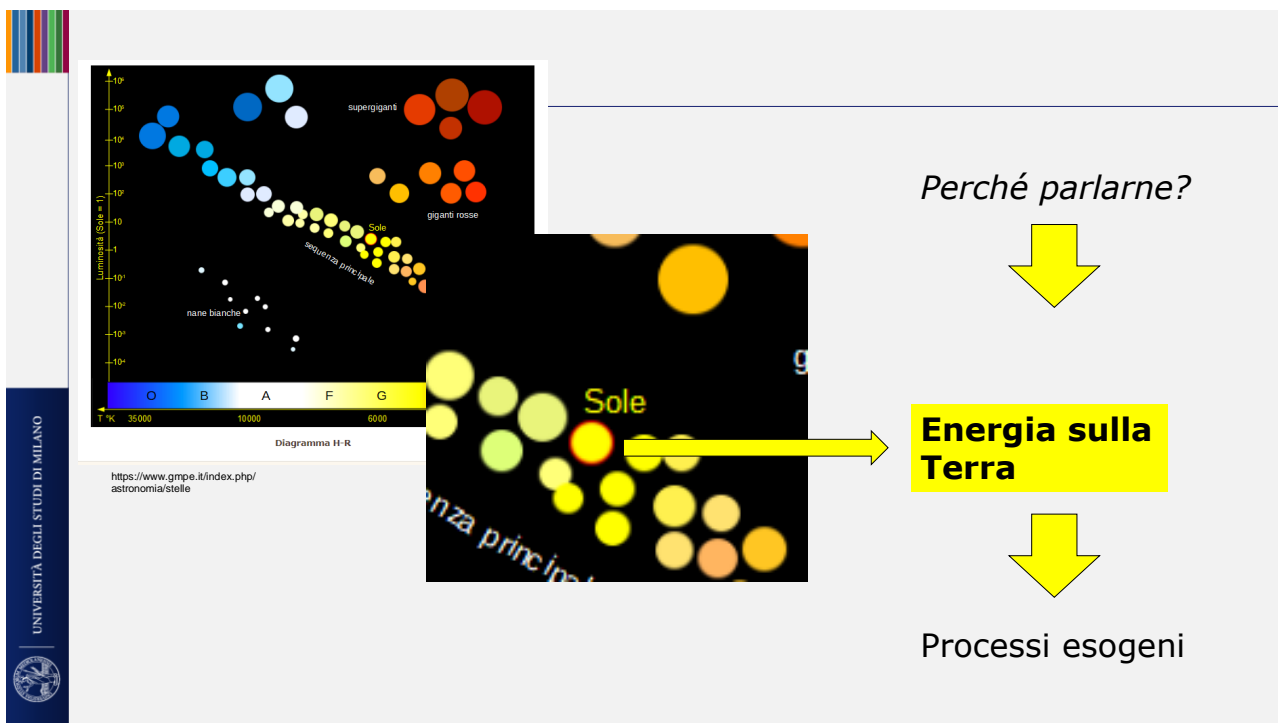
Quello che vediamo è un' *istantanea*

<https://spaziotempo.altervista.org/di-che-colore-sono-le-stelle/>

70



71



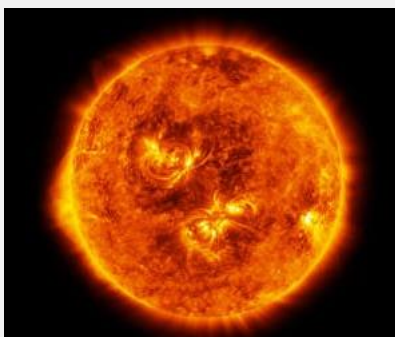
72

La Terra nel sistema solare

Il Sole

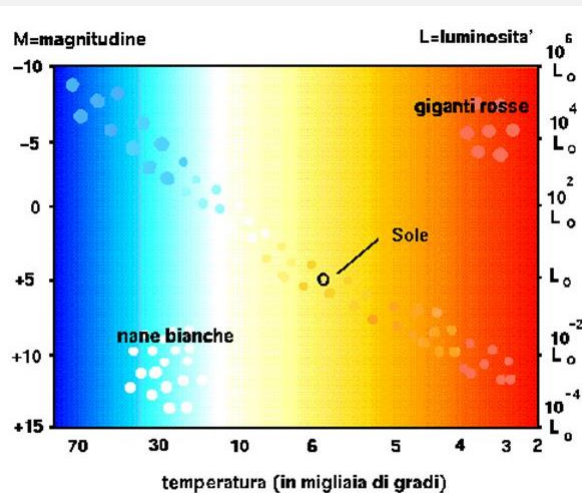
<https://slideplayer.it/slide/3091603/>

Stella gialla di medie dimensioni
Posizionata nel mezzo della sequenza principale



https://www.lescienze.it/news/2018/07/10/news/stima_metal_li_sole-4042154/

Diagramma H-R di Hertzsprung - Russel



73



La fonte di energia primaria per sostenere le forme di vita sulla terra è rappresentata dal **Sole**. La Terra orbita intorno al Sole compiendo un giro completo in un anno. La distanza è relativamente costante e permette di avere così condizioni di luce e calore stabili, indispensabili per la vita sul pianeta (in realtà si hanno *afelio* e *perielio* ma non producono effetti così marcati).

74

La Terra nel sistema solare

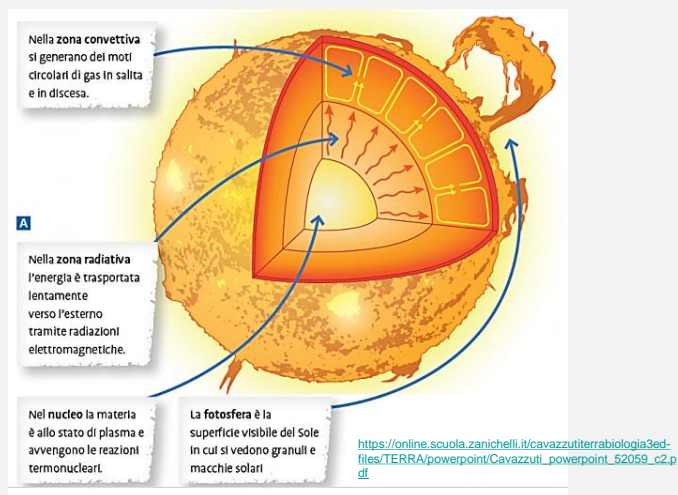
Il Sole Serie di involucri concentrici gassosi (non hanno limiti netti)
Interno: 98% idrogeno ed elio allo stato di plasma (miscela ioni liberi e nuclei atomici - 2% elementi più pesanti)

Interno:

Nucleo (raggio 150.000 km, reazioni termonucleari – **trasformazione di H in He**, zona di produzione dell'energia)

La pressione gravitazionale dei materiali sovrastanti è in grado di contenere la forza esplosiva delle reazioni termonucleari
Temperatura 15 milioni kelvin

Al completamento della trasformazione H in He inizierà il passaggio a gigante rossa.



75

La Terra nel sistema solare

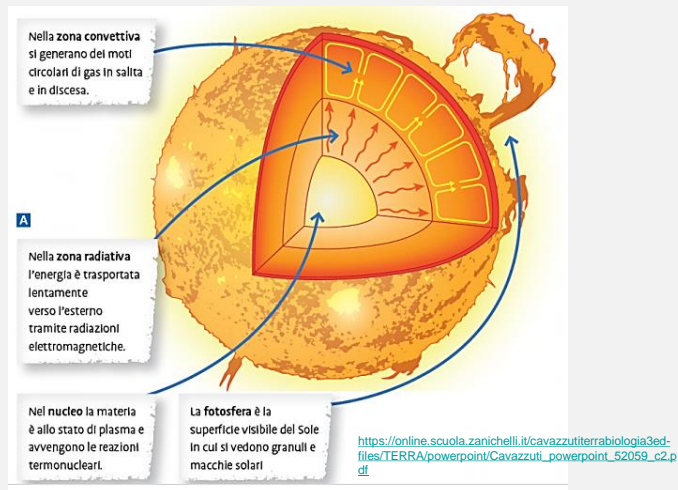
Il Sole Serie di involucri concentrici gassosi (non hanno limiti netti)
Interno: 98% idrogeno ed elio allo stato di plasma (miscela ioni liberi e nuclei atomici - 2% elementi più pesanti)

Interno:

Nucleo

Zona radiativa (qui arriva l'energia prodotta dal nucleo – temperatura più bassa – no reazioni nucleari)

Involucro esteso per 450.000 km (atomi emettono e assorbono energia ma non ci sono reazioni termonucleari per T minori)



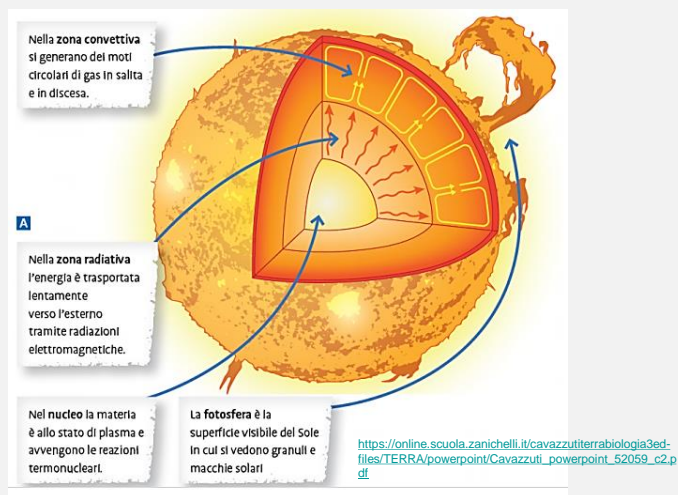
76

La Terra nel sistema solare

Il Sole Serie di involucri concentrici gassosi (non hanno limiti netti)
 Interno: 98% idrogeno ed elio allo stato di plasma (miscela ioni liberi e nuclei atomici) - 2% elementi più pesanti

Interno:
 Nucleo
 Zona radiativa

Zona convettiva - (si estende fino a 100.000 km sotto la superficie del Sole. Trasporto energia per convezione, movimenti della materia derivanti da differenze di temperatura)



77

Le particelle prodotte nel nucleo raggiungono la superficie della sfera
 Visibili come fotosfera



<https://www.informazioneambiente.it/fotosfera-struttura-e-caratteristiche/>

78

La Terra nel sistema solare

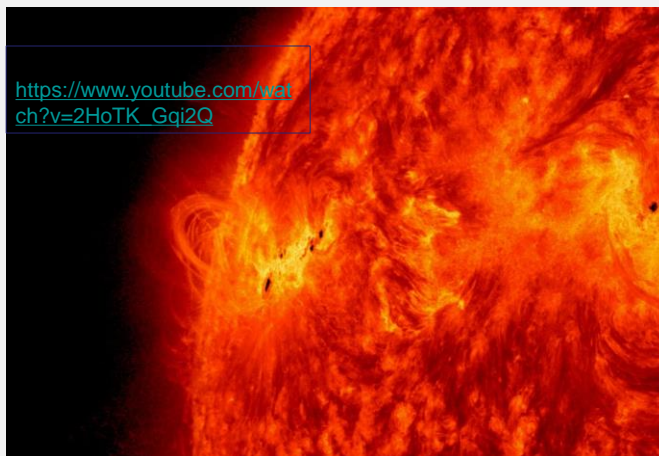
Il Sole All'esterno fotosfera: involucro che irradia la luce solare e corrisponde alla superficie visibile del Sole – E' visibile solo la parte sommitale dell'involucro di gas incandescente – T 5785 K - 5512°C

Granulazione:

affioramento bolle di gas molto caldi (parte sommitale dei movimenti in atto nella zona convettiva). Durata granuli luminosi pochi minuti

Macchie solari:

punti più scuri, «freddi»
- andamento ciclico -
aumentano in numero poi si riducono; ogni gruppo permane per una settimana circa. Il numero totale passa da minimo a massimo ogni 11 anni. TT 4300 K



https://www.youtube.com/watch?v=2HoTK_Gqi2Q

<https://www.informazioneambiente.it/fotosfera/>

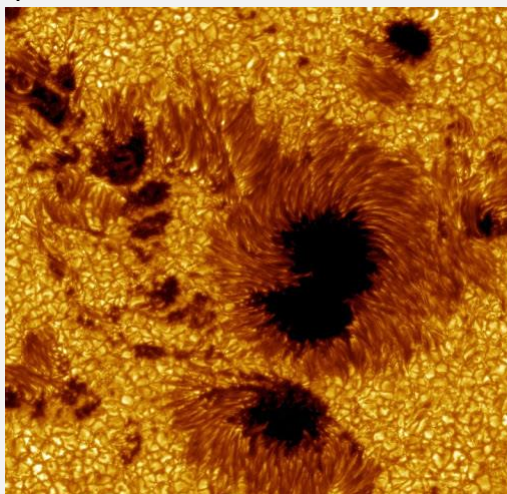
79

La Terra nel sistema solare

Il Sole **Macchie solari:** implicazioni

Se si interrompe la regolarità dei cicli (es tra 1645 e 1715) conseguenze sulla Terra:
Scomparsa aurore boreali

Considerata possibile concausa di raffreddamento climatico per eventi minori (Piccola Età Glaciale)



<http://www.notiziedalcosmo.it/1-sistema-solare/1-6-il-sole/macchie-solari-e-brillamenti-il-sole-parte-6>

80