



**Energia  
in Energia**

# Il Sole

## fonte di energia (r)innovabile

**VIII EDIZIONE - 2024/2025**

**La Gara di Scienze che forma e sensibilizza le nuove generazioni\*  
alla salvaguardia della Terra e all'uso efficiente delle risorse.**

*\*Rivolto a Scuole Primarie (4° e 5°) e Secondarie di I grado*



In collaborazione con:



AMAPOLA



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:



Città di Alessandria

# Il Sole, fonte di energia (r)innovabile

**PROGRAMMA - 23 GENNAIO 2025**

**14:30 - 14:40**

## **Accoglienza e Benvenuto**

*Irene Molina, Assessora Pubblica Istruzione - Comune di Alessandria  
Chiara Bisio e Paolo Trivero, Professori - UPO Disit Alessandria*

**14:40 - 14:55**

## **Introduzione al progetto "Energia in Energia"**

*Francesco Daquarti - Associazione Ideale/3i group*

**14:55 - 15:40**

## **Evoluzione Stellare**

*Dott. Gianfranco Durante*

**15:40 - 16:25**

## **Il Sole: la nostra stella**

*Prof. Paolo Trivero - UPO DISIT Alessandria*

**16:25 - 16:40**

## **Coffee Break**

**16:40 - 17:25**

## **Energia dal Settore Fotovoltaico Innovativo**

*Prof. Federico Begni - UPO DISIT Alessandria*

**17:25 - 18:10**

## **Dove i fatti non arrivano.**

*Perché ci serve la comunicazione per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità*

*Sergio Vazzoler - Amapola Società Benefit*

*Sponsor 2024/25 di "Energia in Energia"*

**18:10 - 18:30**

## **Q&A - Saluti finali**

# EVOLUZIONE STELLARE

**A cura di:  
Dott. Gianfranco Durante  
Gruppo Astrofili Galileo**

# POLVERE DI STELLE

L'EVOLUZIONE STELLARE  
ATTRAVERSO LE IMMAGINI



## EVOLUZIONE STELLARE

A cura di:  
*Dott. Gianfranco Durante*  
*Gruppo Astrofili Galileo*



© Anglo-Australian Observatory



*Siding Spring, Australia  
1100 m. s.l.m.  
Specchio principale: 3,9 m.*

# POLVERE DI STELLE

L'EVOLUZIONE  
STELLARE  
ATTRAVERSO LE  
IMMAGINI



Hubble in Flight

Image Credit: NASA, 1997

# POLVERE DI STELLE

L'EVOLUZIONE  
STELLARE  
ATTRAVERSO LE  
IMMAGINI



Hubble Against Earth's Horizon

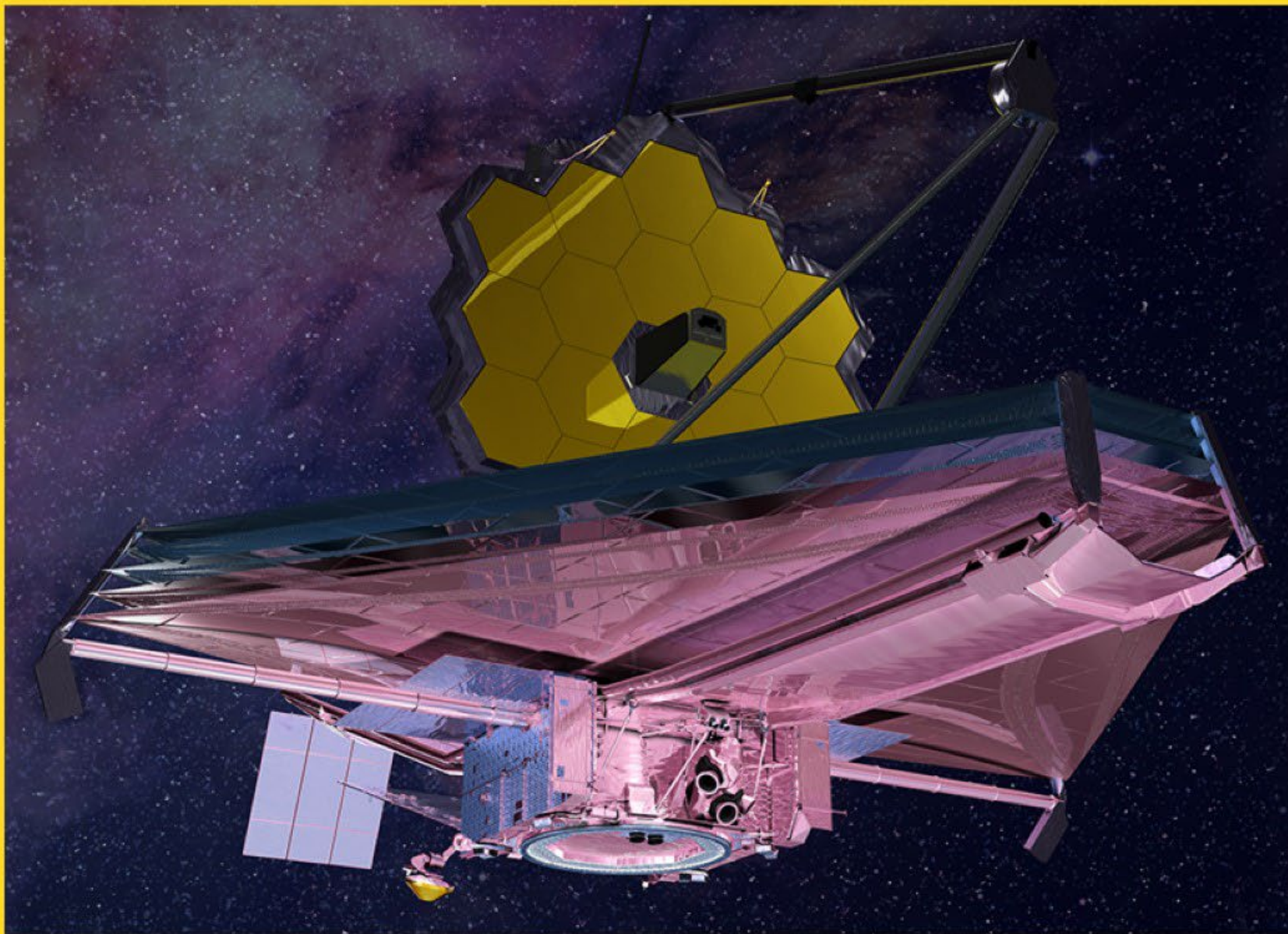
Image Credit: NASA, 1997



569 Km. di altezza.  
Specchio principale  
di 2,4 metri.  
Ogni 96' un'orbita

# POLVERE DI STELLE

L'EVOLUZIONE  
STELLARE  
ATTRAVERSO LE  
IMMAGINI



**JAMES WEBB TELESCOPE**

# POLVERE DI STELLE

L'EVOLUZIONE  
STELLARE  
ATTRAVERSO LE  
IMMAGINI

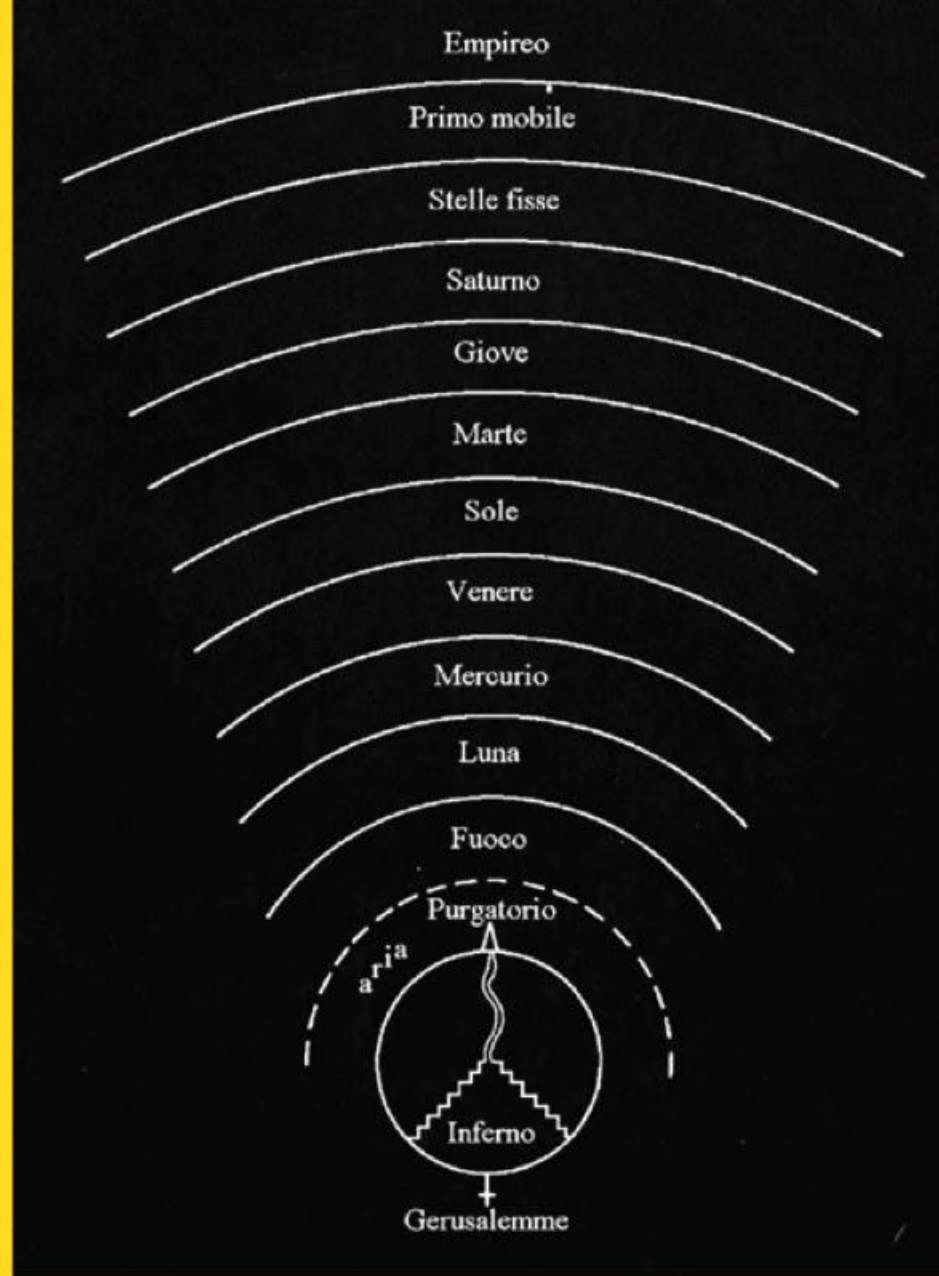




# POLVERE DI STELLE

L'EVOLUZIONE  
STELLARE  
ATTRAVERSO LE  
IMMAGINI

A cura di: **Dott. Gianfranco Durante**  
**Gruppo Astrofili Galileo**



# POLVERE DI STELLE

L'EVOLUZIONE  
STELLARE  
ATTRAVERSO LE  
IMMAGINI



In collaborazione con:



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:



Città di Alessandria



# POLVERE DI STELLE

L'EVOLUZIONE  
STELLARE  
ATTRAVERSO LE  
IMMAGINI

**«Gli uomini hanno delle stelle che non sono le stesse.  
Per gli uni, quelli che viaggiano, le stelle sono delle guide.  
Per gli altri non sono che delle piccole luci.  
Per altri, che sono dei sapienti, sono dei problemi...»**

Da «Il piccolo principe» di Antoine de Saint-Exupéry

# Che cosa vorremmo sapere delle stelle?



- La temperatura
- La massa
- La carica
- La distanza
- L'età
- Il diametro
- Lo spettro elettromagnetico
- Etc, etc...



**Ma fino a quando non saranno disponibili i viaggi interstellari le misure che possiamo fare dalla Terra sono limitate**

**un anno-luce = 9.000 miliardi di Km**

## COSA POSSIAMO MISURARE:

Noi possiamo esaminare la luce che proviene dalle stelle ed ottenere dati su:

- L'intensità della luce emessa
- La qualità (spettro) della luce emessa
- La distanza della stella, ricavata con il metodo delle variabili cefeidi o della parallasse

**Sono dati molto importanti da cui possiamo ricavare una quantità sorprendente di informazioni**



- La **luminosità** di una stella dipende dalla sua temperatura e dalla sua massa.
- La **temperatura** dipende dall'energia cinetica delle particelle di gas nel suo interno.
- La **massa** dipende dal numero di particelle.

**Perciò la temperatura e la massa di una stella determinano la quantità di energia che produce in un secondo, cioè la sua luminosità**

- Noi possiamo dedurre la temperatura di una stella dall'**analisi del suo spettro**: più la stella è calda più la sua luce è blu.

- Possiamo misurare la luminosità di una stella paragonandola a quella del Sole.
- Dalla temperatura e dalla luminosità possiamo risalire alla massa della stella.



# Le “magnitudini” delle stelle

La magnitudine di una stella indica quanto essa sia luminosa rispetto alle altre stelle.

- Ipparco nel II° secolo a.C aveva già catalogato un migliaio di stelle in sei gruppi di luminosità chiamati “magnitudini”.
- Le stelle della I° magnitudine sono le più luminose.
- Esse sono 100 volte più luminose di quelle della sesta magnitudine, che erano le più deboli che Ipparco potesse vedere.



I



II



III



IV



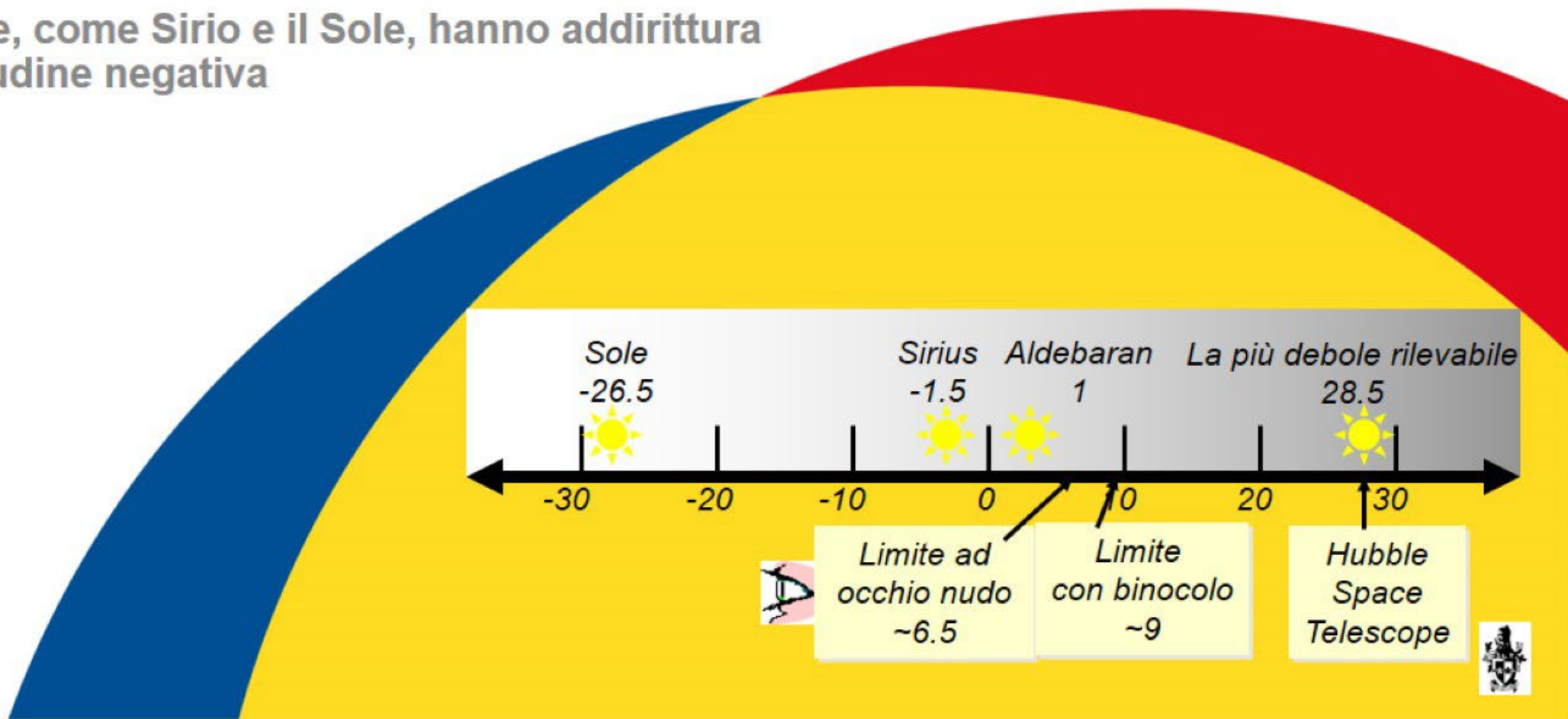
V



VI

Sfortunatamente questo ci lascia una scala che funziona contro il comune buon senso. Infatti nella scala della magnitudine:

- più una stella è luminosa più bassa sarà la sua magnitudine
- alcune stelle, come Sirio e il Sole, hanno addirittura una magnitudine negativa





## Solo per i Terrestri

Questa definizione di magnitudine visuale apparente non riguarda un Marziano, ma certamente una forma di vita che si è evoluta in un pianeta dove l'atmosfera lascia passare la luce nella lunghezza d'onda da 400 a 700 nm, ed è quello che i nostri occhi possono vedere.



La magnitudine apparente di una stella,  $m_v$ , è la luminosità come appare vista dalla Terra.

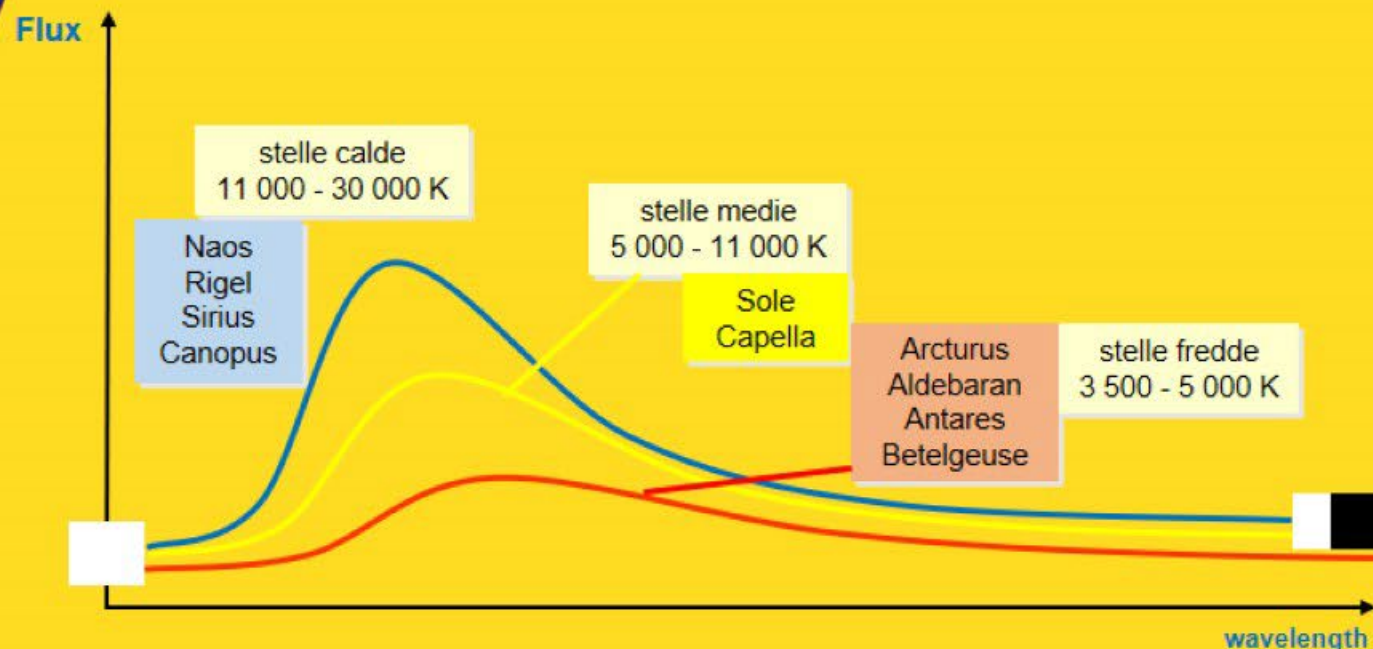
La magnitudine assoluta,  $M_v$ , è la luminosità di una stella vista alla distanza di 10 parsec\*.

Star	$m_v$	$M_v$	d(a.l.)
Sun	-26.8	4.83	0
Alpha Centauri A	4.38	0.1	4.3
Canopus	-0.72	-3.1	98
Rigel	0.14	-7.1	900
Deneb	1.26	-7.1	1600

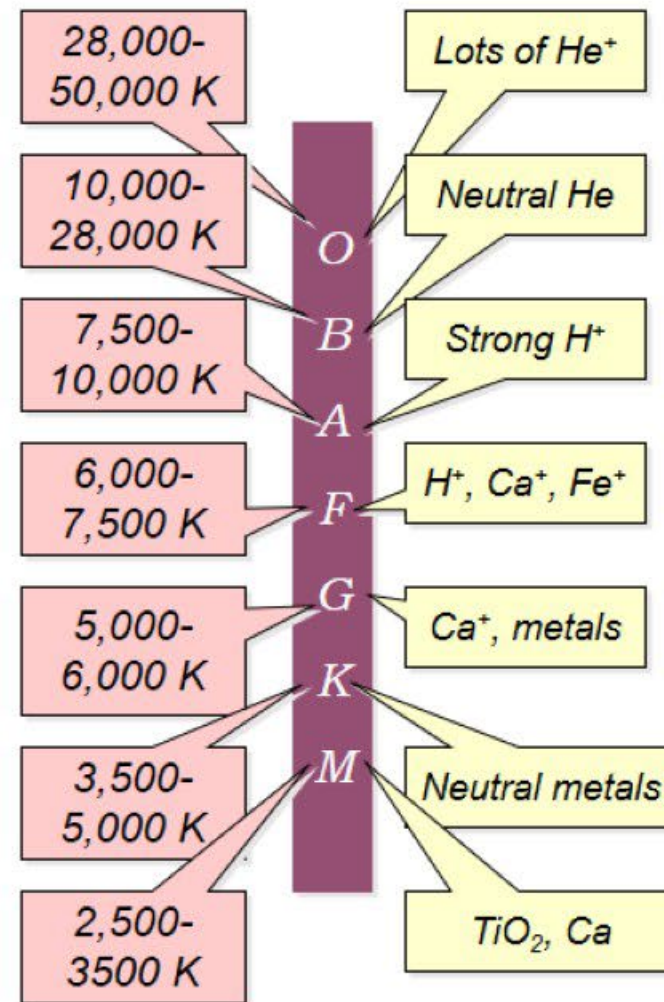
\*1 parsec = 3,26 anni luce

# I colori delle stelle

Il colore di una stella è dato dal colore prevalente nel suo spettro, Inoltre il colore indica la temperatura superficiale di una stella

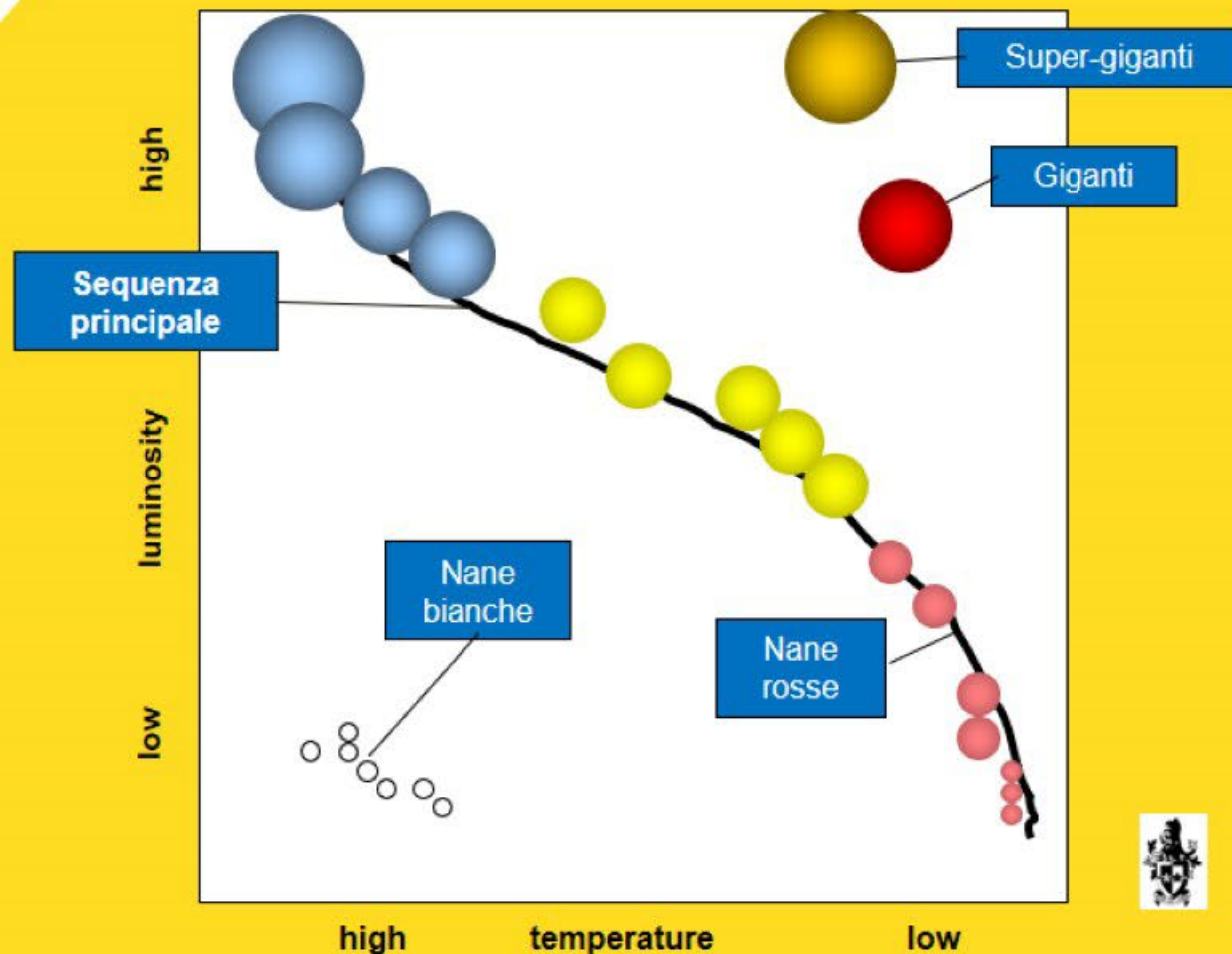


**Dal 1920 si potè stabilire un legame tra classi spettrali e temperatura superficiale.**

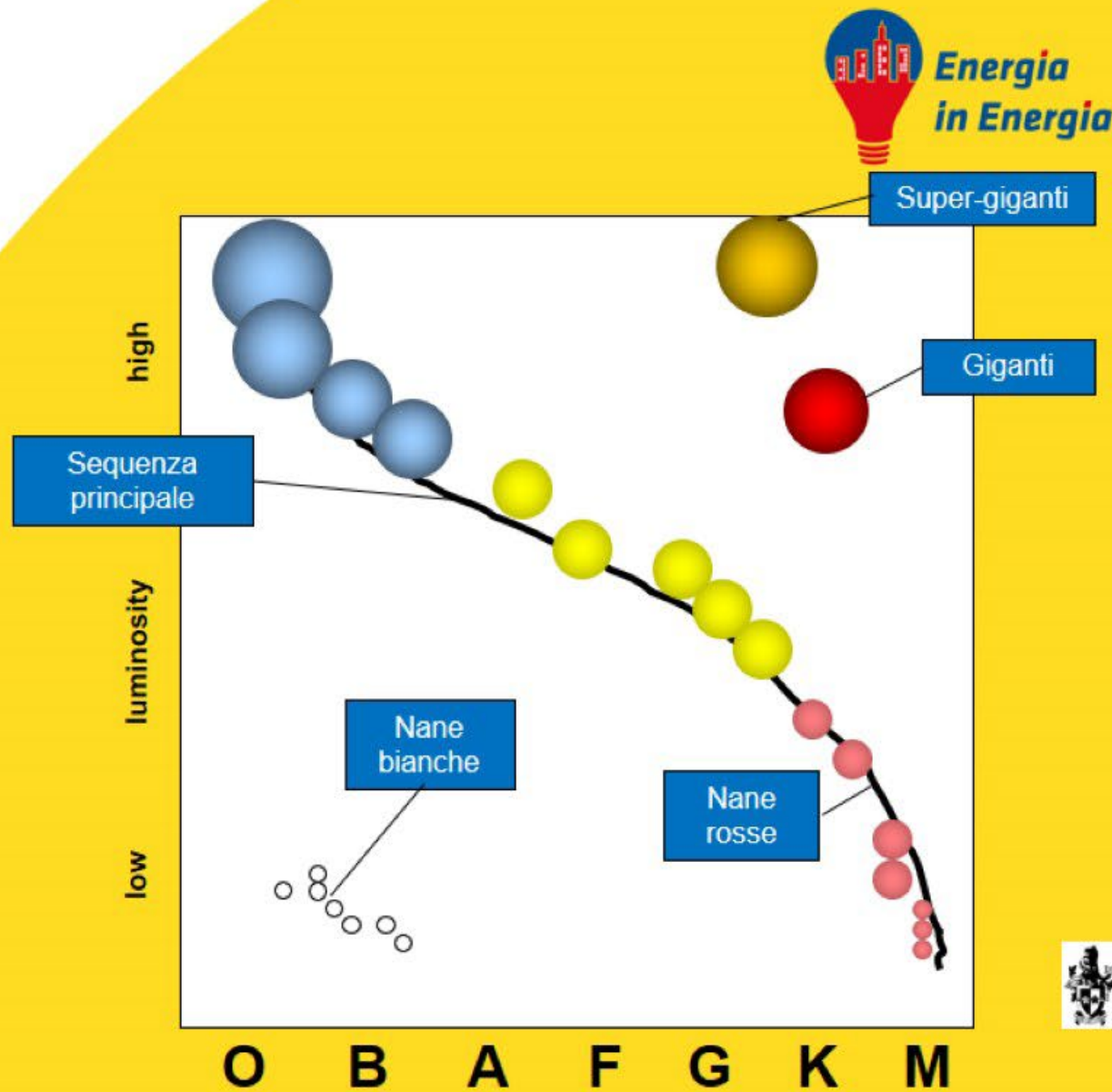


# Il diagramma H-R

Abbiamo quindi gli elementi  
(L e T) per catalogare le stelle

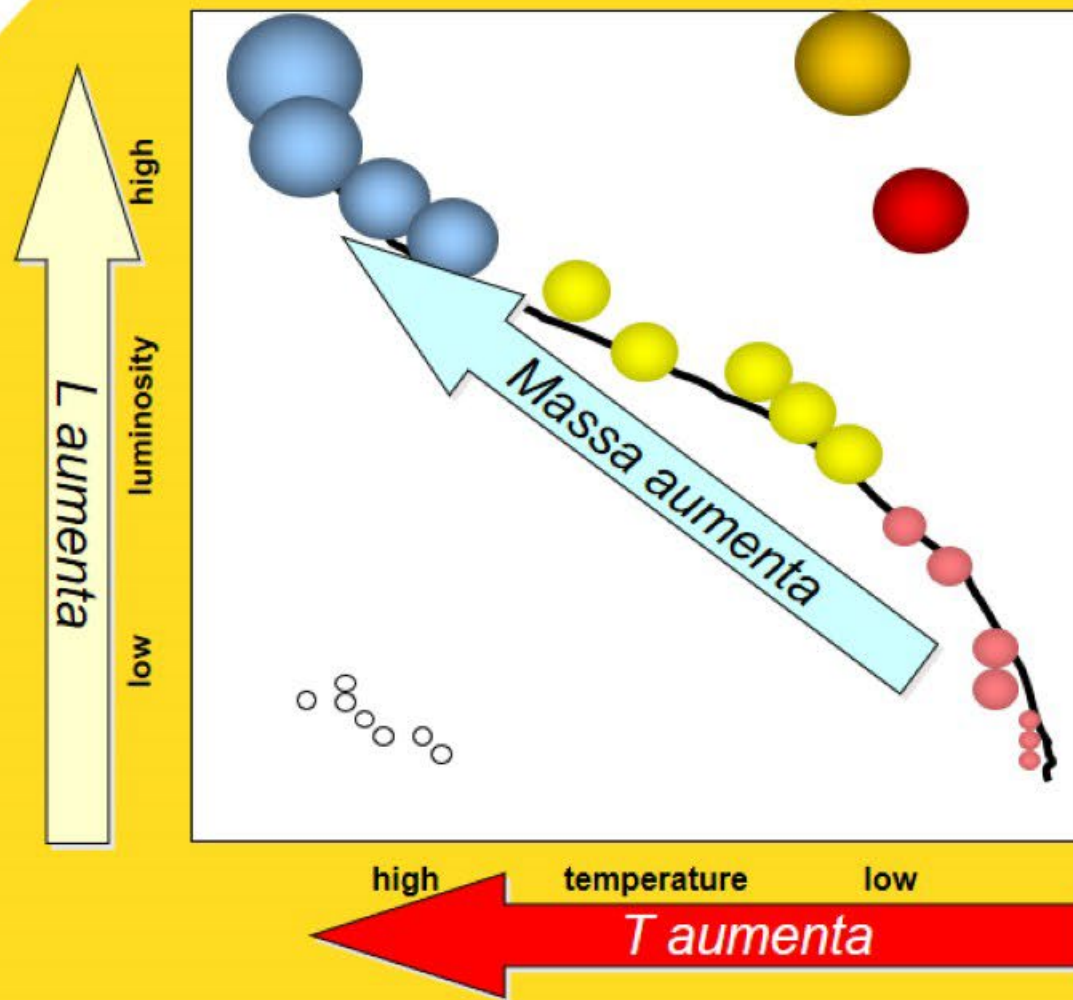


# Il diagramma H-R e le classi spettrali





# Il diagramma H-R





# DOVE NASCONO LE STELLE



# DOVE NASCONO LE STELLE



# DOVE NASCONO LE STELLE



# DOVE NASCONO LE STELLE



Horsehead Nebula



Hubble  
Heritage

NASA, ESA, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) • Hubble Space Telescope WFPC2 • STScI-PRC01-12

**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**



In collaborazione con:



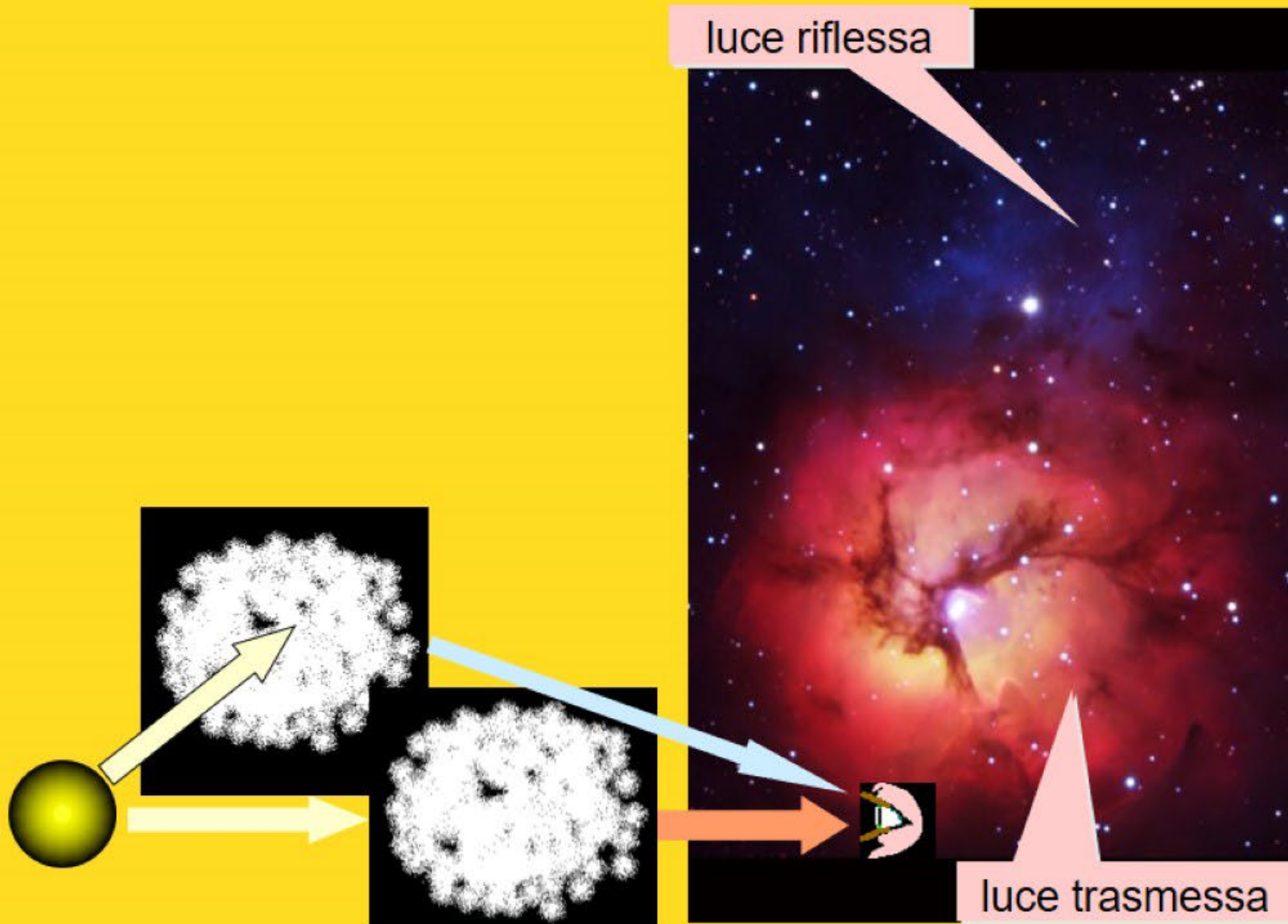
Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:





# DOVE NASCONO LE STELLE



*Un effetto combinato*

**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**





*Il telescopio spaziale Hubble sta colmando ampi vuoti nella nostra conoscenza sulla formazione delle stelle fornendoci immagini mai viste prima di stelle, e probabilmente di pianeti, in formazione nella nostra galassia, la Via Lattea*

# DOVE NASCONO LE STELLE



**Orion Nebula Mosaic**

**HST • WFPC2**

PRC95-45a · ST ScI OPO · November 20, 1995

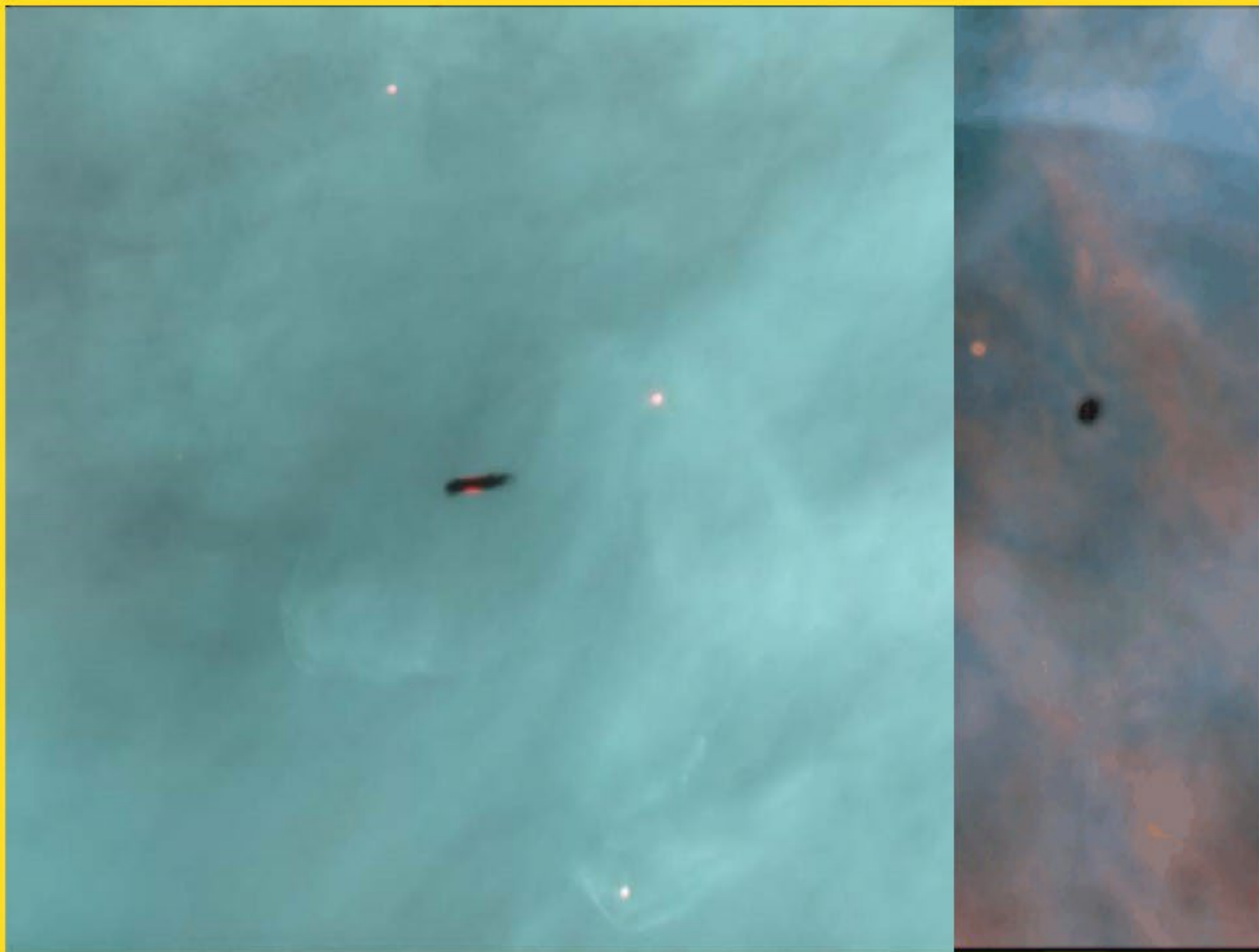
C. R. O'Dell and S. K. Wong (Rice University), NASA



*Hubble ha fotografato più di cento dischi  
PROTOPLANETARI attorno a giovani stelle  
che si stanno formando.*

*Questi dischi potrebbero diventare pianeti,  
da qui il loro nome.*

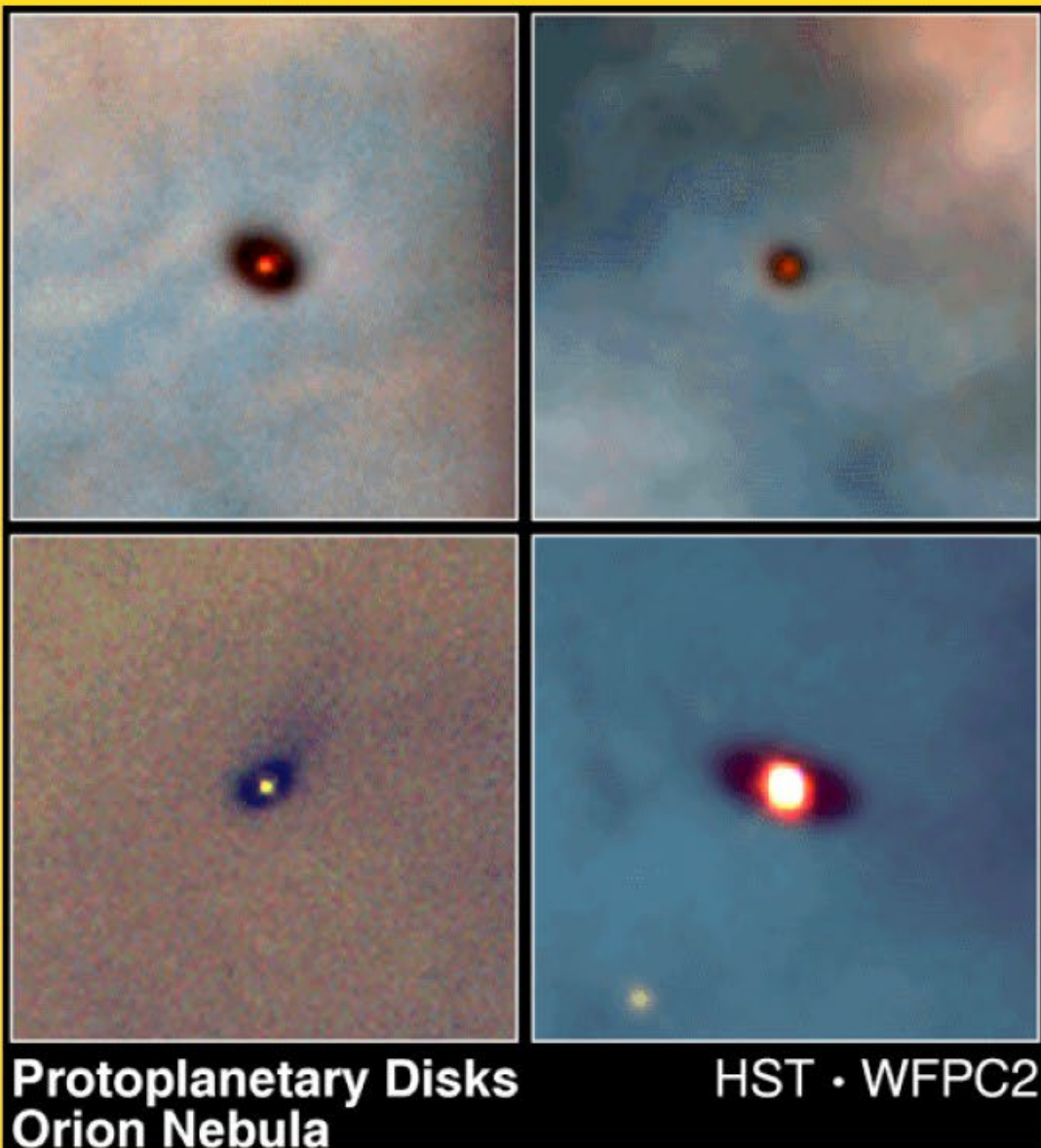
**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**



*I dischi protoplanetari sono formati da gas e polveri e sono stati fotografati per la prima volta nel 1992*

*Probabilmente sono sistemi solari embrionari*

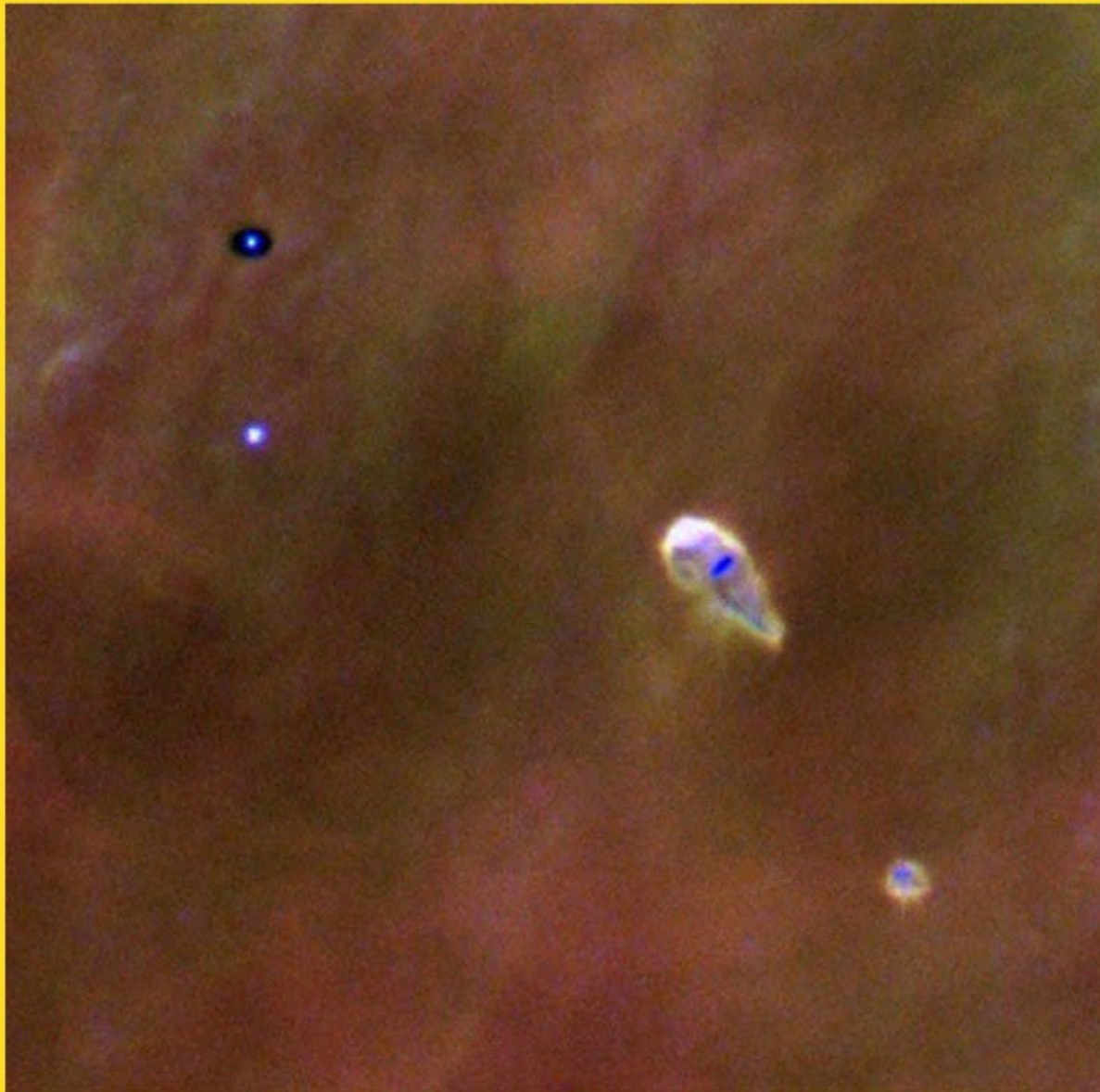
**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**



*L'immagine rossa al centro è una nuova stella che si è formata circa un milione di anni fa.*

**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**





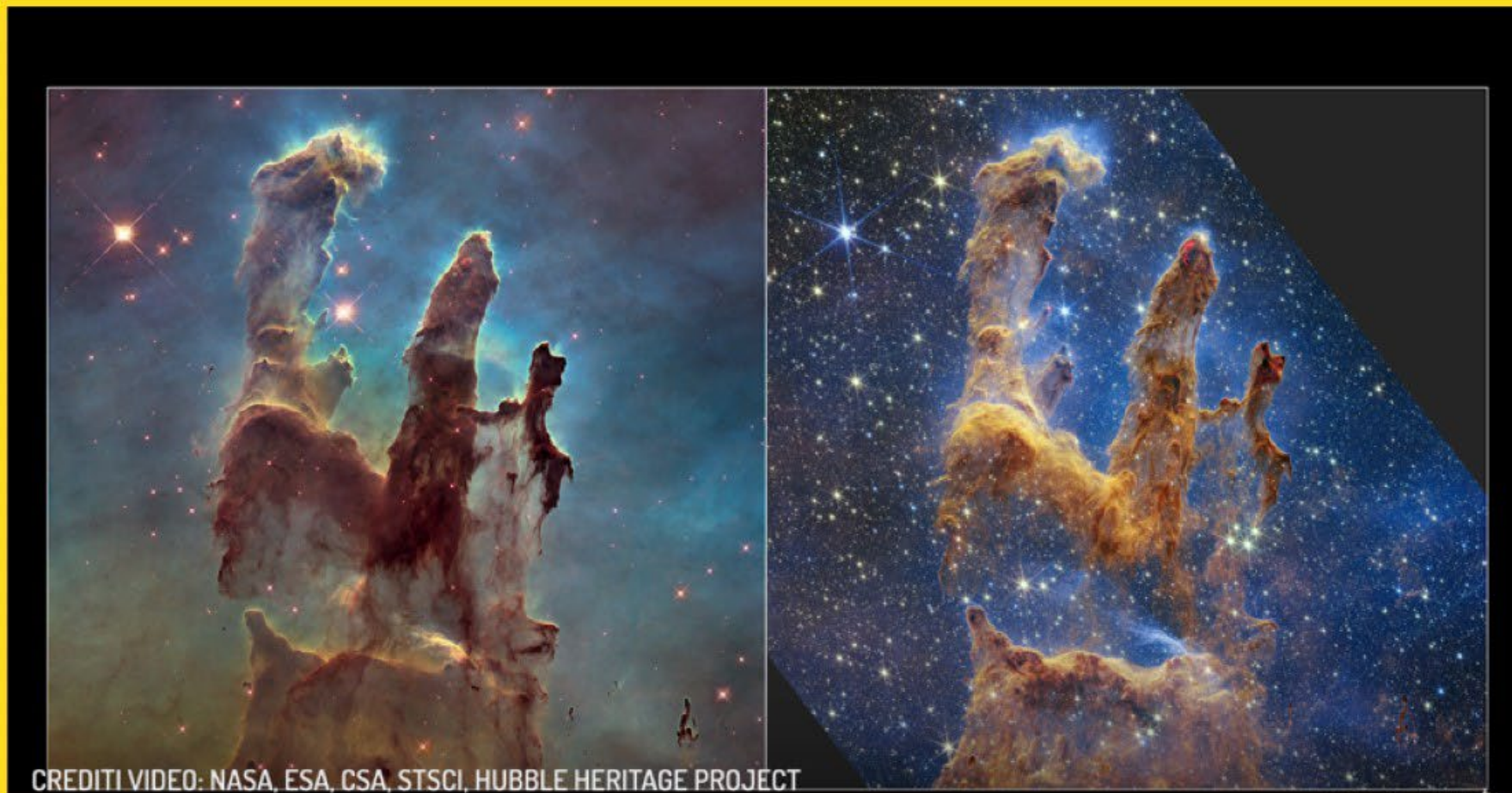
*L'immagine più grande è un disco con il diametro di due volte il nostro sistema solare. Attorno al disco vi è un involucro di gas caldo che viene spazzato via dalla radiazione delle giovani stelle vicine.*

**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**



*In questa immagine del centro della nebulosa di Orione si vedono le 4 stelle del Trapezio che stanno facendo evaporare il gas che circonda i vicini dischi protoplanetari, che assumono la forma di code di comete*

**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**



CREDITI VIDEO: NASA, ESA, CSA, STSCI, HUBBLE HERITAGE PROJECT

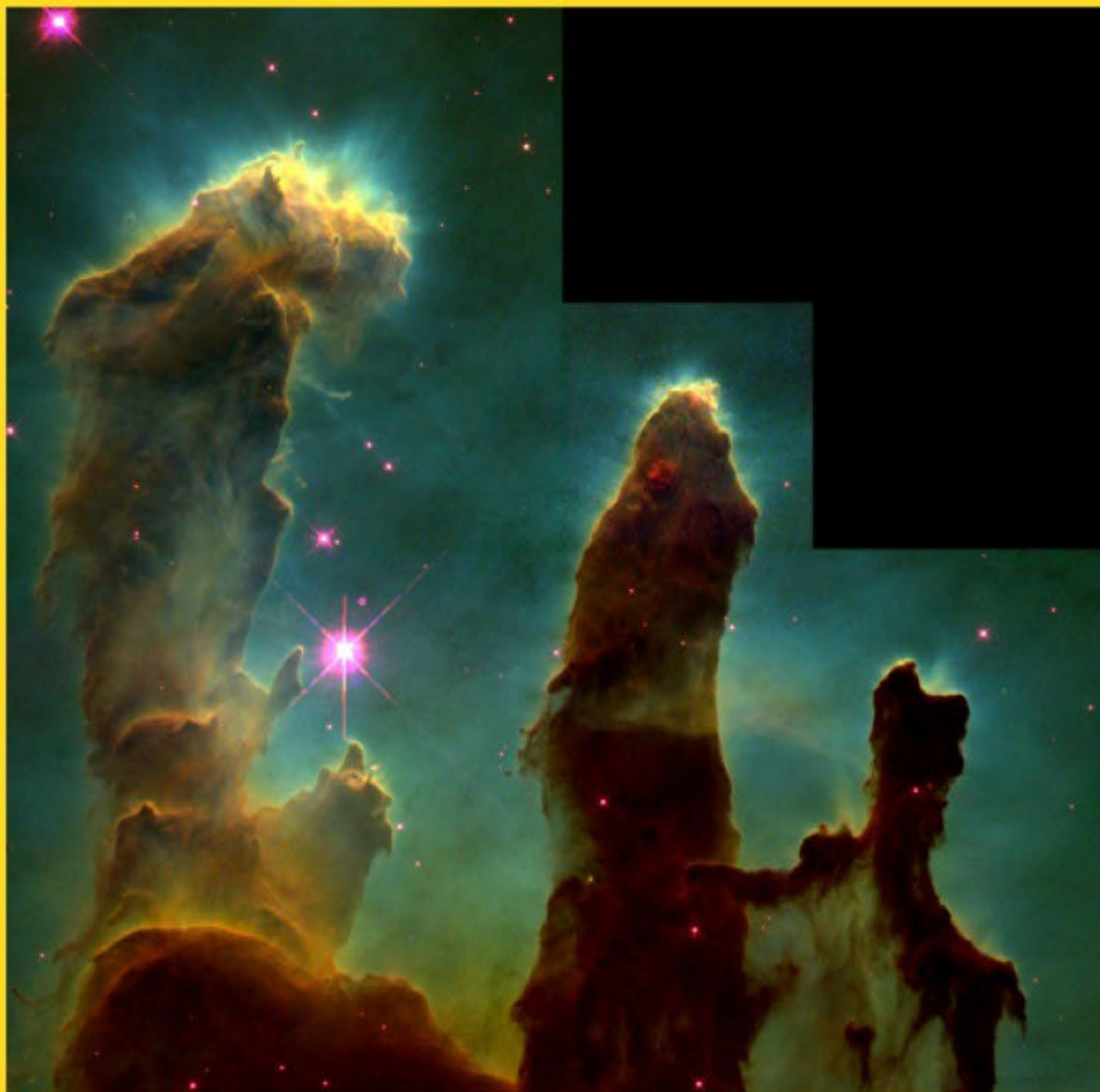


*I pilastri di gas e polveri sono sede di intensa formazione di stelle*

# DOVE NASCONO LE STELLE

## LA NEBULOSA AQUILA (M 16)

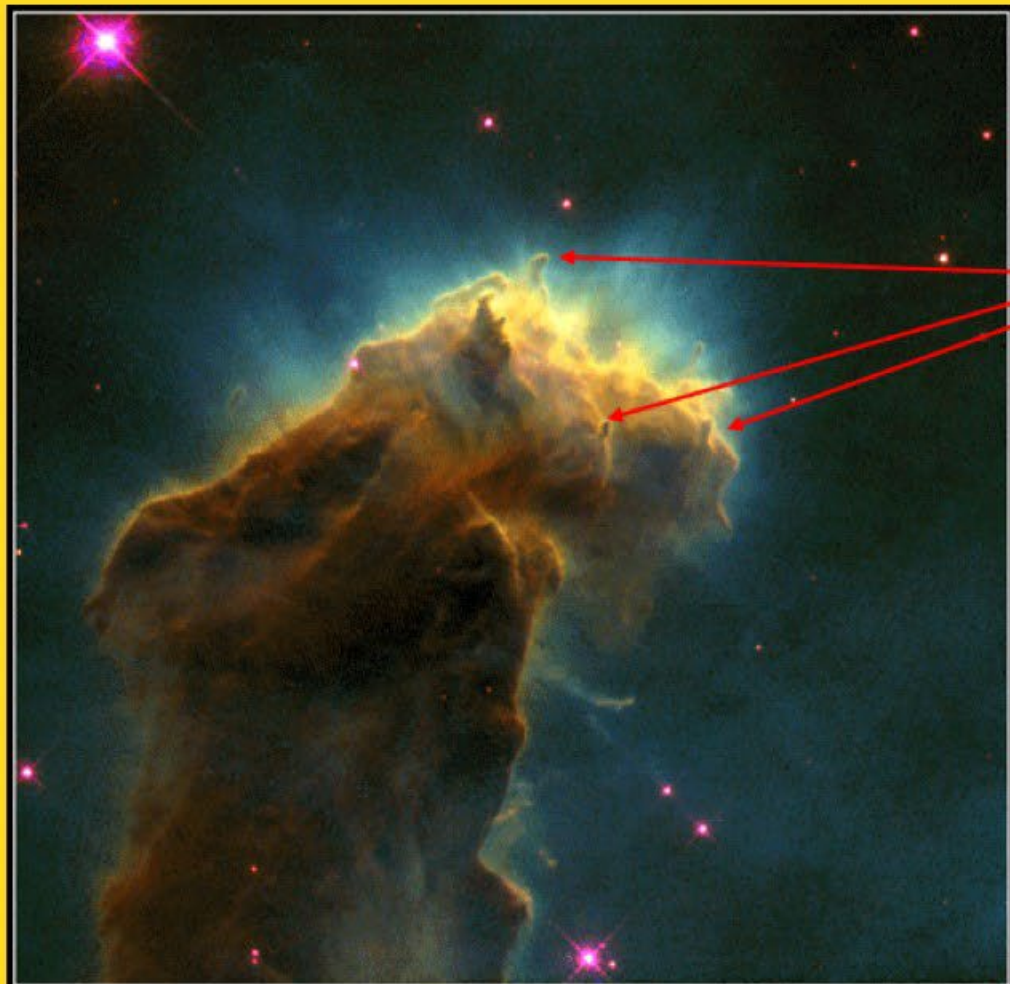




*I Pilastri della Creazione*

# DOVE NASCONO LE STELLE





**Star-Birth Clouds · M16**

**HST · WFPC2**

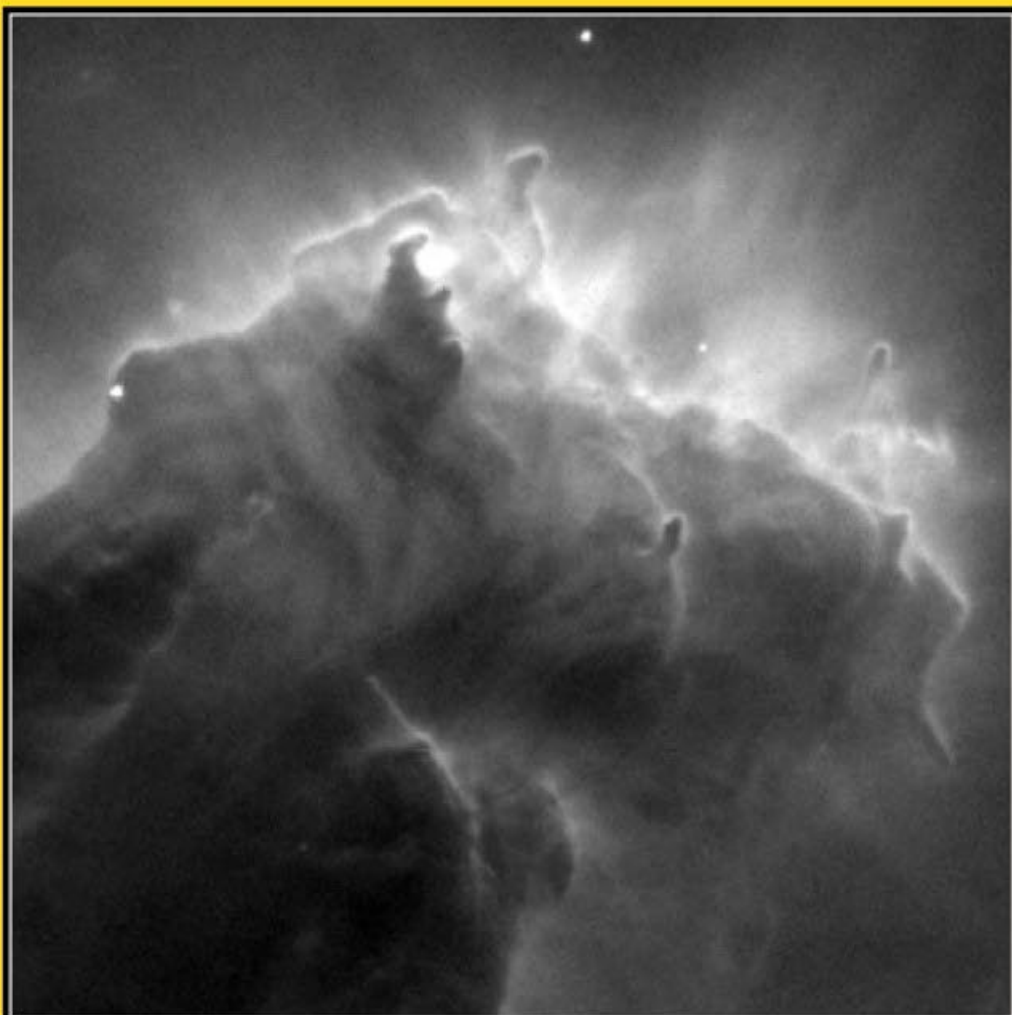
PRC95-44b · ST Sci OPO · November 2, 1995  
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.), NASA

Queste formazioni allungate contengono protostelle in formazione.

La radiazione emessa da stelle neonate soffia via una parte del gas e della polvere in cui esse sono immerse.

**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**





**Evaporating Globules · M16** HST · WFPC2

PRC95-44c · ST ScI OPO · November 2, 1995  
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.), NASA

# DOVE NASCONO LE STELLE



# DOVE NASCONO LE STELLE



© Anglo-Australian Observatory



*Quando un gruppo di giovani stelle si forma dentro ad una nube di gas e polveri i loro venti stellari puliscono lo spazio circostante.*

*La nebulosa Rosetta, a 4500 a.l da noi, è stata la culla di giovani, calde, stelle **blu** nel suo centro. Ora stanno modificando pesantemente la loro casa.*

# DOVE NASCONO LE STELLE



 **GLOBULI  
COMETARI**

**DOVE  
NASCONO  
LE STELLE**



# DOVE NASCONO LE STELLE



*Molte informazioni provengono dallo studio degli ammassi stellari, che possono essere aperti o globulari. Esaminiamo gli ammassi aperti che sono formati da 100 a 1000 stelle sparse in poche decine di a.l.*

## DOVE NASCONO LE STELLE



*Le stelle di un ammasso, essendo nate dalla stessa nube di gas, hanno la stessa età e la stessa composizione.*

Osservare le stelle di un ammasso è come guardare una foto di famiglia con nonni, genitori e nipoti, cioè avremo un quadro della loro storia evolutiva. A differenza di noi che abbiamo una uguale aspettativa di vita, le stelle di un ammasso, pur essendo nate contemporaneamente hanno una durata che dipende inversamente dalla loro massa.

# DOVE NASCONO LE STELLE

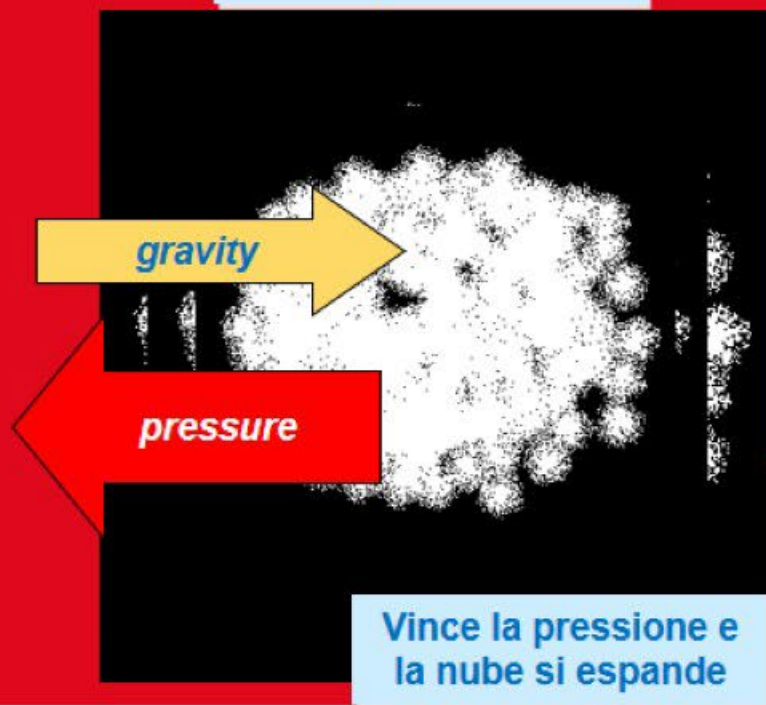


# Come nascono le stelle

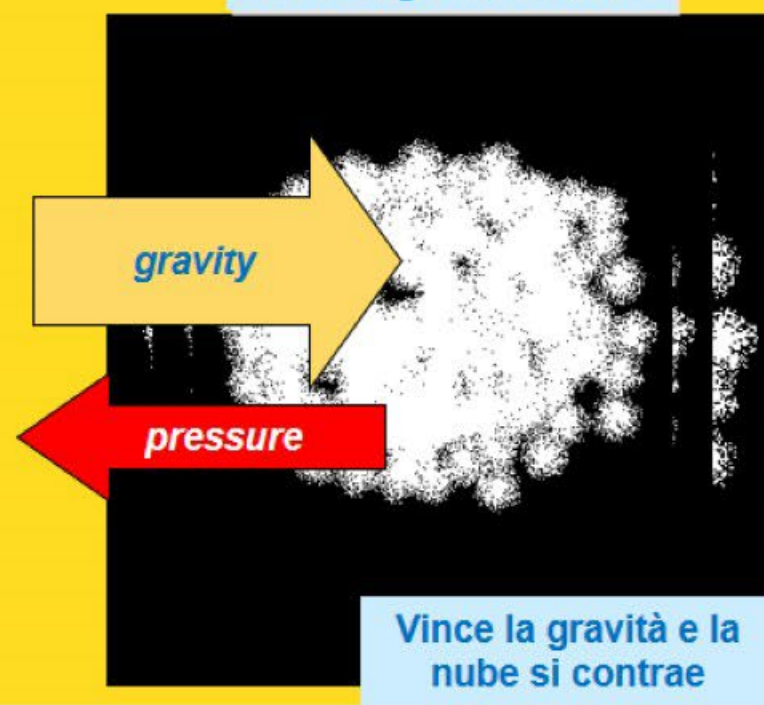
Le nubi che danno origine alle stelle sono grandi un centinaio di a.l. e hanno masse che possono arrivare al milione di masse solari.



Nubi di piccola massa



Nubi di grande massa



Una **FUSIONE** in  
una stella vicina  
può emettere  
violenti venti  
stellari di idrogeno  
(H II)

Un'**ONDA d'URTO**  
può viaggiare nella  
galassia creando  
delle condensazioni  
nelle nubi di gas

Una  
**COLLISIONE**  
con un'altra  
nube molecolare

**Come ha inizio la  
condensazione di  
una nube di gas?**



La contrazione continua causando un aumento di temperatura e di densità del nucleo.

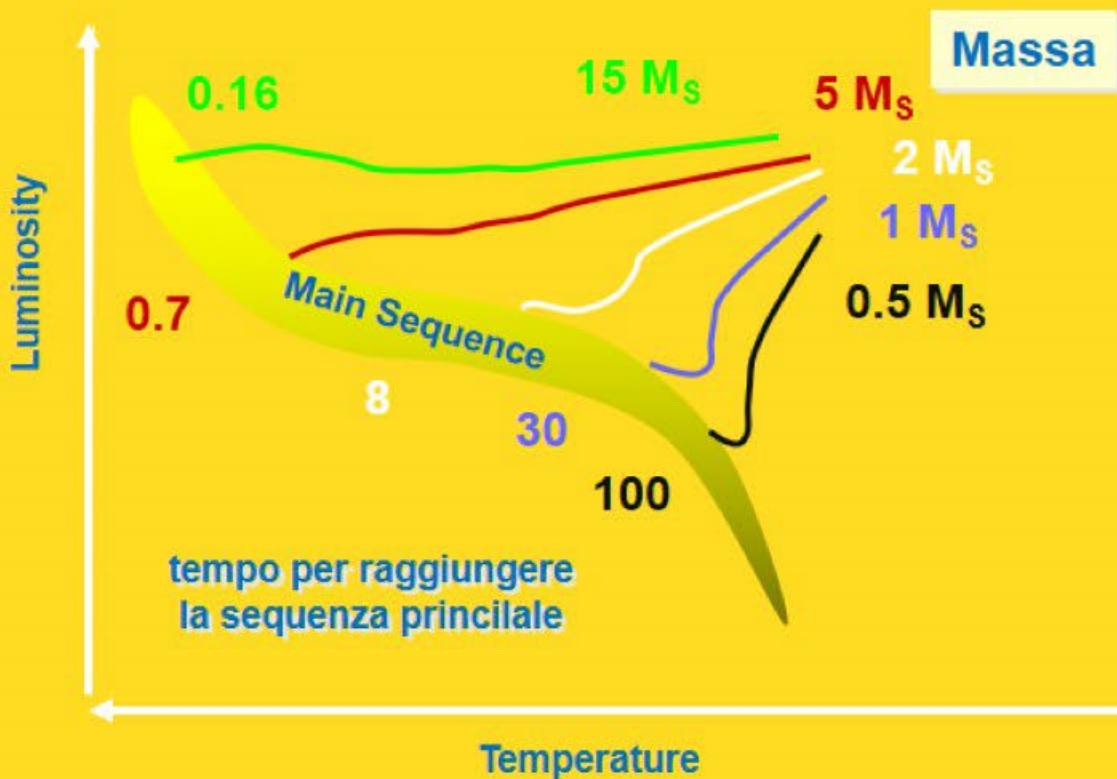
Sino a quando un giorno improvvisamente...




# Raggiungere la sequenza principale

Una stella come il Sole impiega 30 milioni di anni!

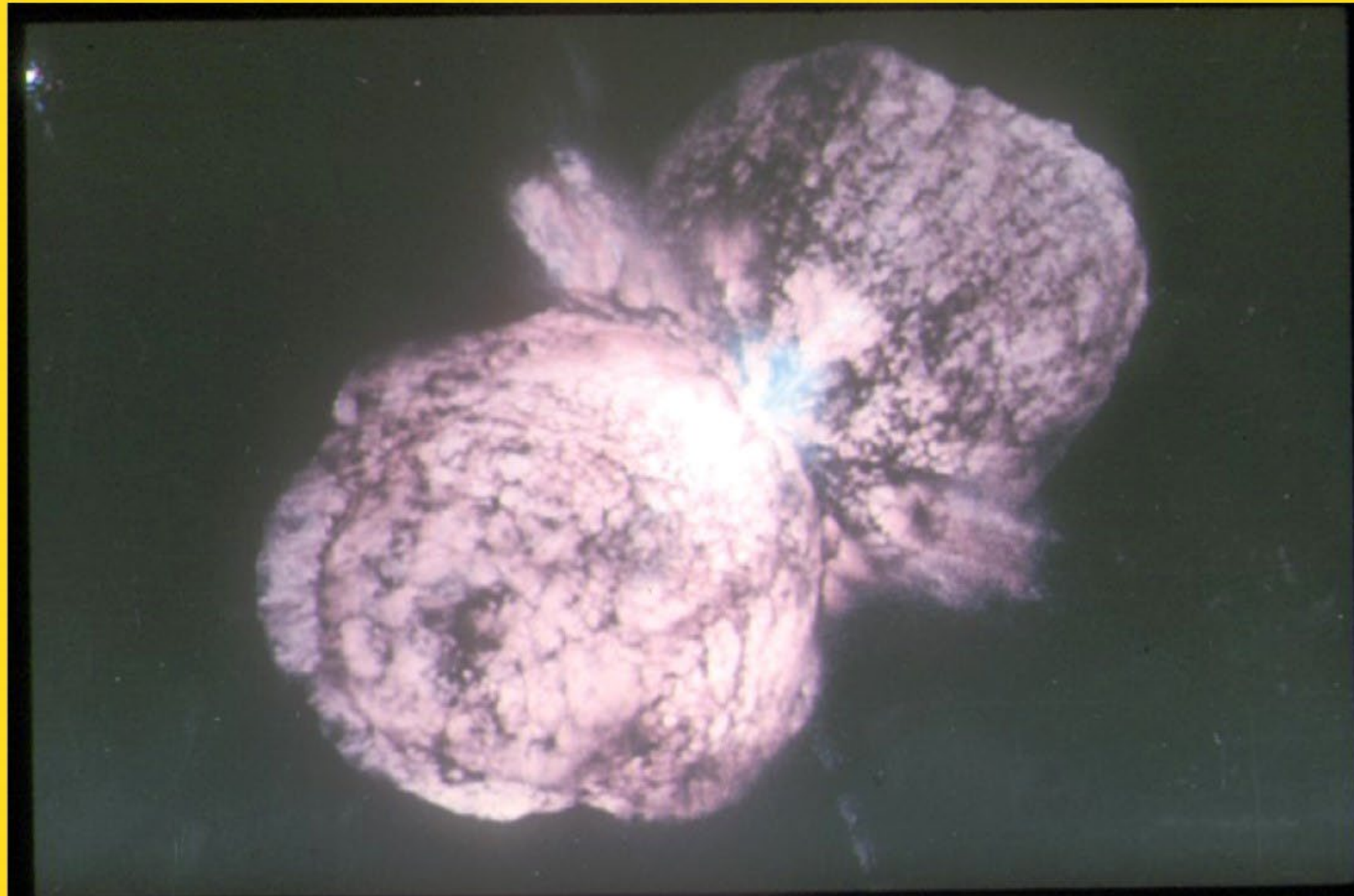
- Alla vostra destra potete vedere come stelle con masse diverse raggiungono la sequenza principale, in raffronto al Sole
- I tempi sono in milioni di anni





 *E' un processo  
non privo di  
inconvenienti...*

# COME NASCONO LE STELLE

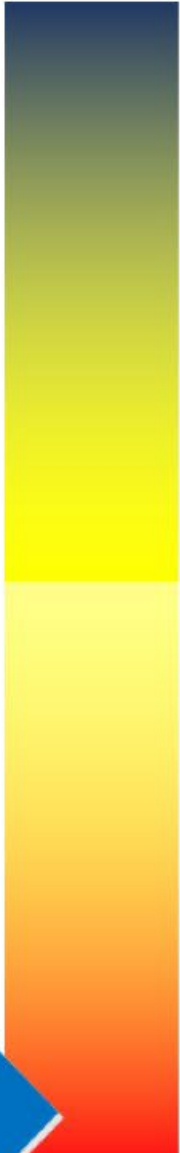


# Fusione a basse temperature

- Durante il ciclo p-p l'idrogeno è convertito in elio
- Sei protoni (nuclei di H) si fondono a formare un nucleo di He, espellendo due protoni, due positroni, due neutrini e due raggi gamma nel processo:



- **Temperatura richiesta: almeno 8 million K.**
- non è una temperatura bassa per noi umani ma è la più bassa a cui possa avvenire una reazione nel nucleo di una stella.



p-p cycle  
Core: 8 million K

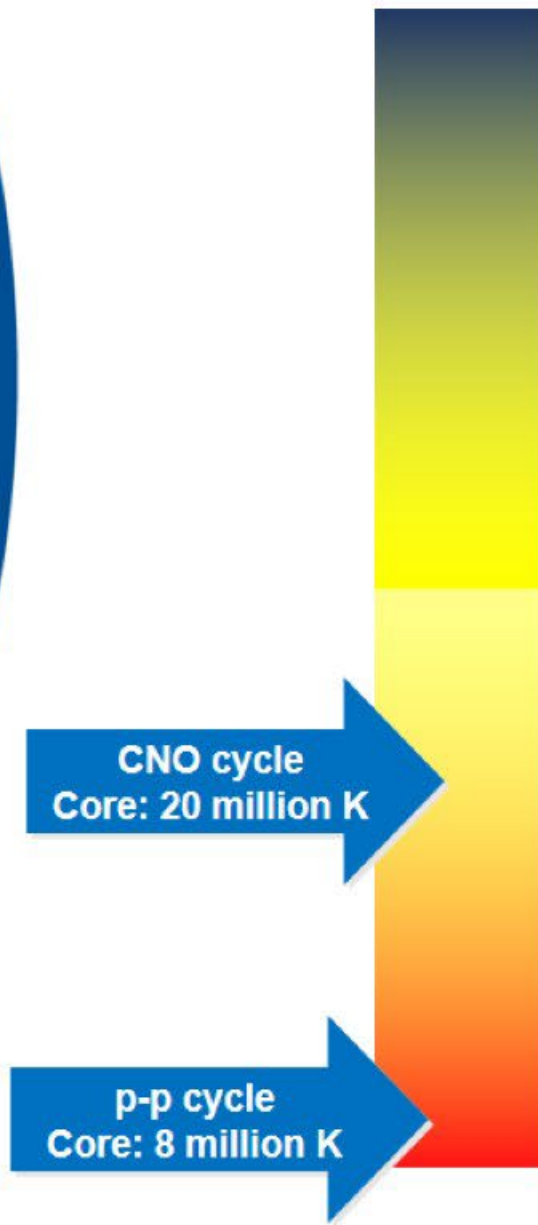


# Fusione a medie temperature

Se una stella ha abbastanza massa, la temperatura e la pressione all'interno saranno sufficienti per un'altra reazione: la conversione di H in He usando catalizzatori ed intermediari come: Carbonio, Azoto e Ossigeno.

Questo è chiamato il ciclo CNO.

Temperatura richiesta: oltre 20 milioni K.



# Fusione ad alta temperatura

Il passo successivo è la reazione: triplo-alfa

Tre particelle alfa (nuclei di He) si fondono a formare un atomo di carbonio

Temperatura richiesta: almeno 100 million K.



Triple-alpha reaction  
Core: 100 million K

CNO cycle  
Core: 20 million K

p-p cycle  
Core: 8 million K





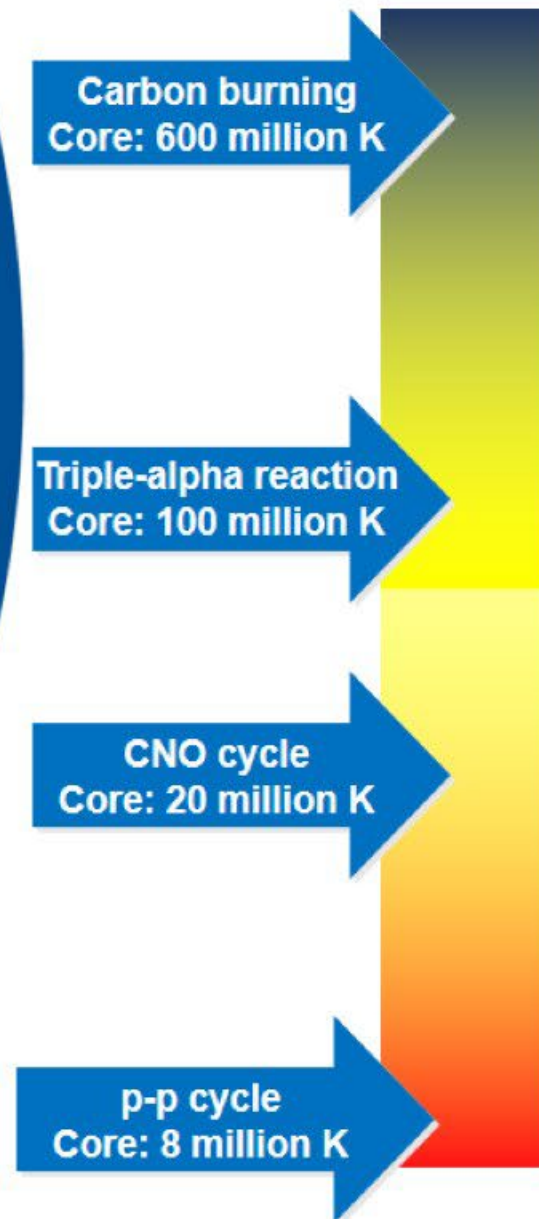
# Temperatura molto alta

Se si hanno temperature e pressioni veramente molto alte si possono avere tutta una serie di altre nucleosintesi.

Quando il carbonio ed altri elementi più pesanti iniziano a “bruciare”, cioè a fondere, si originano molti prodotti sino al Ferro

Quasi tutto il Ferro si è prodotto in questo modo. La nostra Terra ha un nucleo di Fe di 7000 Km di diametro!

Temperatura richiesta: 600 million K.

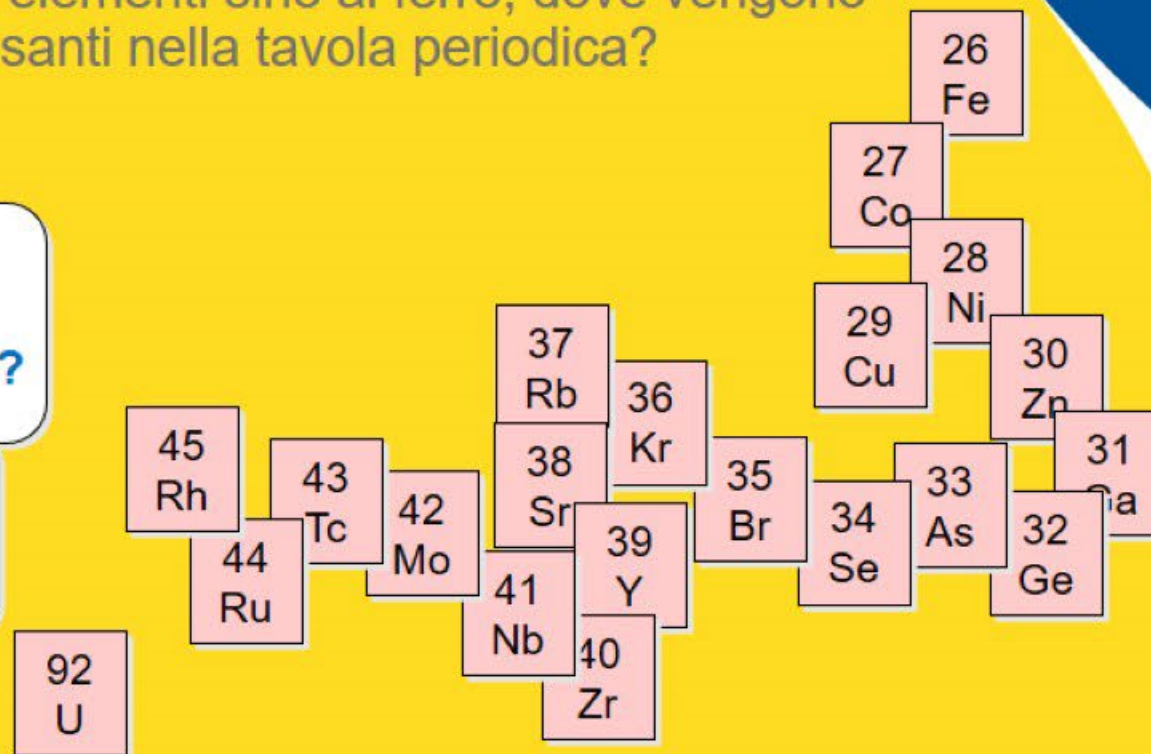


# Ma allora da dove proviene tutto il resto?

Se le stelle possono produrre elementi sino al ferro, dove vengono prodotti quelli più pesanti nella tavola periodica?

**Stop stop stop!**  
Ma quanti elementi ci sono?

L'ultimo naturale è l'uranio,  
e sappiamo bene quanto sia stabile...!



**Ci vogliono temperature e pressioni molto alte quindi... come quando una stella esplode**

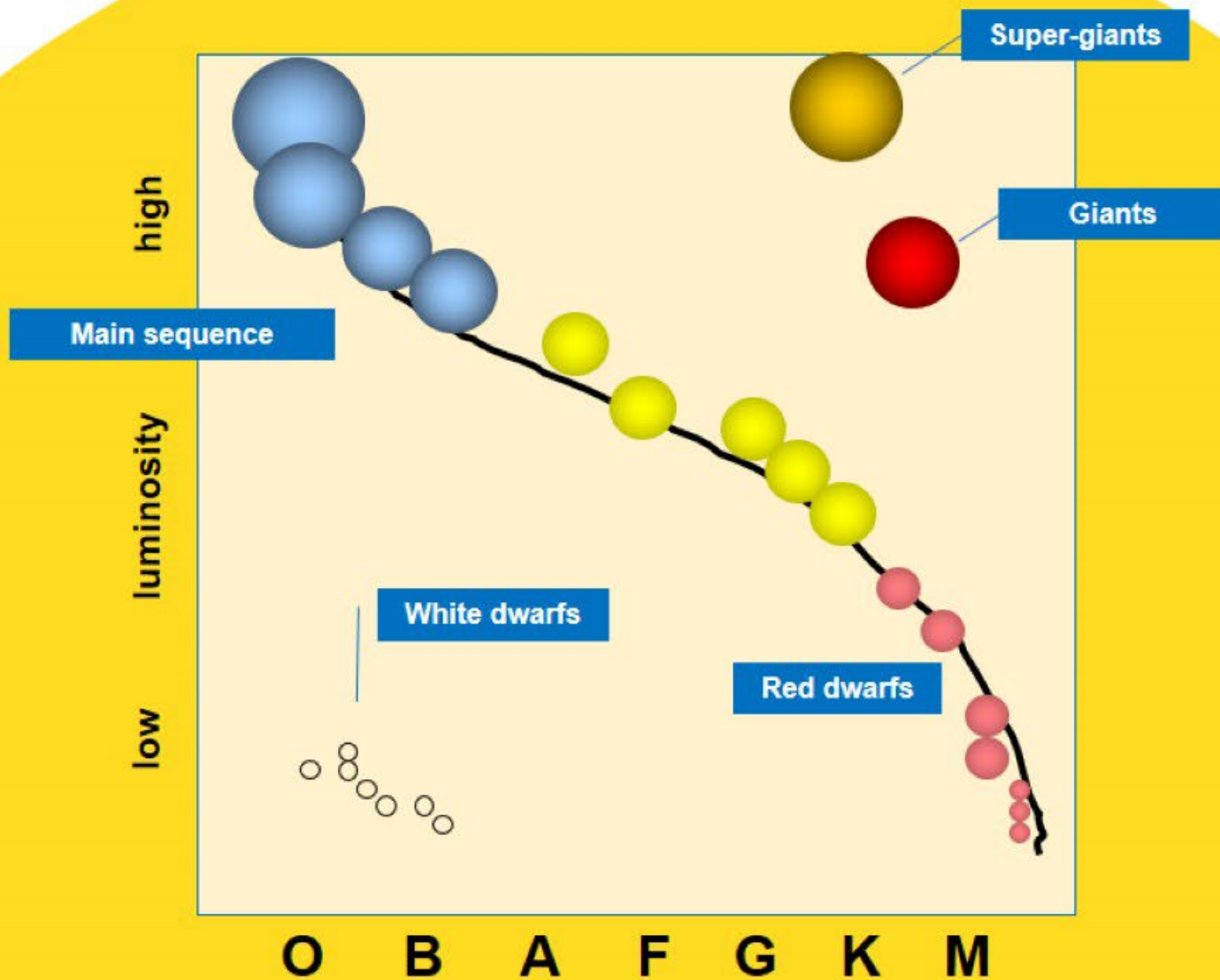
**Gli elementi più pesanti si formano nelle supernovae, la fine violenta, esplosiva di molte stelle di massa media**

# Quanto a lungo vive una stella?



Il grafico mostra come la massa di una stella determini il tempo di permanenza nella sequenza principale

0.4 masse solari	M class	200 miliardi di anni
1 masse solari	G2 class	10 miliardi di anni
3.3 masse solari	A class	500 milioni di anni
40 masse solari	O2 class	1 milione di anni



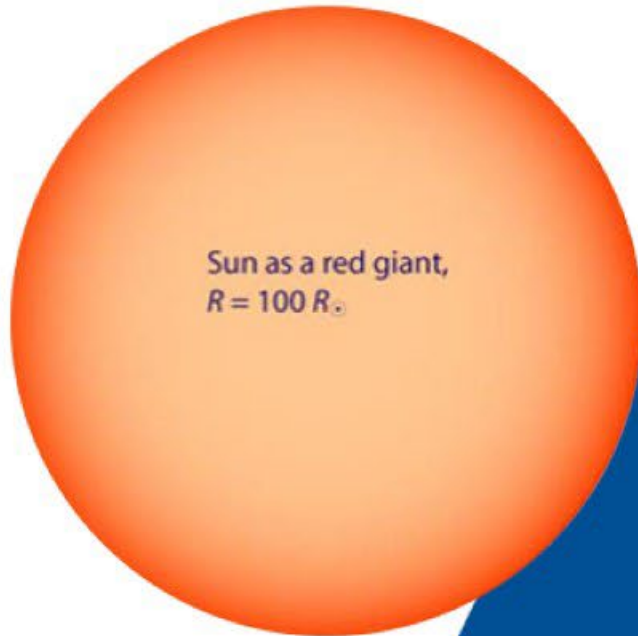
# EVOLUZIONE STELLARE I

## Stelle di massa molto piccola:

- non si va oltre la fusione dell'idrogeno; una volta trasformatosi in elio resta un nucleo di elio sovrastato da un guscio di idrogeno, mentre va verso la morte termica.
- I tempi di evoluzione di queste stelle nane rosse sono talmente lunghi, centinaia di miliardi di anni, che non le possiamo ancora osservare.

# Evoluzione stellare II

## Stelle di massa solare:



- Quando nel nucleo l'H è stato trasformato in He si ha un "core" dove non avvengono più reazioni ed uno strato intermedio dove avviene ancora la fusione dell'H.
- La stella si espande e si raffredda, diventando molto più luminosa: il Sole diventerà quindi una **GIGANTE ROSSA**.
- Questo processo durerà 2 miliardi di anni.

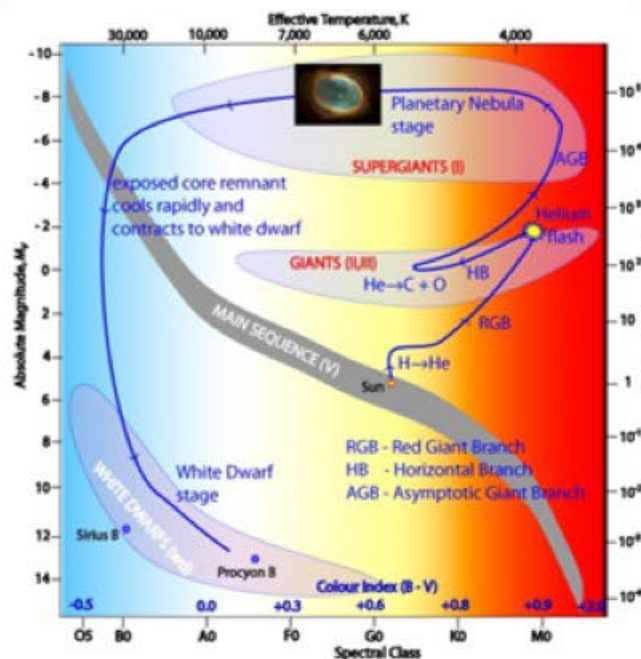
# Evoluzione stellare II

## Stelle di massa solare

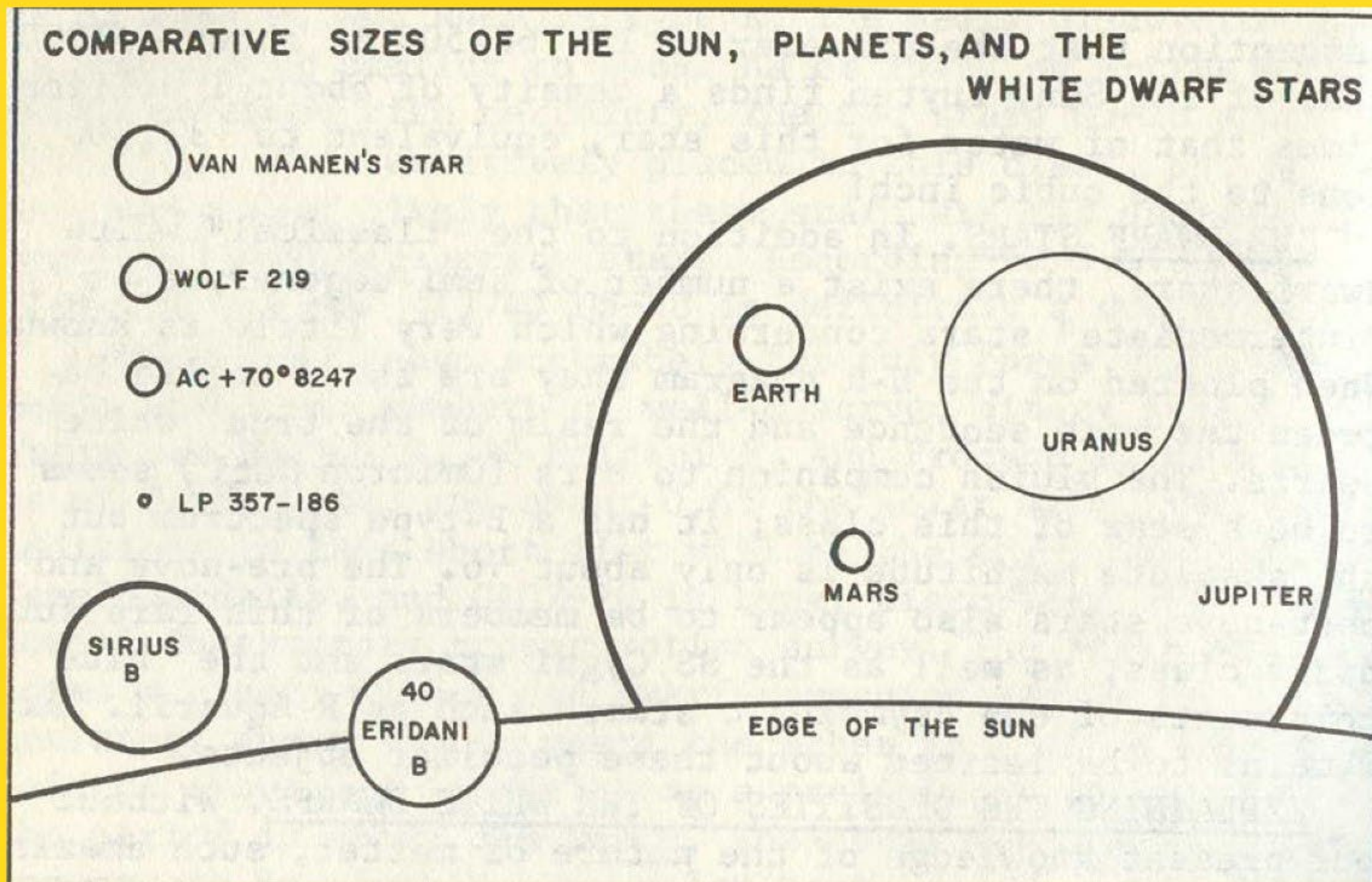
Mentre forti venti stellari soffiano via sino al 30% della massa solare il nucleo di He si contrae ed a 80 milioni di gradi inizia la sintesi di C e O. E' il cosiddetto "Helium flash"

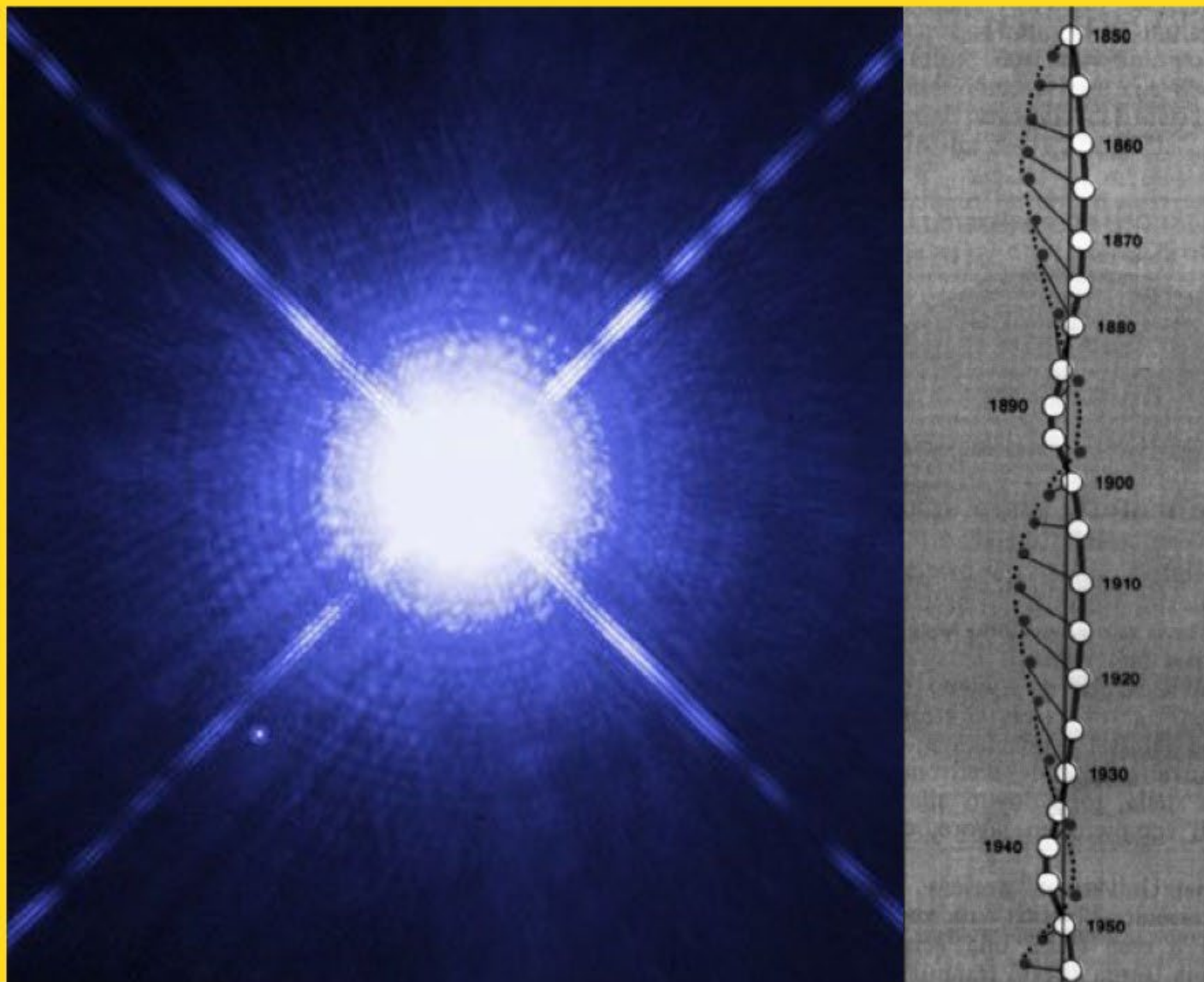
Dopo 70-80 mil. di anni il processo termina e la stella diventa instabile (variabile), sino a che espelle i suoi strati più esterni mettendo a nudo il nucleo

Una nana bianca è una stella che racchiude in un diametro di 10000 Km l'intera massa solare. La sua densità è 1 milione di volte quella dell'acqua. In un tempo molto lungo diventerà una nana nera.











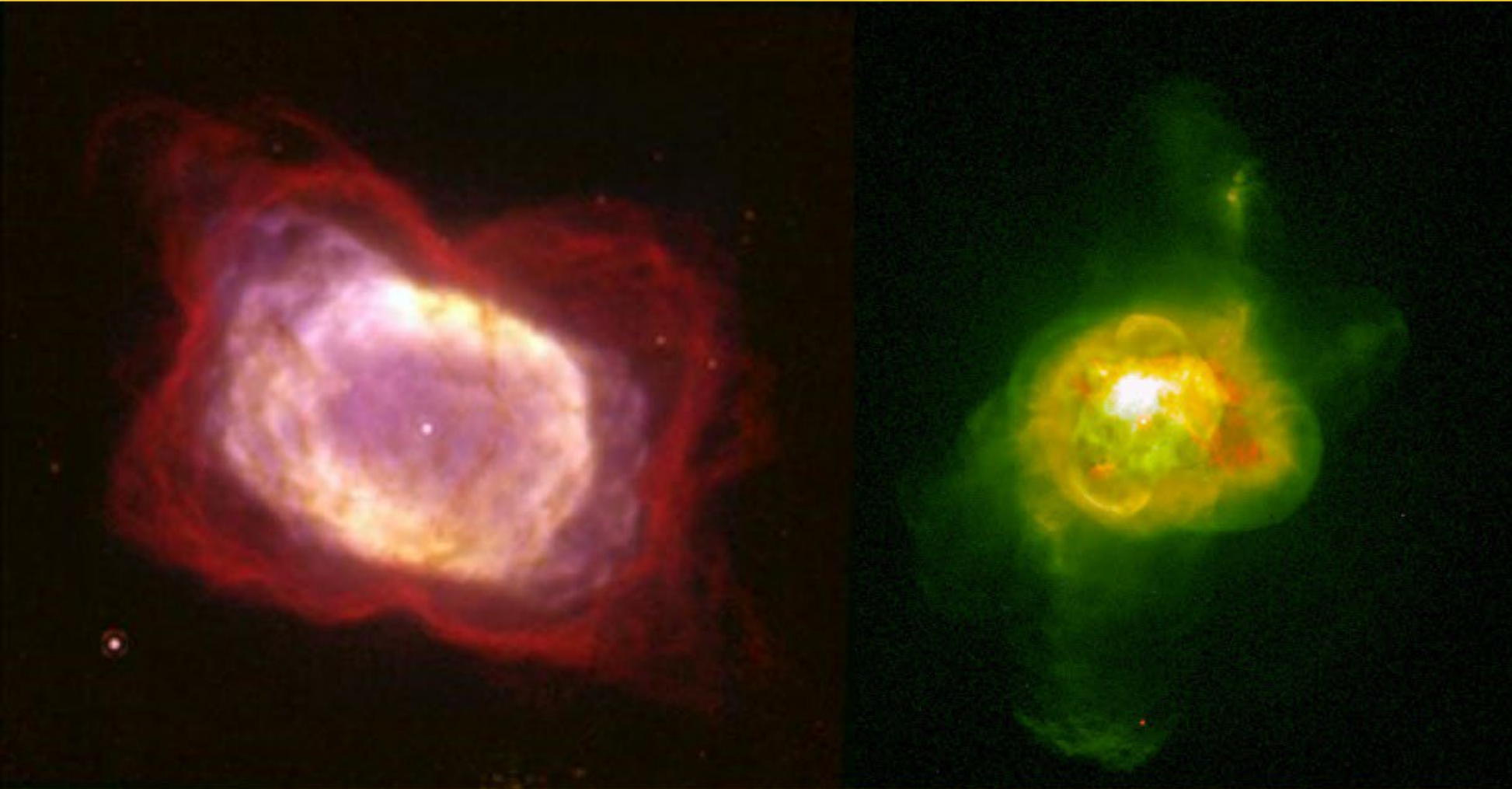
*Formazione di una nebulosa planetaria*

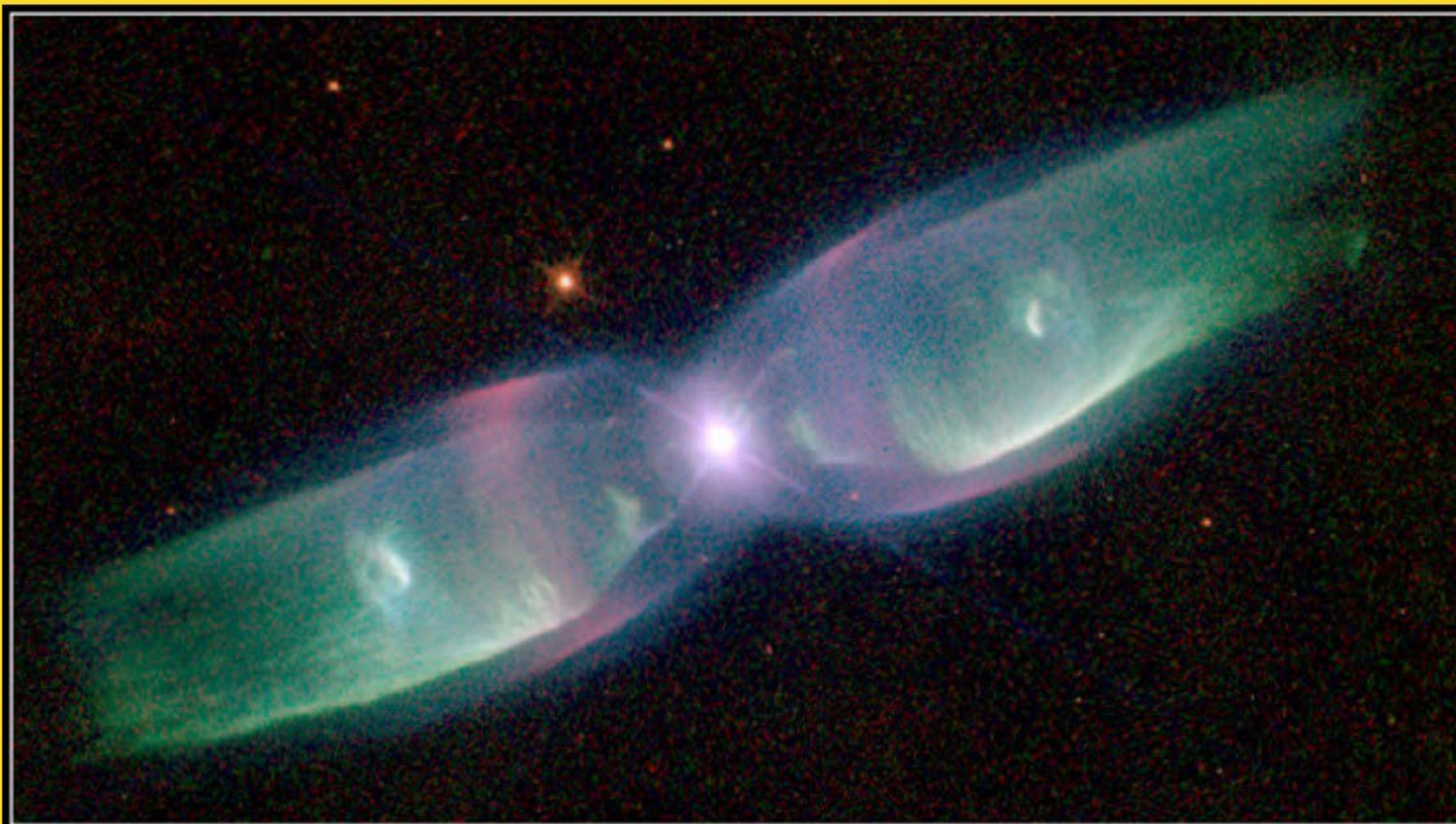
Cat's Eye Nebula • NGC 6543



Hubble  
Heritage







**Planetary Nebula M2-9**

PRC97-38a • ST ScI OPO • December 17, 1997

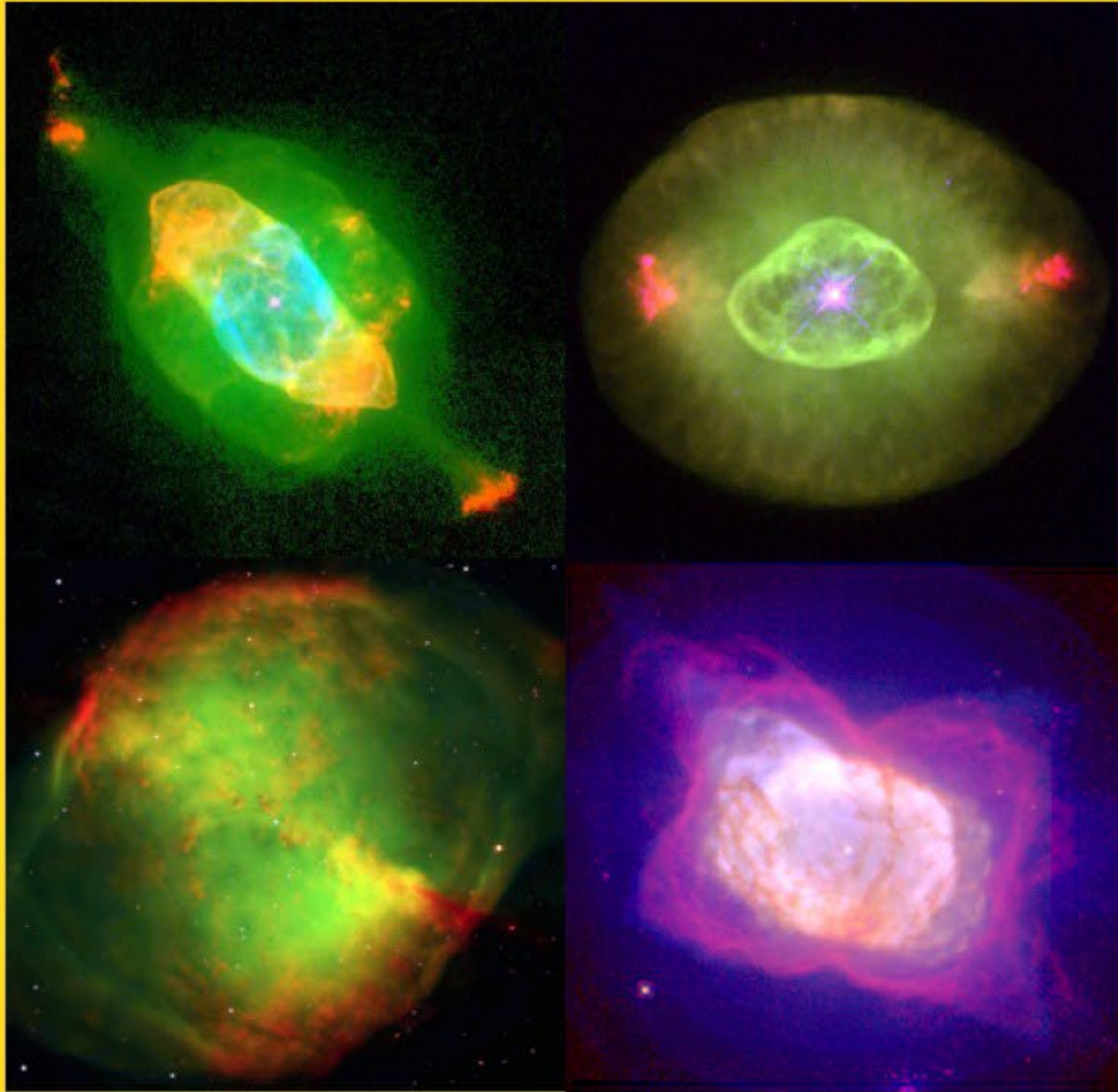
B. Balick (University of Washington) and NASA

**HST • WFPC2**

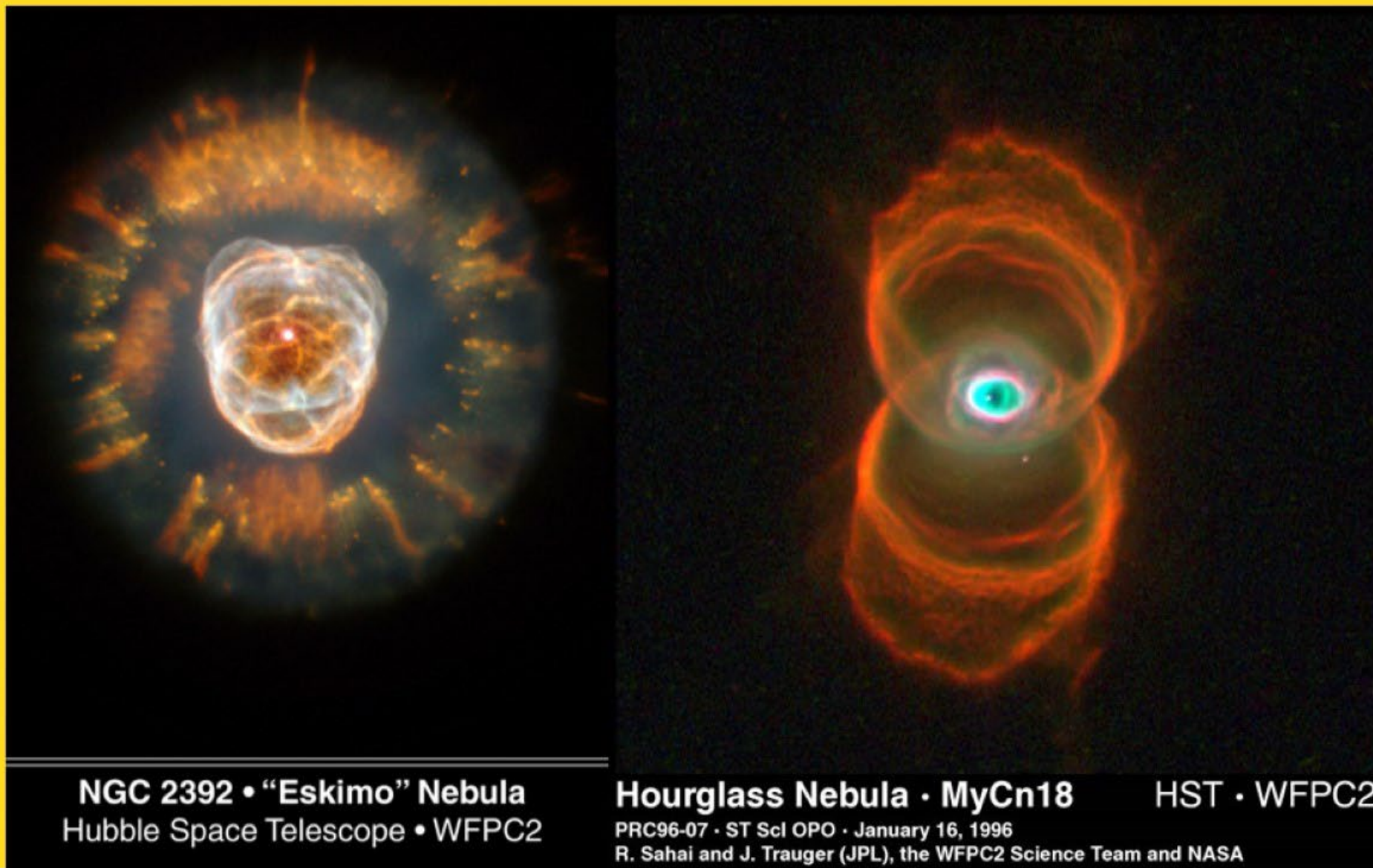
# Planetary Nebula Mz 3



Hubble  
Heritage





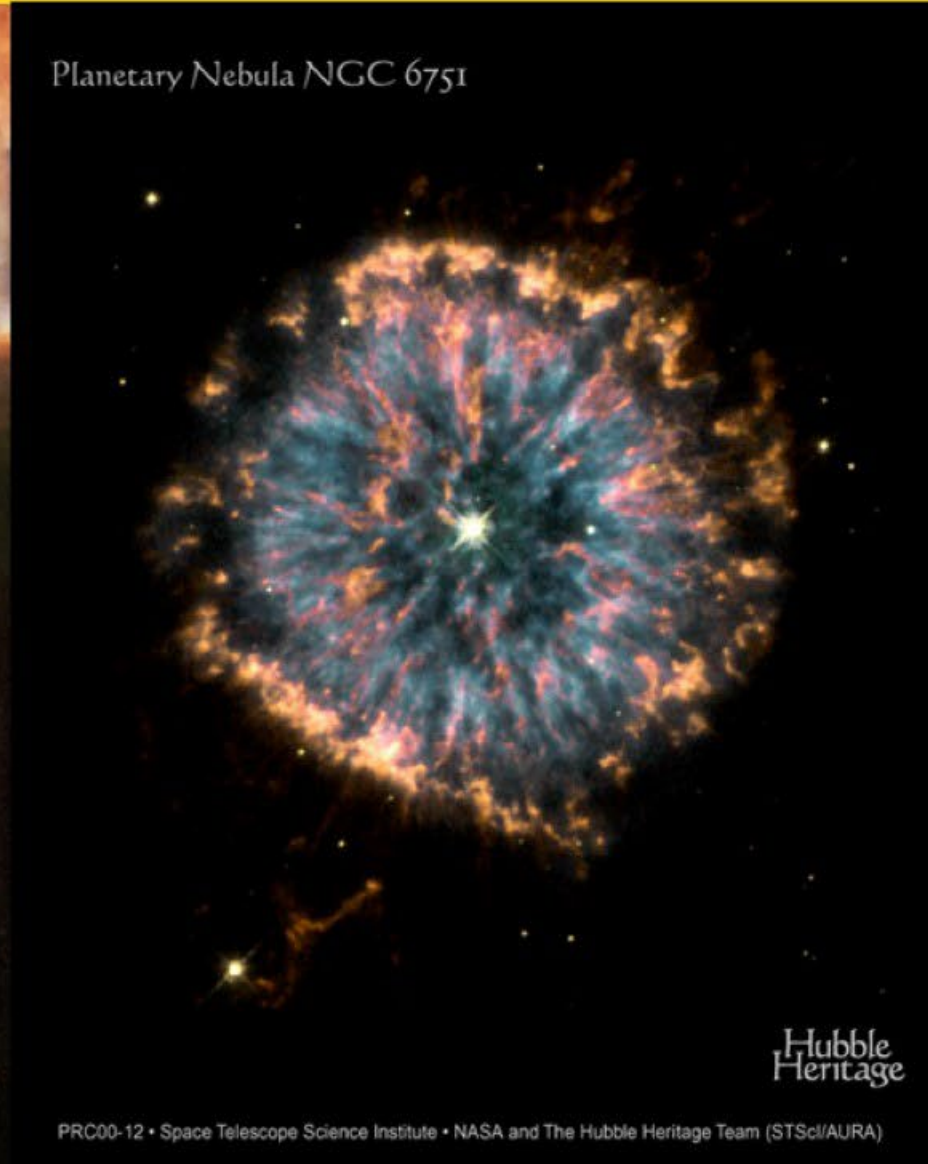


**NGC 2392 • “Eskimo” Nebula**  
Hubble Space Telescope • WFPC2

**Hourglass Nebula • MyCn18**      **HST • WFPC2**  
PRC96-07 • ST ScI OPO • January 16, 1996  
R. Sahai and J. Trauger (JPL), the WFPC2 Science Team and NASA



Planetary Nebula NGC 6751



Hubble  
Heritage

PRC00-12 • Space Telescope Science Institute • NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

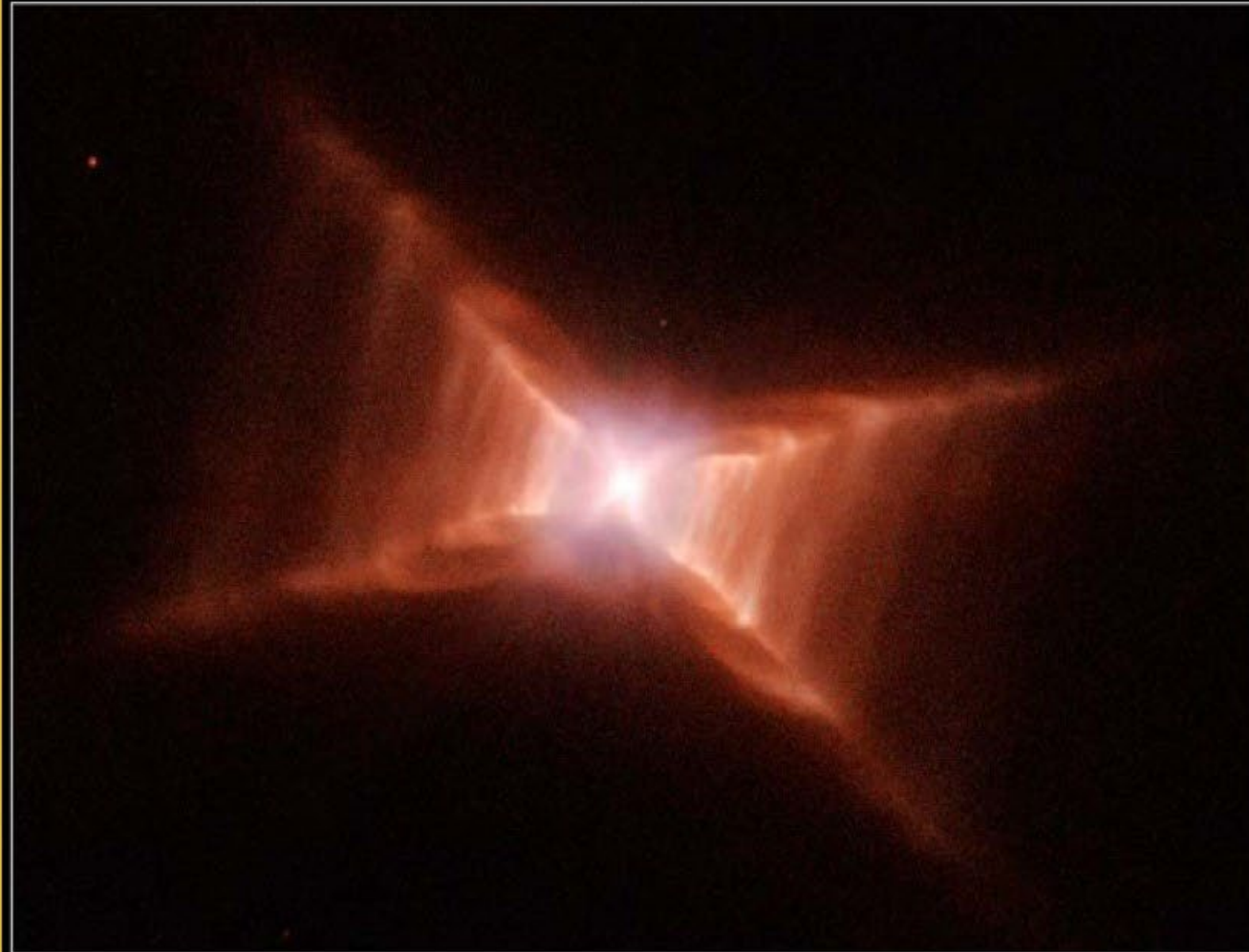
Planetary Nebula NGC 6369 • The Little Ghost



Hubble  
Heritage

Proto-Planetary Nebula ■ Red Rectangle ■ HD 44179

HST ■ WFPC2



NASA, ESA, H. Van Winckel (Catholic University of Leuven)  
and M. Cohen (University of California, Berkeley)

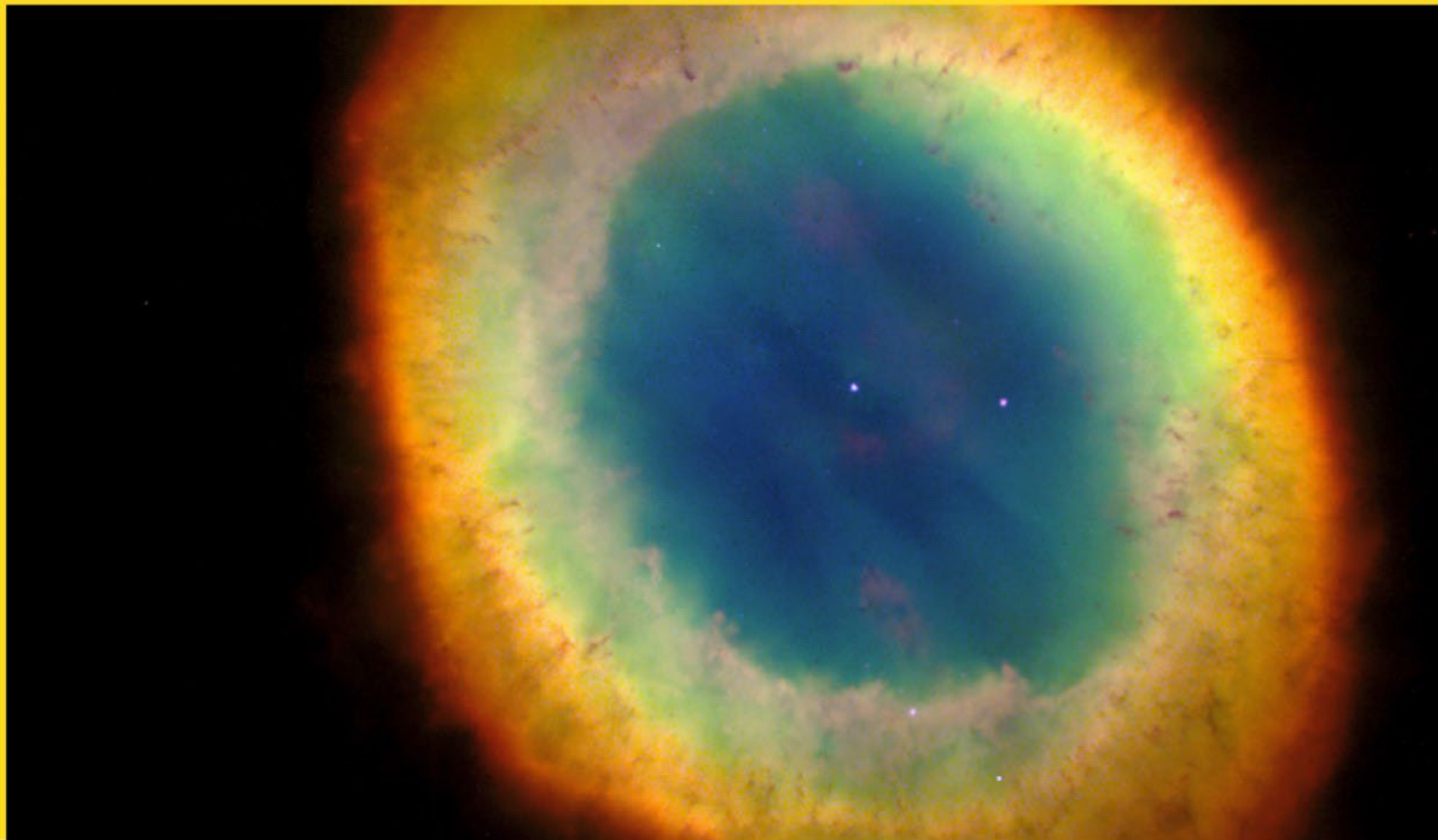
STScI-PRC04-11

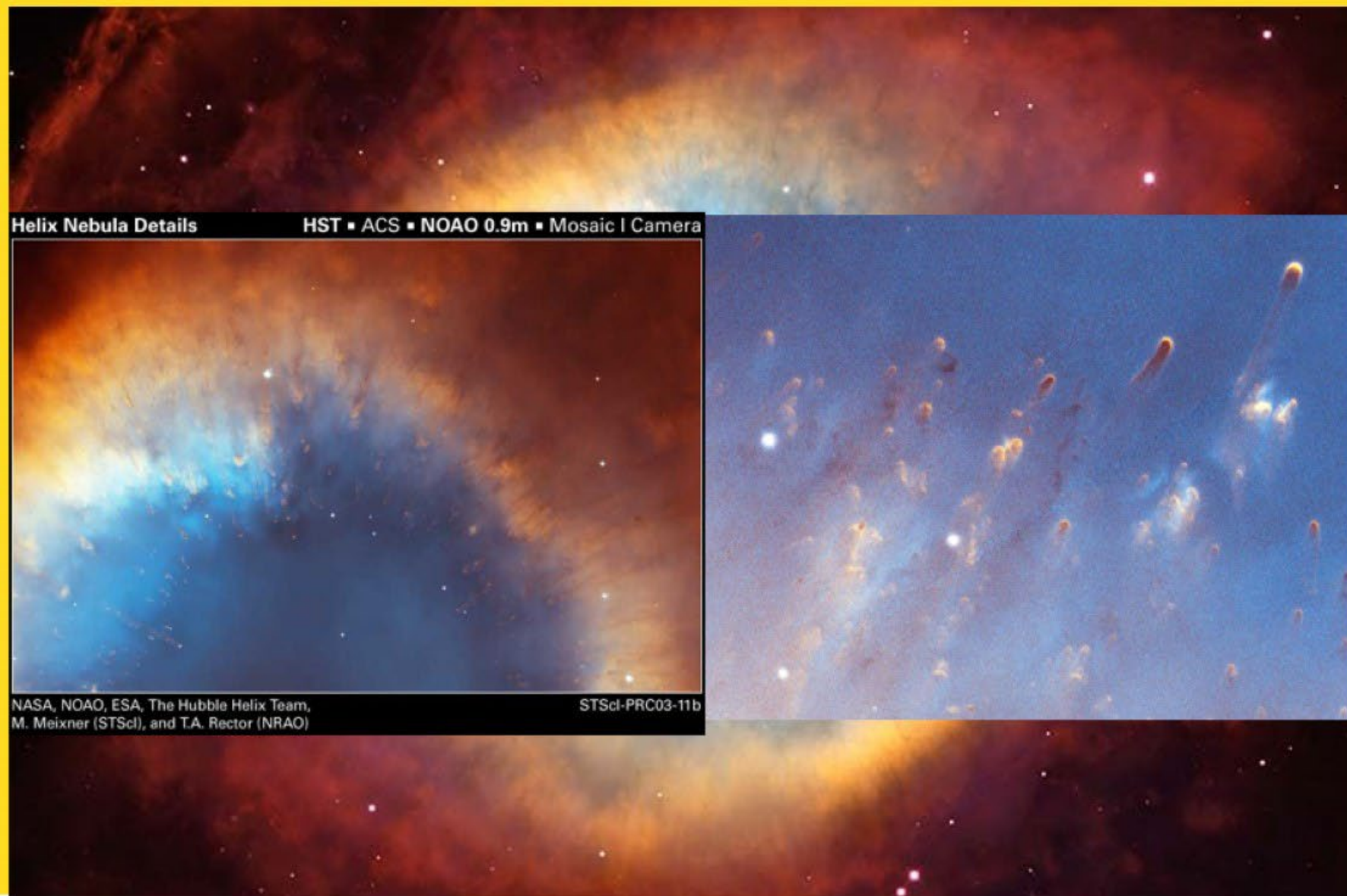
## Planetary Nebula IC 4406



Hubble  
Heritage

NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) • Hubble Space Telescope WFPC2 • STScI-PRC02-14







*Hanno un destino estremamente violento. Una volta esaurito il combustibile nucleare, dopo aver sintetizzato molti elementi chimici sino al ferro, collassano violentemente ed esplodono dando origine al fenomeno di SUPERNOVA.*

*Al posto della stella resterà un buco nero o una stella di neutroni.*

## Evoluzione stellare III



# STRUTTURA DI SUPERNOVA

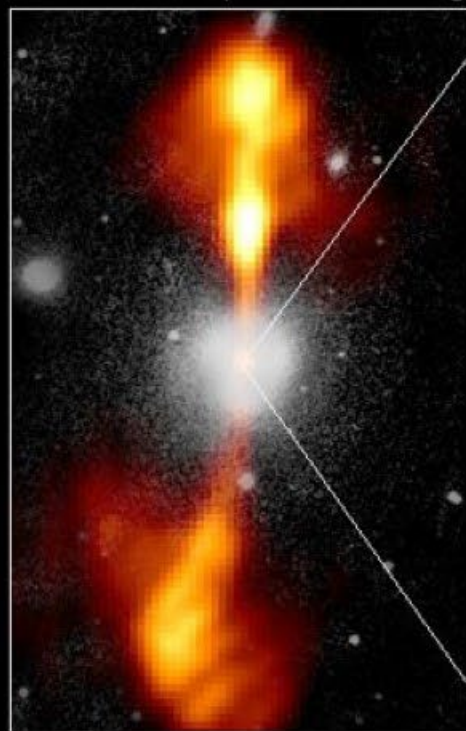


# Core of Galaxy NGC 4261

Hubble Space Telescope

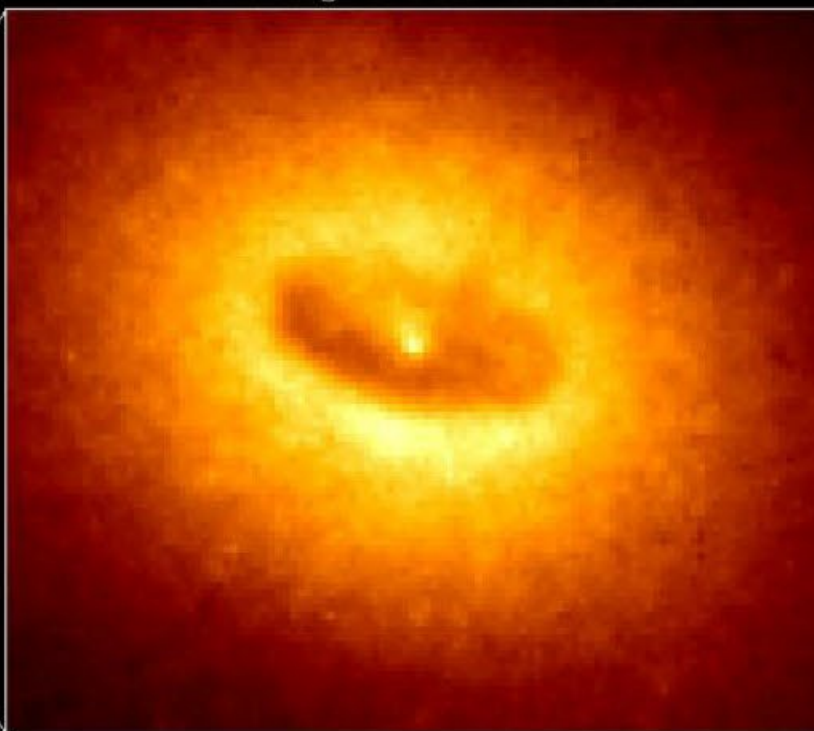
Wide Field / Planetary Camera

Ground-Based Optical/Radio Image



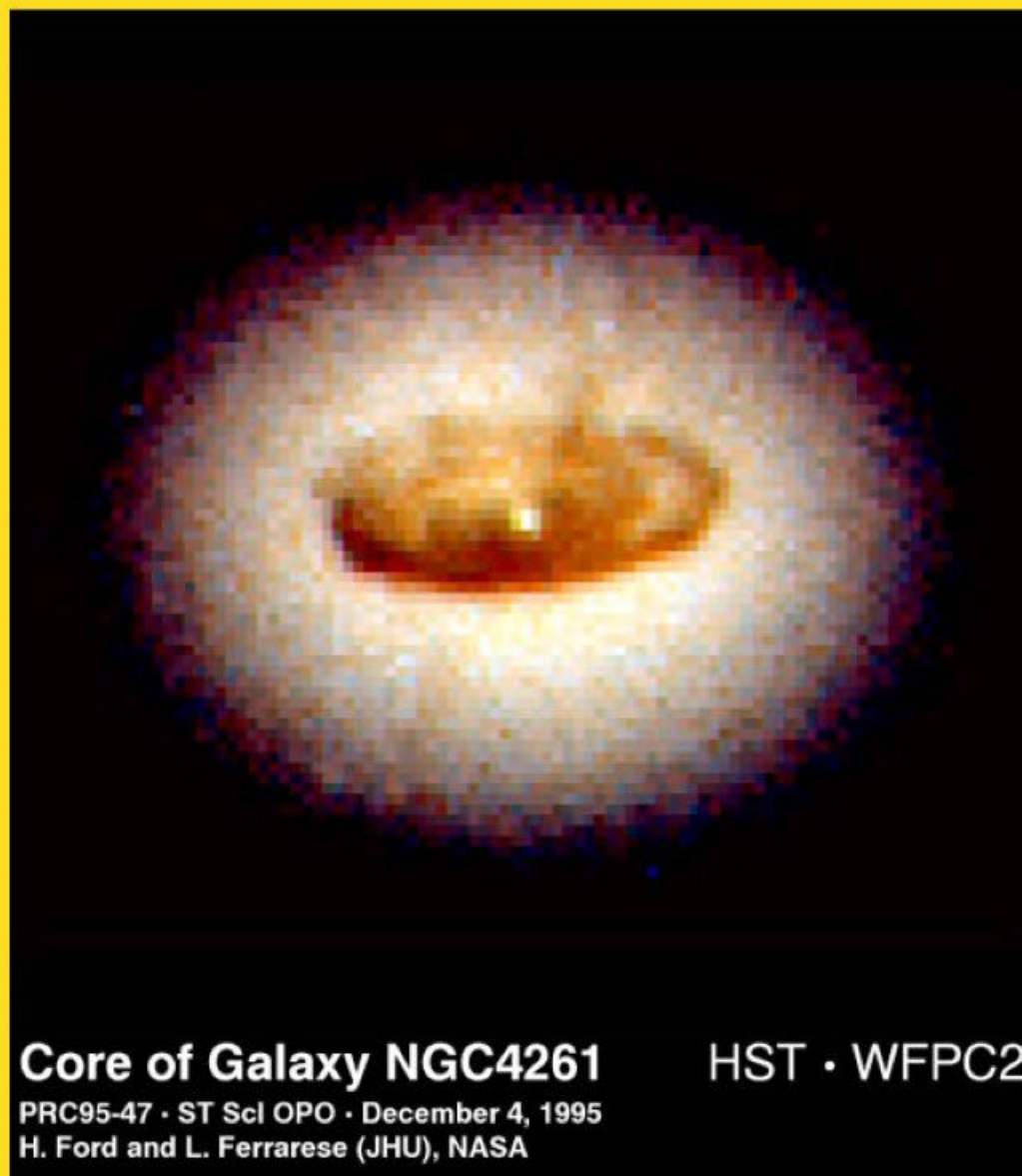
380 Arc Seconds  
88,000 LIGHT-YEARS

HST Image of a Gas and Dust Disk



17 Arc Seconds  
400 LIGHTYEARS

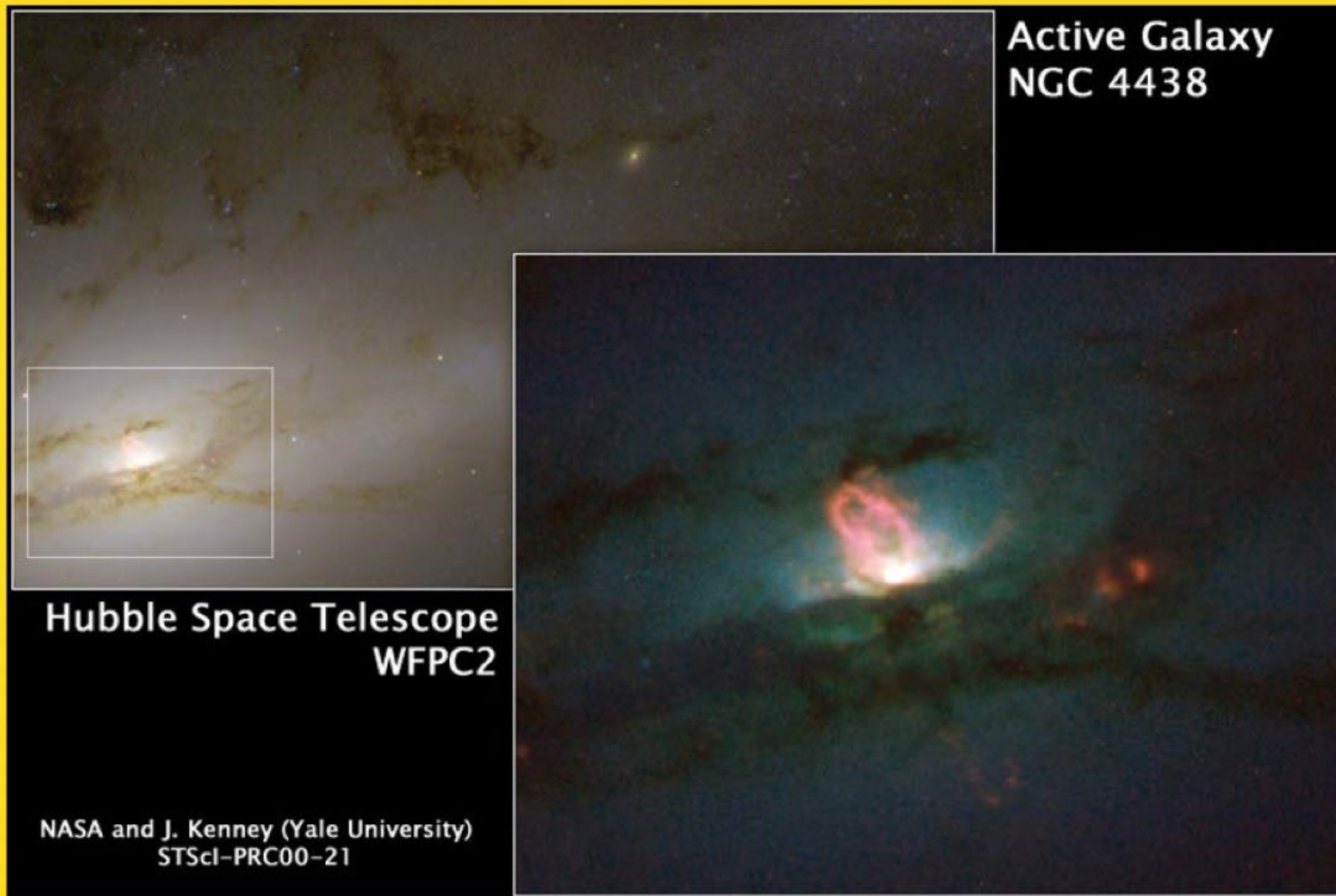


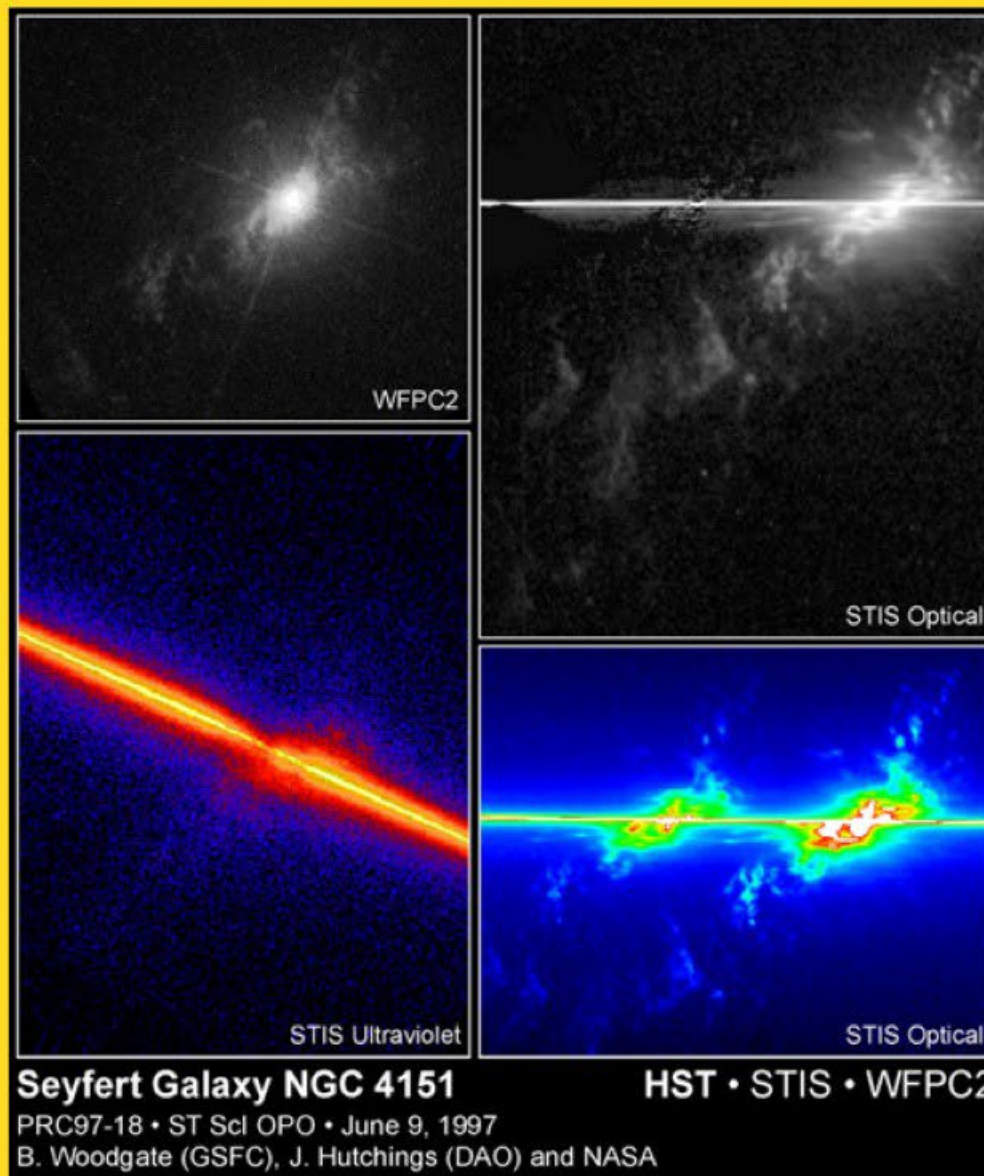


**Core of Galaxy NGC4261**

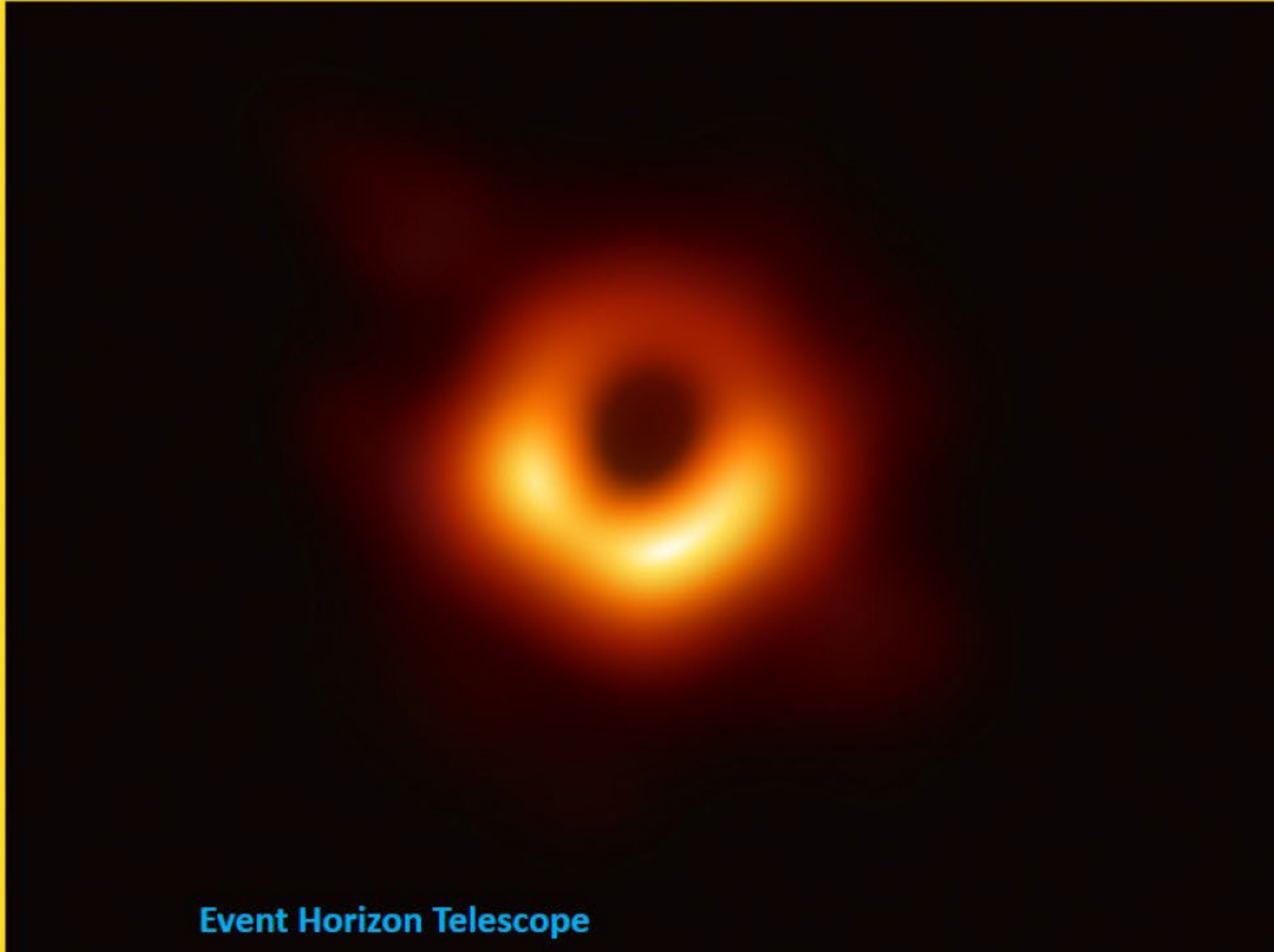
**HST · WFPC2**

PRC95-47 · ST Sci OPO · December 4, 1995  
H. Ford and L. Ferrarese (JHU), NASA



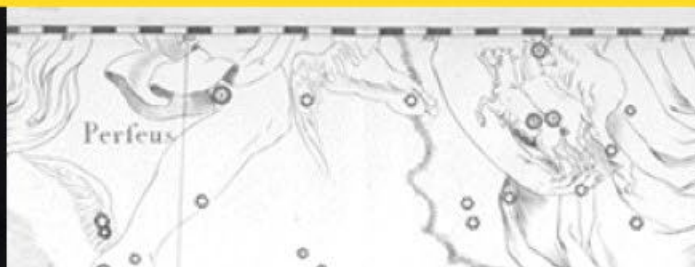


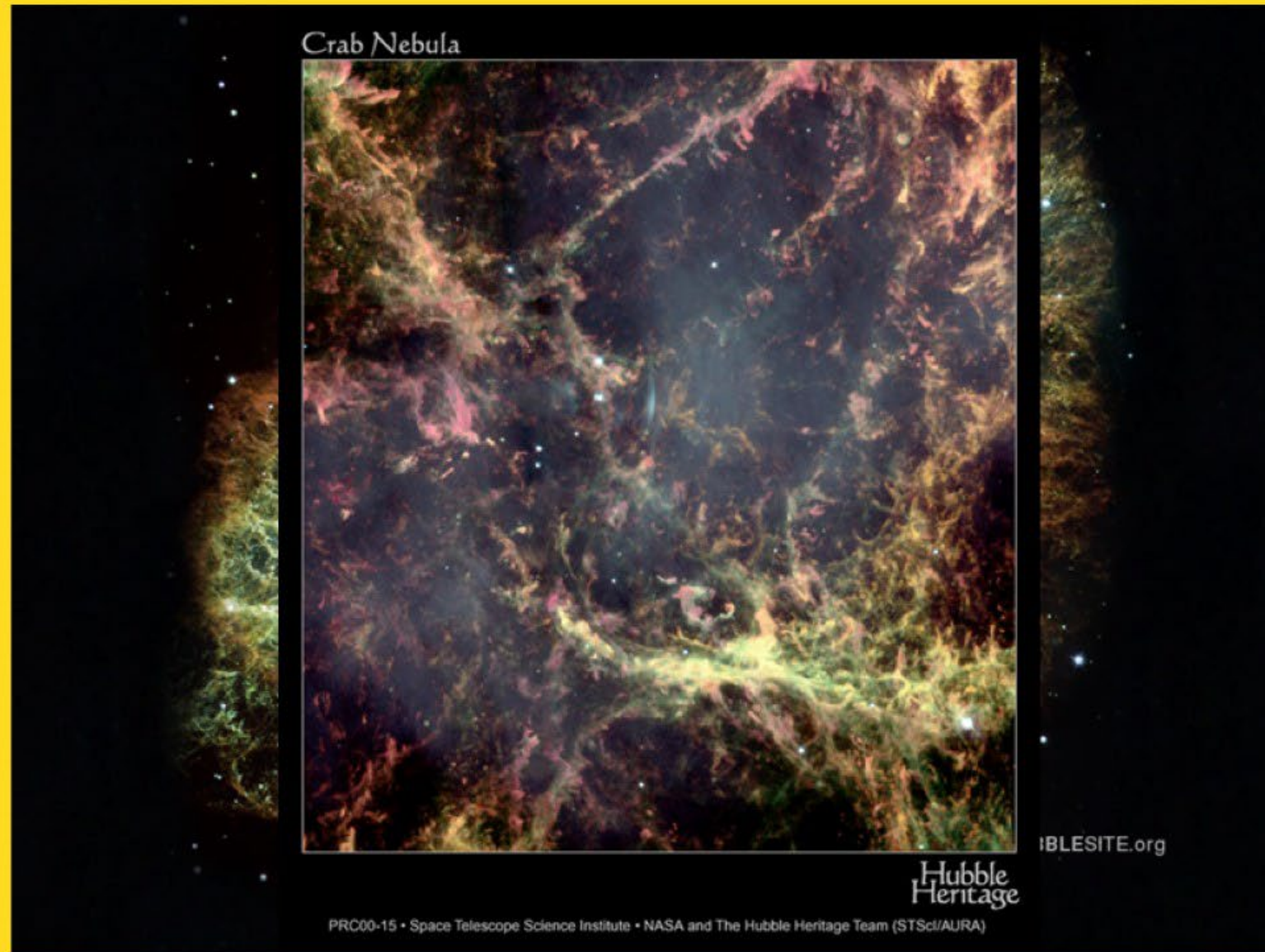


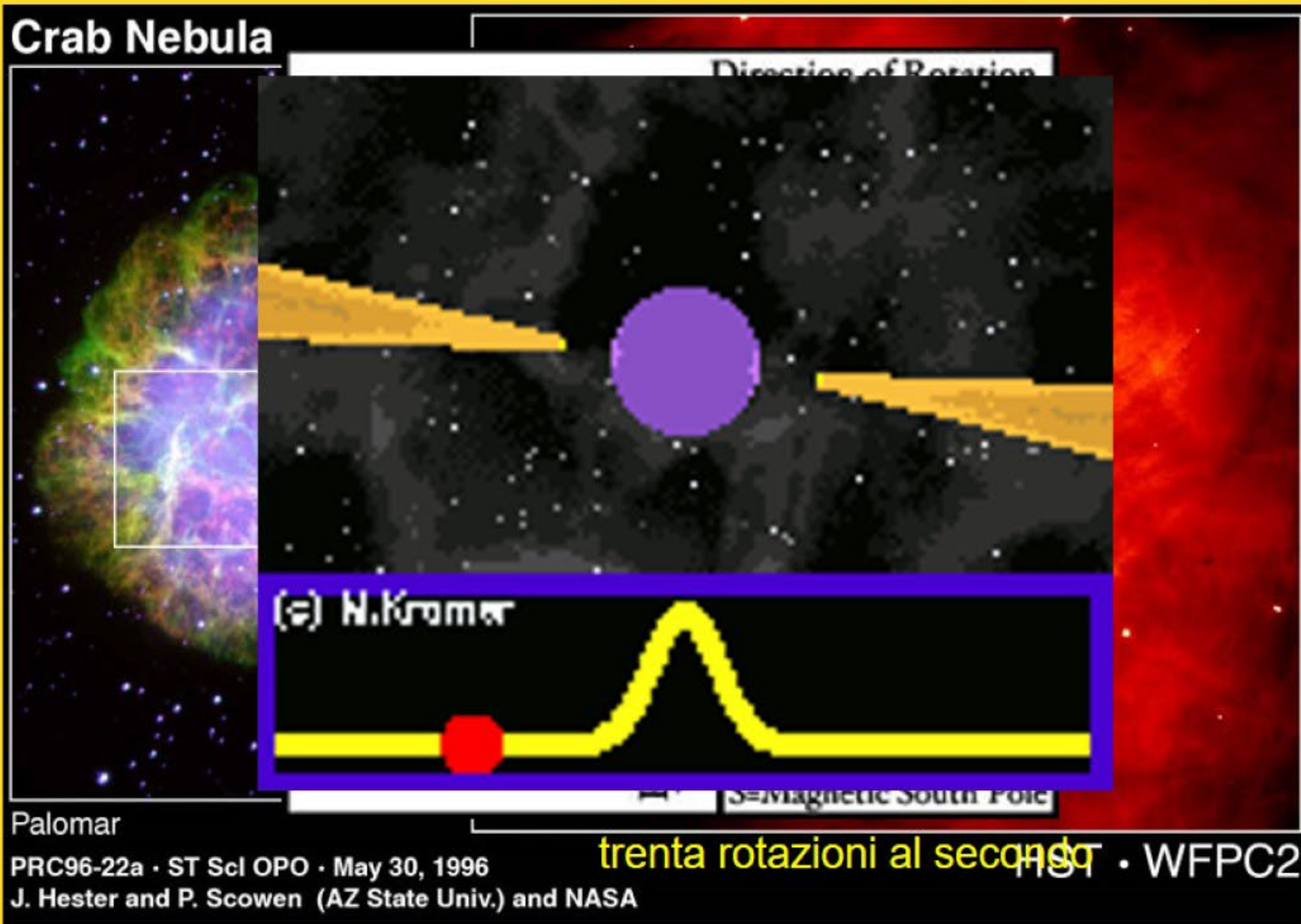


**Event Horizon Telescope**







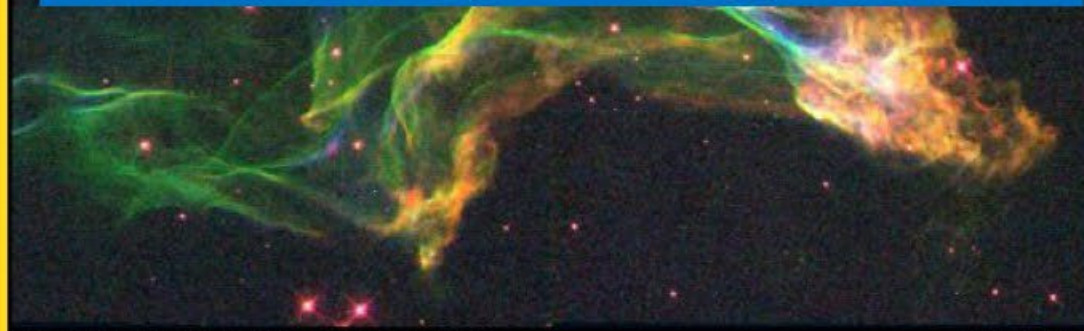




**Cygnus Loop**  
HST · WFPC2



**GRAZIE!**



ST ScI OPO PRC95-11 · February 1995

2/14/95 zgl

# Grazie per l'attenzione



A cura di:  
**Dott. Gianfranco Durante**  
**Gruppo Astrofili Galileo**



In collaborazione con:



AMAPÒLA



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:



Città di Alessandria

# IL SOLE: LA NOSTRA STELLA

A cura di:  
**Prof. Paolo Trivero - UPO DISIT Alessandria**

**Tel. 346.0941065**  
**[e-mail: paolo.trivero@uniupo.it](mailto:paolo.trivero@uniupo.it)**

A cura di: Prof. Paolo Trivero – UPO DISIT Alessandria

**Il Sole è una stella simile a milioni di altre: enorme sfera di gas caldo ionizzato (plasma\*) che emette luce e calore.**

*\* Il plasma è un gas ionizzato che contiene ioni, elettroni liberi, molecole eccitate, radicali e frammenti molecolari. Nello stato di plasma, le particelle (gli atomi) hanno sufficiente energia da riuscire a tenere gli elettroni separati dai circostanti ioni.*

**Il Sole, così vicino a noi, è la sorgente di quasi tutte le forme di vita presenti sulla Terra.**

**L'energia solare è la principale fonte rinnovabile che fornisce energia alla Terra.**

**E' una fonte pressoché inesauribile.**

**E' pulita.**

**Non comporta (durante la trasformazione di energia) emissioni di CO<sub>2</sub> né polveri sottili nell'atmosfera.**

# Il Sole: la nostra stella

*Laudato sie, mi' Signore, cum tucte le tue creature, spetialmente messor lo frate Sole, lo quale è iorno, et allumini noi per lui. Et ellu è bellu e radiante cum grande splendore: de Te, Altissimo, porta significatione*

*Francesco d'Assisi*

*Cantico delle creature  
Canticum o Laudes Creaturarum*



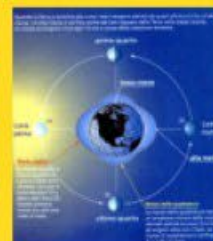
- L'energia solare è la sorgente primaria da cui hanno origine quasi tutte le fonti energetiche, sia convenzionali che rinnovabili
- Solo l'energia gravitazionale, la geotermia e quella nucleare sono da questa indipendenti

**Sole**



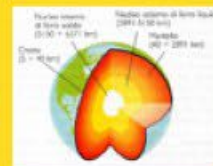
- • **Petrolio, gas naturale, carbone**  
• Biomasse  
• Solare termico  
• Solate termodinamico  
• Solar cooling  
• Eolico

**Terra  
Luna  
Sole**



- • Idroelettrico  
• Onde del mare, correnti  
• Fotovoltaico  
• **(Maree: Terra-Luna-Sole)**

**Terra**



- • Geotermico

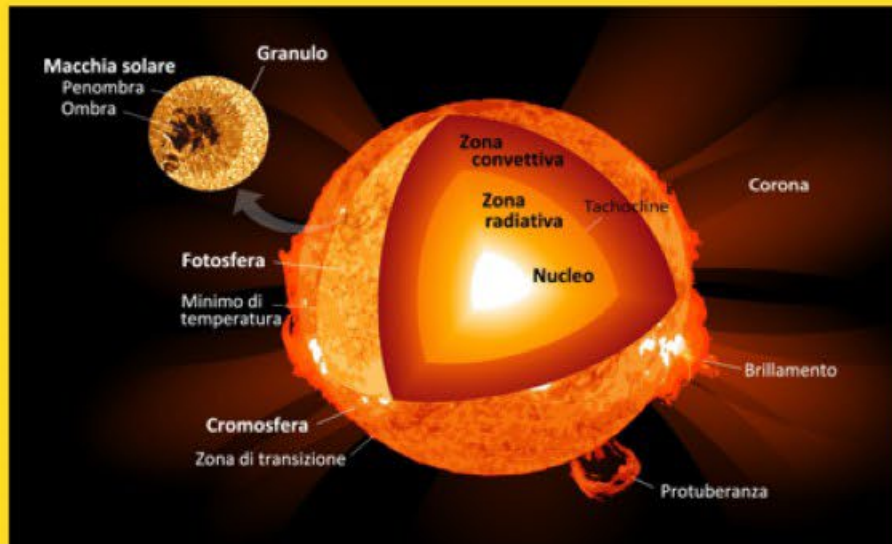
**Atomo**



- • Nucleare

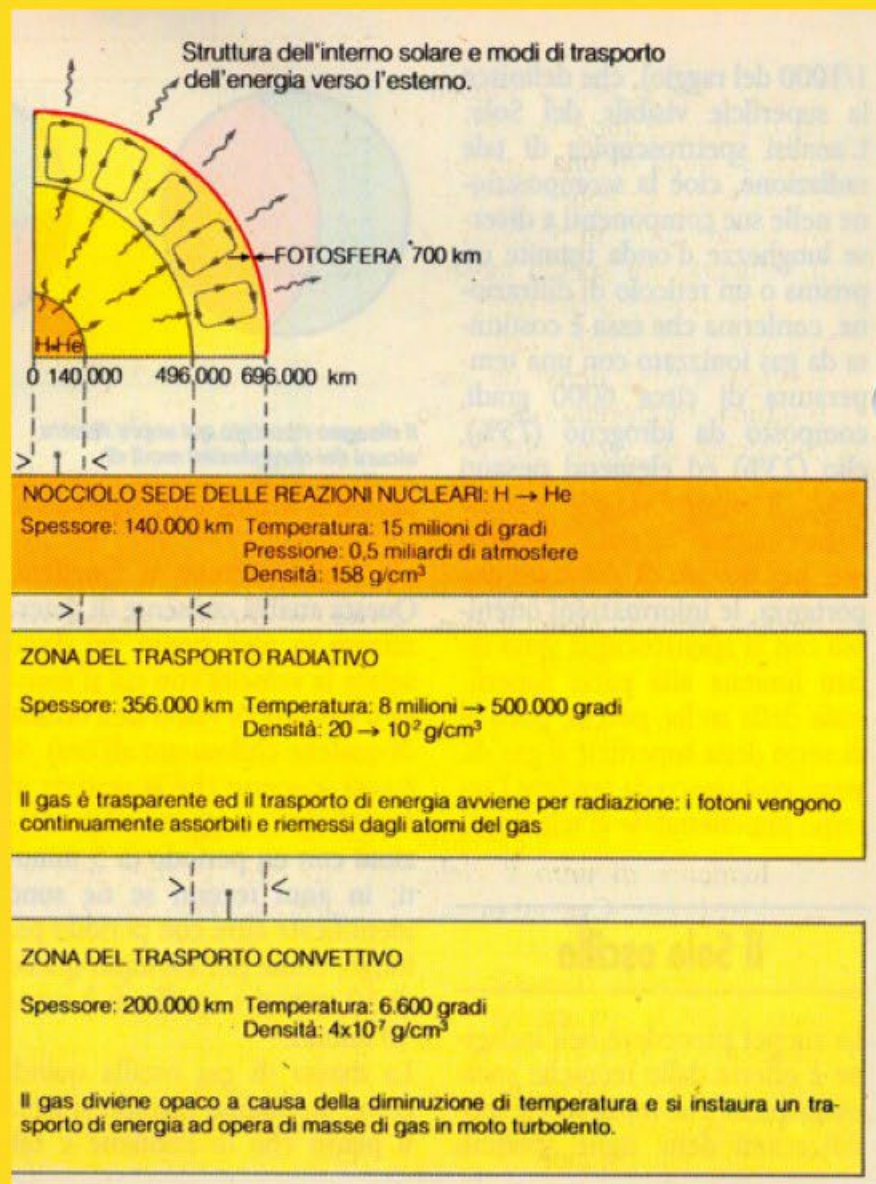
# Il Sole

- Gigantesca sfera di gas ionizzato (plasma): emette radiazioni elettromagnetiche e corpuscolari
- Stella di colore giallo. Si distingue una parte interna, non visibile, e una parte esterna (atmosfera solare).
- Parte interna: nucleo, zona radiativa, zona convettiva
- Parte esterna: fotosfera, cromosfera, corona
- macchie solari: zone che appaiono più scure sulla superficie del Sole per contrasto con la fotosfera circostante



## CARATTERISTICHE DEL SOLE

Raggio	696.500 km (109 volte quello terrestre)
Massa	2 x 10 <sup>30</sup> kg (333.400 volte quella terrestre)
Densità media	1,41 g/cm <sup>3</sup> (un quarto di quella terrestre)
Temperatura superficiale	5777 K
Accelerazione di gravità alla superficie	274 m/s <sup>2</sup> (28 volte quella terrestre)
Distanza dalla Terra	da 147,1 a 152,1 milioni di km; in media 149,6 milioni di km
Diametro angolare apparente del disco	da 31'27" a 32'30"



L'immagine rappresenta un:

## Modello fisico del Sole

che spiega i fenomeni energetici tipici di una stella di dimensioni analoghe a quelle del Sole.

- La fotosfera è la “superficie” del Sole: da lì proviene la luce che vediamo. La fotosfera presenta una struttura granulare in continua modificazione.
- Le macchie solari sono zone scure che compaiono sulla fotosfera. A volte si rendono visibili ad occhio nudo. La temperatura più bassa all'interno delle macchie ( $3500\text{-}4000 \text{ }^\circ\text{C}$ ) rispetto alla temperatura della fotosfera ( $5777 \text{ }^\circ\text{C}$ ) le rende per contrasto più scure.

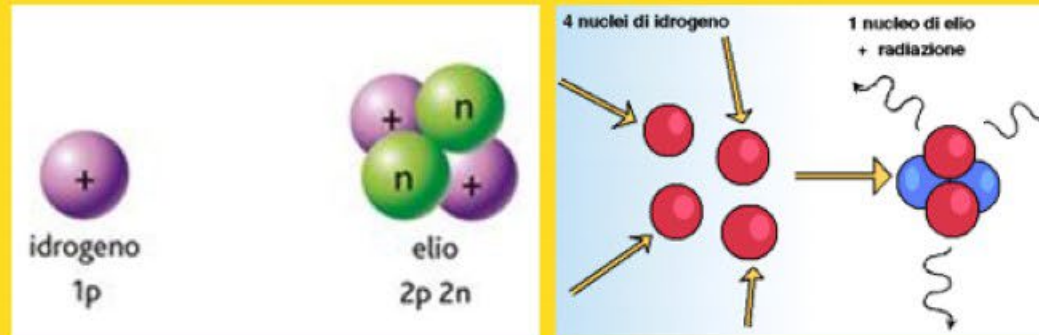
# Il Sole

È la sorgente primaria di energia della Terra.

E' composta per il 74% da idrogeno e per il rimanente da elio.

La gigantesca massa del Sole, pari al 99,9% di tutta la massa del sistema solare, determina una tale compressione del suo nucleo, che ha un raggio di circa 140.000/150.000 km, da raggiungere le temperature che innescano la fusione nucleare dell'idrogeno:

**In sintesi: quattro nuclei di idrogeno si trasformano in un nucleo di elio\***



Quattro protoni si uniscono per formare un atomo di elio; due dei protoni si trasformano in neutroni, emettendo ciascuno due particelle che si chiamano neutrino\*\* e positrone\*\*\*. Inoltre, nella reazione viene emessa energia sotto forma di radiazione.

*\*in effetti il meccanismo è più complesso e implica il passaggio attraverso la formazione di isotopi del nucleo di idrogeno (Deuterio e Trizio)*

*\*\*il neutrino è una particella subatomica elementare di massa piccolissima e carica elettrica nulla*

*\*\*\*il positrone ha carica elettrica +1, uguale e opposta all'elettrone e la stessa massa*

# Processo di fusione

è il meccanismo che alimenta il Sole e le altre stelle

La massa del nucleo di elio è leggermente minore della somma delle masse dei nuclei di idrogeno che fondono: la massa mancante è l'energia emessa dal Sole.

Durante la fusione, per ogni secondo, 594 milioni di tonnellate di idrogeno si trasformano in 590 milioni di tonnellate di elio; i 4 milioni di tonnellate mancanti  $\Delta m$  diventano **energia** per la legge  $E = \Delta m c^2$ , dove E è l'energia prodotta e c è la velocità della luce.

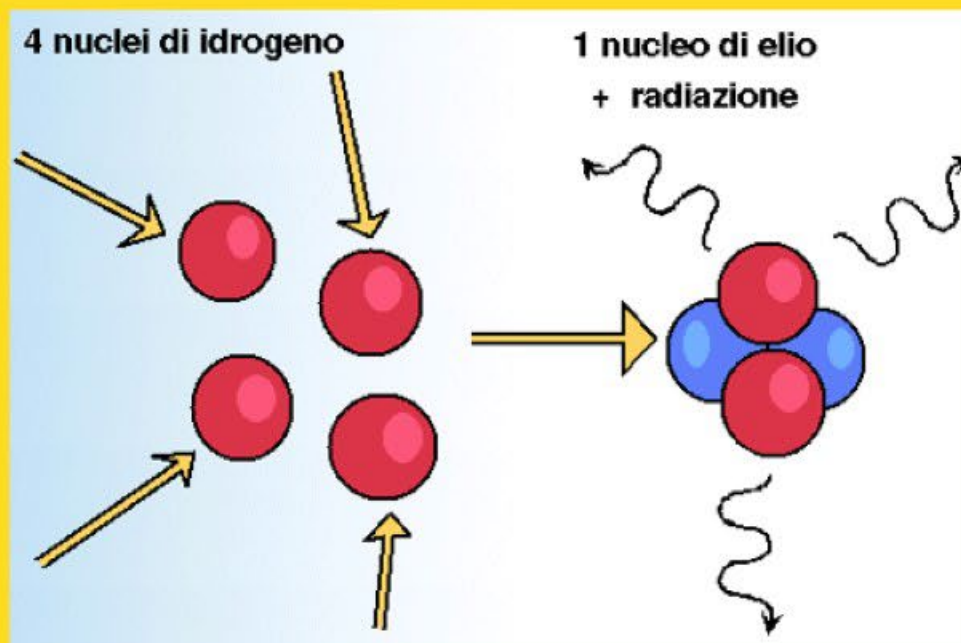
L'energia che si produce in un secondo è paragonabile a quella che produrrebbero 400 milioni di centrali nucleari di media grandezza.

All'interno del nucleo la temperatura del Sole è pari a 15 milioni di gradi Kelvin, alla superficie è di circa 5777 K (più o meno uguale a quella del nucleo terrestre) e, poi, verso la corona, lo strato più esterno della stella, la temperatura ritorna a toccare i milioni di gradi. Tale comportamento anomalo sembra essere dovuto all'eruzione dei getti di gas che, come filamenti incandescenti, si innalzano per mezzo milione di km al di sopra della superficie solare.

# Processo di fusione

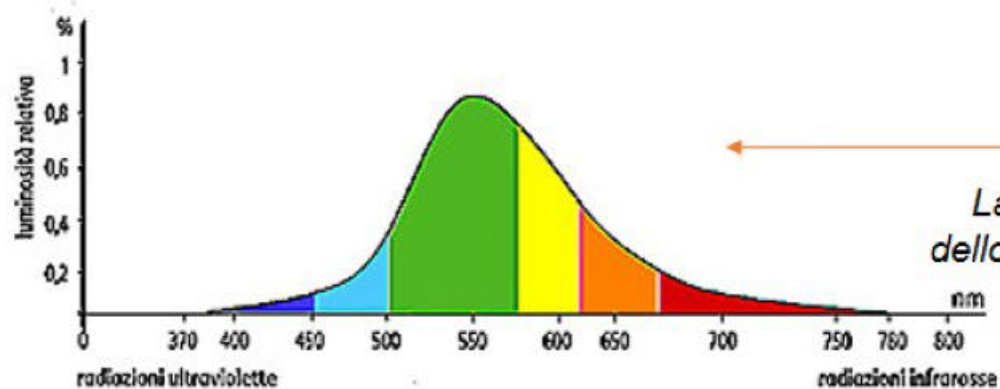
è il meccanismo che alimenta il Sole e le altre stelle

La principale sorgente di eccitazione energetica utilizzata per illuminare i bersagli naturali è la **radiazione solare**. Il suo spettro è determinato dalla temperatura della fotosfera solare. La radiazione solare incidente è prevalentemente concentrata nell'intervallo di lunghezze d'onda fra 200 e 3400 nm (0.2 e 3.4  $\mu\text{m}$ ), con un massimo di potenza a circa 500 nm (0.5  $\mu\text{m}$ ) (nel verde).

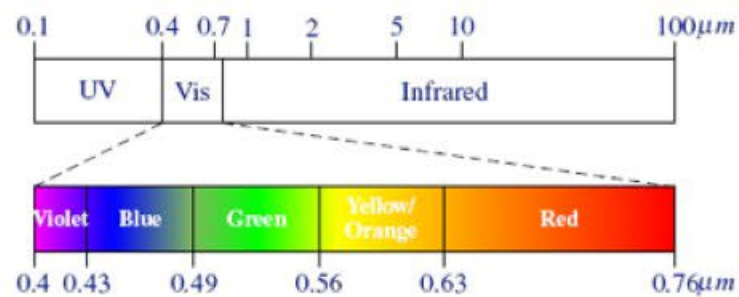


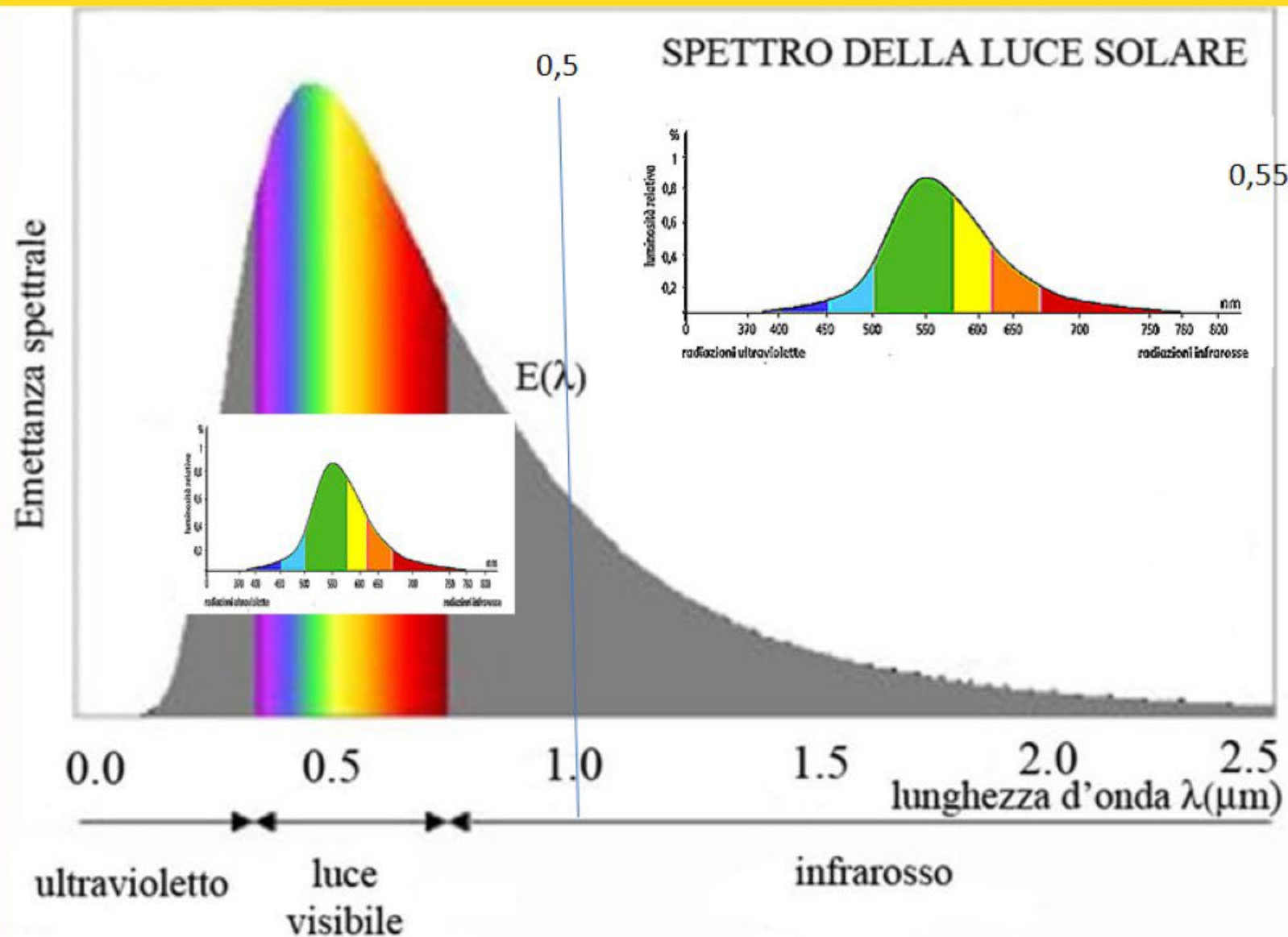
# Visibile

La regione visibile occupa l'intervallo fra **0.4 e 0.7  $\mu\text{m}$** , o quello equivalente da 400 a 700 nm



La regione infrarossa (regione dello spettro posta oltre il rosso), compresa fra **0.7 e 100  $\mu\text{m}$**





# Spettro del Sole e banda del visibile



Il **cielo ci appare azzurro** per la presenza dell'atmosfera terrestre. Se non ci fosse l'atmosfera vedremmo il cielo sopra di noi, come nello spazio, nero. L'atmosfera terrestre è composta essenzialmente dai gas di **azoto ed ossigeno e da acqua** (nelle varie forme: gassosa (vapore), liquida (goccioline) e solida (cristalli)) e - negli stati più bassi dell'atmosfera - da **polveri, ceneri e sali**.

La luce emessa dal Sole (comprendendo tutti i colori del visibile e quindi bianca) interagendo con i componenti della atmosfera può essere assorbita o diffusa. La diffusione della luce sui vari elementi presenti nei differenti strati dell'atmosfera, dipende sia dalle dimensioni dell'oggetto colpito, che dalla lunghezza d'onda della luce medesima.



Le **particelle solide e le gocce d'acqua** hanno dimensioni maggiori della lunghezza d'onda della luce, e quindi la riflettono in tutte le direzioni (indipendentemente dalla lunghezza d'onda). La luce bianca del sole in questo caso è diffusa senza essere scomposta: ecco perché le **nuvole** ci appaiono **bianche**!

Le **molecole dei gas (azoto e ossigeno)**, hanno dimensioni confrontabili con quelle delle lunghezze d'onda della luce. In questo caso si ha *Rayleigh scattering* (dal nome di Lord Rayleigh) e la diffusione della luce è fortemente dipendente dalla sua lunghezza d'onda. La luce di maggiore lunghezza d'onda (**rossa arancione e gialla**) riesce a superare questi minuscoli ostacoli e prosegue nella sua traiettoria rettilinea. La **luce blu** invece, che ha una lunghezza d'onda più piccola, **viene diffusa in tutte le direzioni**. Dopo una serie di diffusioni tutta la luce blu è diffusa. La luce azzurra è dunque in tutte le direzioni e oscura le stelle. Questo processo avviene negli strati più alti dell'atmosfera. In una giornata senza nubi quindi, in qualunque direzione volgiamo il nostro sguardo, la luce blu diffusa dai gas in alta atmosfera raggiunge i nostri occhi. Questo spiega il perché il **cielo** ci appare **azzurro**.



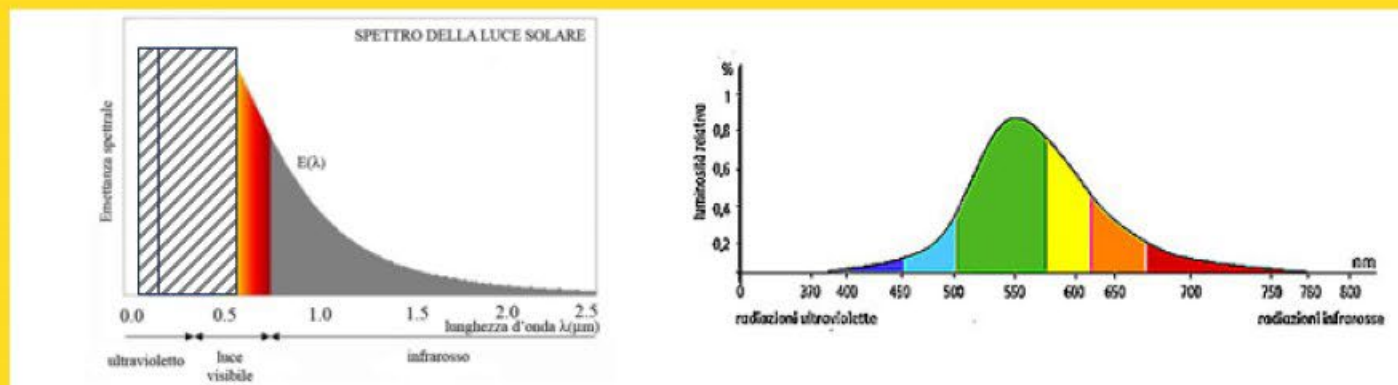
Per questa stessa ragione la **luce proveniente direttamente dal Sole** diviene più **gialla**.

La luce gialla, di lunghezza d'onda maggiore del blu, riesce a oltrepassare le molecole del gas, fino ad arrivare ai nostri occhi, essendo le particelle illuminate sono molto più piccole della lunghezza d'onda della luce incidente. Il colore del Sole che noi vediamo, altro non è che il *risultato* del bianco meno i colori assorbiti, distribuiti dall'atmosfera, vale a dire il blu e un po' di verde. Rimangono pertanto molto giallo, dell'arancione e un pizzico di rosso (con un piccolo residuo di verde).

**Il Sole si presenta quindi di colore giallo-arancione per le caratteristiche di diffusione della luce.**

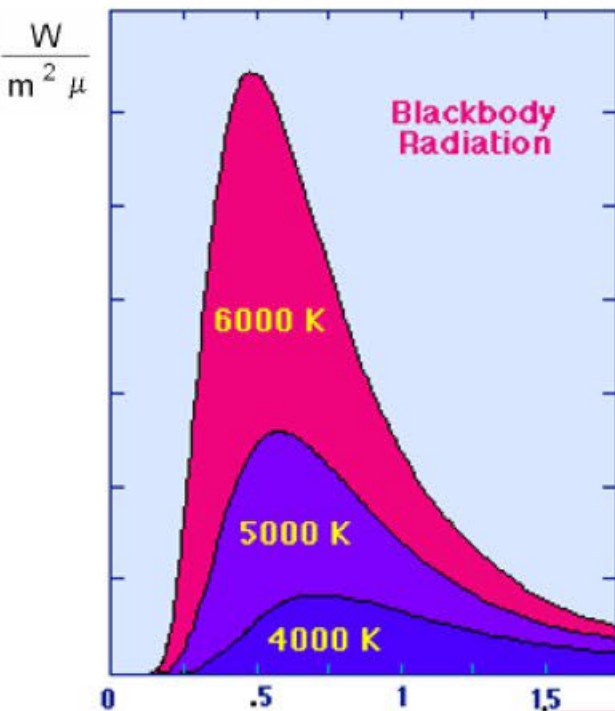


E' sempre il processo di diffusione che spiega anche perché, al tramonto, l'orizzonte si colora di rosso. Al tramonto i raggi solari sono radenti gli strati dell'atmosfera. La luce blu viene diffusa dai gas presenti negli strati più alti. La luce radente attraversa un grande spessore di atmosfera e solo la luce rossa penetra fino a raggiungere gli strati dove viene parzialmente diffusa dalle particelle solide presenti a queste altezze colorando quindi il cielo e le nubi, nella direzione del Sole, di arancio, rosso e talvolta viola. Anche il Sole appare rosso e non più giallo poiché appunto solo la luce rossa riesce a penetrare e raggiungere il nostro occhio.



# Il Sole

L'**energia** emessa dal sole che giunge sulla Terra è il principale fattore che determina non solo il clima ma la presenza di specie viventi sul pianeta.



## Legge della Radiazione di Planck

Il Sole si comporta come un radiatore perfetto (corpo nero) con temperatura  $\sim 5777$  K ( $K = ^\circ C + 273.15$ ). I corpi neri assorbono, e successivamente emettono, tutta la radiazione incidente sulla loro superficie. L'energia emessa varia con la lunghezza d'onda, seguendo l'equazione di *Planck*

$M(\lambda)$  è l'emissione spettrale,  
 $\lambda$  è la lunghezza d'onda della radiazione (m),  
 $h$  è la costante di Planck ( $h = 6.626 \times 10^{-34}$  J s),  
 $c$  è la velocità della luce ( $c \approx 3 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>),  
 $k$  è la costante Boltzmann ( $k = 1.3807 \times 10^{-23}$  J K<sup>-1</sup>),  
 $T$  è la temperatura del corpo nero (K).

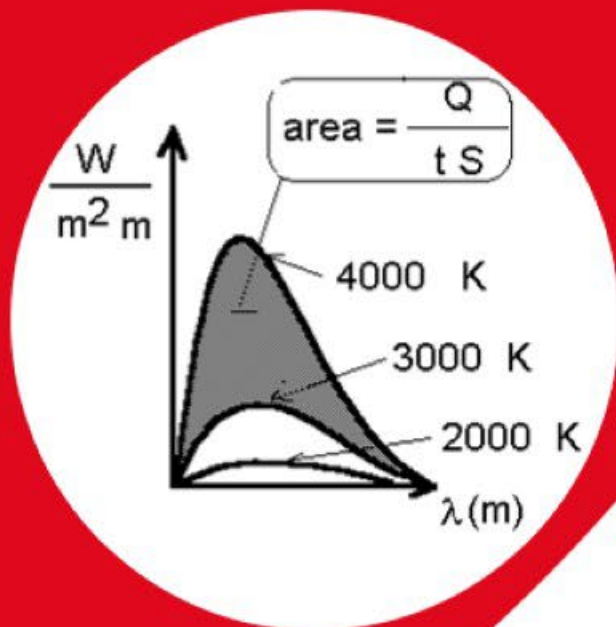
$$M(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left( e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)}$$

## LEGGE DI STEFAN - BOLTZMAN

$$\frac{Q}{t} = e \sigma S T^4$$

Costante di Stefan  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Q = calore emesso nell'unità di tempo dalla superficie S alla temperatura T (K)  
e = potere emissivo della superficie ( $0 \leq e \leq 1$ )



## LEGGE DELLO SPOSTAMENTO DI WIEN

descrive una relazione inversa tra la lunghezza d'onda del picco di un'emissione da parte di un corpo nero, e la sua temperatura:

$$\lambda_{max} = \frac{2897}{T}$$

dove  $\lambda_{max}$  è la lunghezza d'onda del picco espressa in  $\mu\text{m}$ , T è la temperatura del corpo nero espressa in Kelvin.

Il Sole ha una temperatura superficiale di circa 5700 K, così:

$$\lambda_{max} = 2897/5777 \approx 0.5 \mu\text{m} \text{ (verde)}$$

La temperatura media superficiale terrestre è circa 288 K (i.e.  $\sim 15^\circ\text{C}$ ), così:

$$\lambda_{max} \approx 10 \mu\text{m} \text{ (infrarosso)}$$

# Equazione di Stefan-Boltzmann

La radiazione totale emessa da un corpo nero per  $m^2$  al secondo in tutte le lunghezze d'onda,  $M$  è data dall'equazione **Stefan-Boltzmann**

$$M = s T^4$$

Costante Stefan-Boltzmann,  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ , così:

$$\begin{aligned} M_{\text{sole}} &\approx (5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}) \times (5777 \text{ K})^4 \\ &\approx 6.3 \times 10^7 \text{ Wm}^{-2} \\ &\approx 63 \text{ MW m}^{-2} \end{aligned}$$

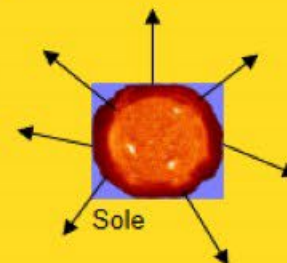
$$\begin{aligned} M_{\text{terra}} &\approx (5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}) \times (288 \text{ K})^4 \\ &\approx 390 \text{ W m}^{-2} \end{aligned}$$

# Radiazione Solare sulla Superficie della Terra

## Effetto della distanza Terra-Sole:

la Terra riceve una piccola frazione dell'energia totale emessa dal sole

$$E_0(\lambda) = M_{sun}(\lambda) \left( \frac{r_{sun}}{d} \right)^2$$



Terra

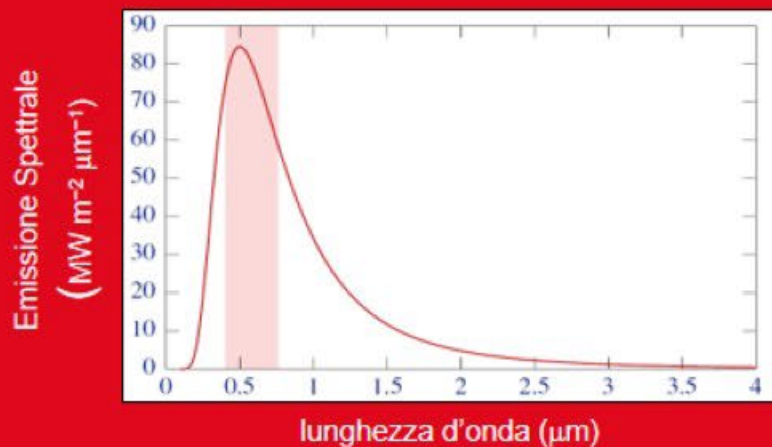
$E_0(\lambda)$  è la radiazione solare incidente al top dell'atmosfera terrestre (*exo-atmospheric solar spectral irradiance*),

$M_{sun}(\lambda)$  è l'emissione spettrale del sole,

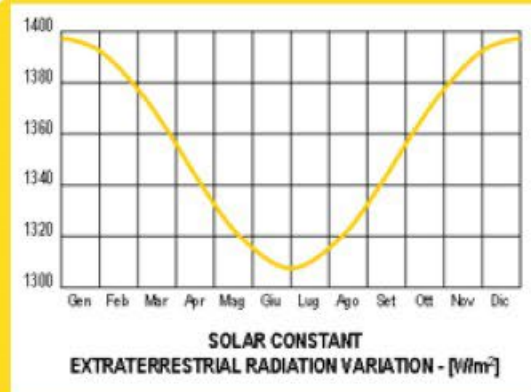
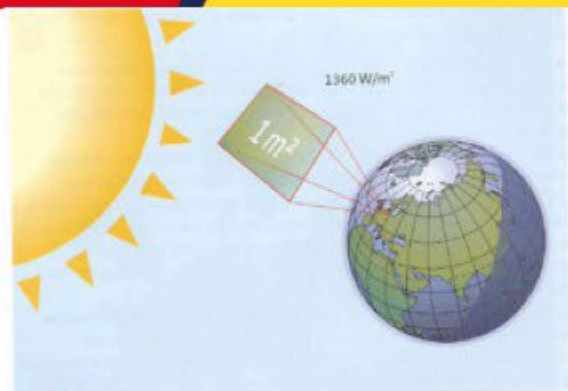
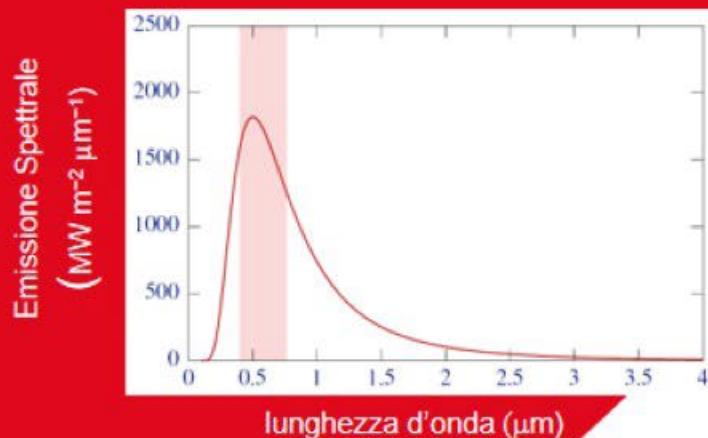
$r_{sun}$  è il raggio del sole ( $r \approx 6.96 \times 10^8 m$ ),

$d$  è la distanza media tra Terra e Sole ( $d \approx 1.5 \times 10^{11} m$ ).

# Radiazione del Corpo Nero del Sole



# Spettro Solare Eso-Atmosferico



## Costante solare

è la quantità di energia che nell'unità di tempo colpisce l'unità di area situata al di fuori dell'atmosfera terrestre e posta perpendicolarmente alla direzione dei raggi solari.

$$E_0 \approx 1370 \text{ W m}^{-2}$$

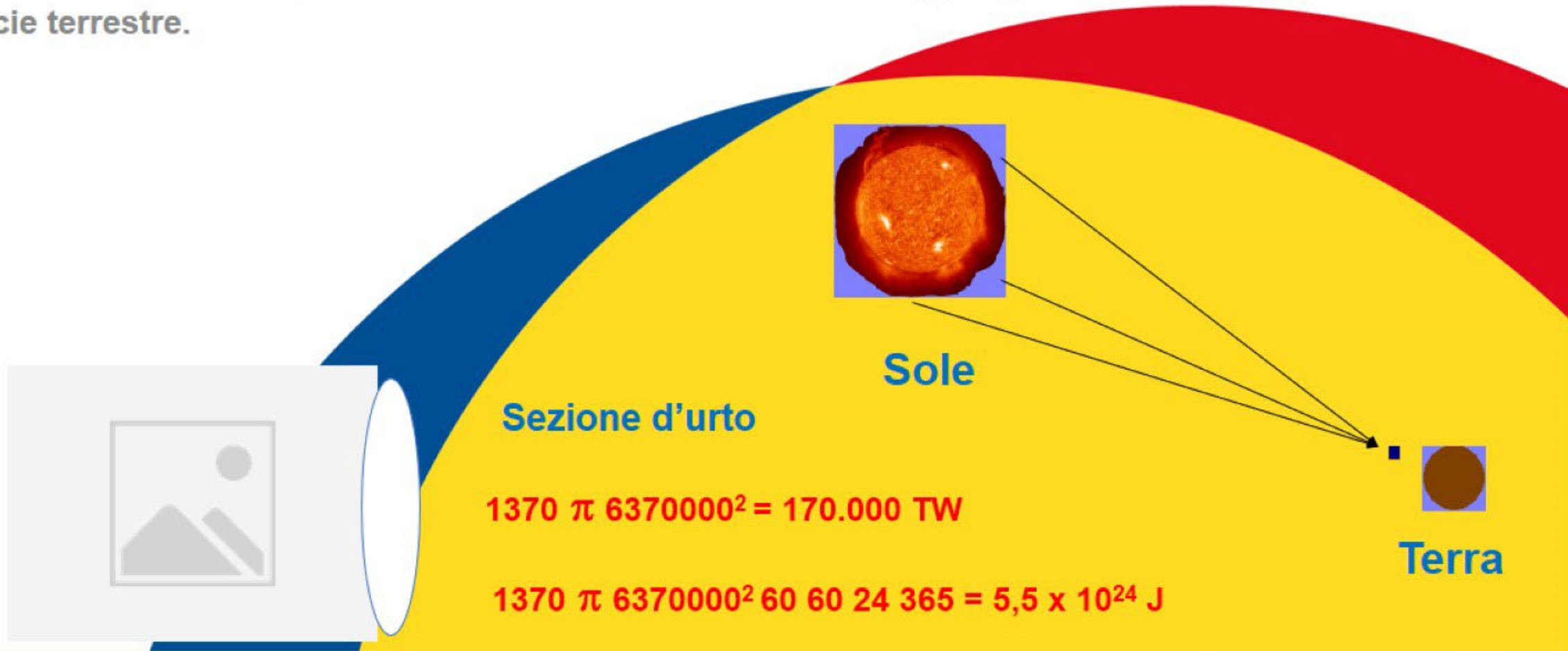
ma è una definizione approssimata in quanto  $E_0$  varia anche se di poco durante il ciclo solare e più sensibilmente durante periodi di tempo più lunghi. L'Irradiazione Solare Totale descrive più accuratamente l'energia ricevuta.



# Irradiazione Solare Totale

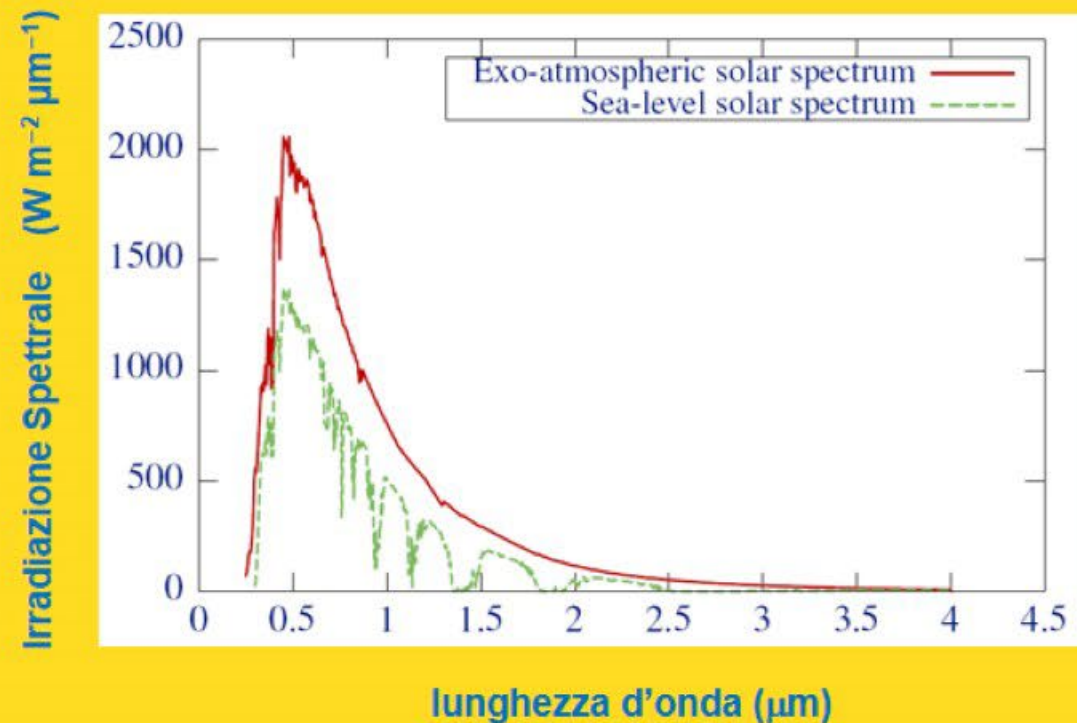
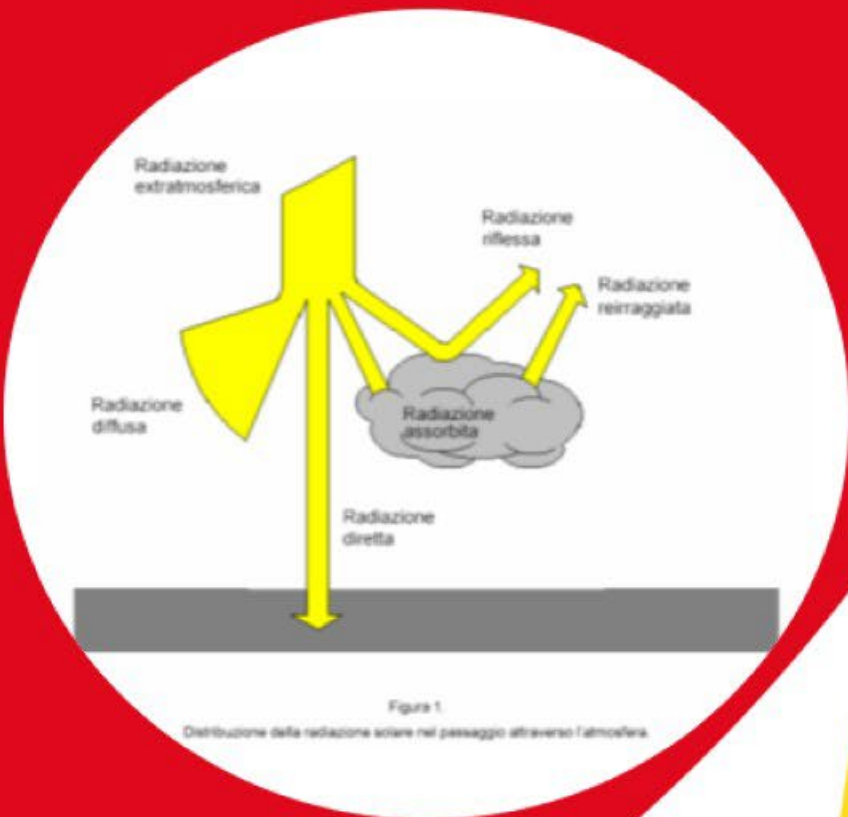


Complessivamente, la quantità di energia che il Sole irradia annualmente entro l'atmosfera terrestre è di  $5,5 \times 10^{24}$  Joule e di essa circa il 70% raggiunge la superficie terrestre.



# Spettro Solare Eso-Atmosferico e a livello del mare







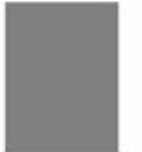

## Effetto dell'Atmosfera



Si assume che il valore massimo della radiazione disponibile istantaneamente al suolo sia di **1000 W/m<sup>2</sup>**, ma in realtà dipende dalle condizioni meteorologiche

Tabella 1.

Intensità approssimata della radiazione solare.

Radiazione solare	Condizioni atmosferiche							
	Cielo sereno	Nebbia	Nuvoloso	Disco solare giallo	Disco solare bianco	Sole appena percettibile	Nebbia fitta	Cielo coperto
								
globale	1000 W/m <sup>2</sup>	600 W/m <sup>2</sup>	500 W/m <sup>2</sup>	400 W/m <sup>2</sup>	300 W/m <sup>2</sup>	200 W/m <sup>2</sup>	100 W/m <sup>2</sup>	50 W/m <sup>2</sup>
diretta	90%	50%	70%	50%	40%	0%	0%	0%
diffusa	10%	50%	30%	50%	60%	100%	100%	100%

# Energia disponibile sulla Terra e consumi

L'unità di misura dell'**Energia** è il **Joule**. 1 joule è il lavoro richiesto per esercitare una forza di 1 newton per una distanza di 1 metro, perciò la stessa quantità può essere riferita come Newton x metro:  $1J = 1N \times 1m$  ( $L = F \times s$ ) ( $kg \cdot m^2/s^2$ ).

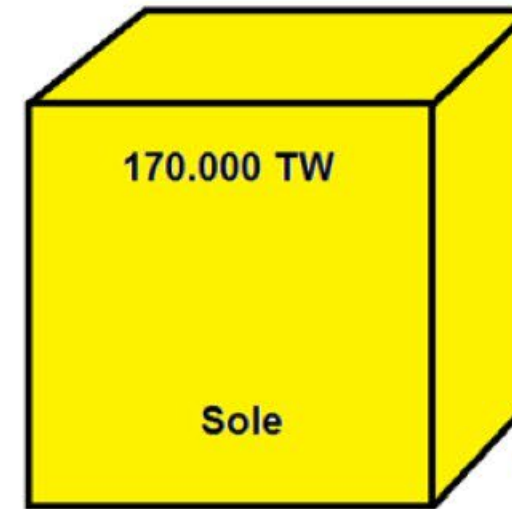
*Un modo di visualizzare il joule è il lavoro richiesto per sollevare una massa di 102 g (una piccola mela) per un metro, opponendosi alla forza di gravità terrestre.*

L'unità di misura della **Potenza** è il **W (watt)** (quantità di lavoro compiuta nell'unità di tempo):  $P = L / t$ : 1 W è il lavoro di 1 joule compiuto in 1 secondo:  $1W = 1J / 1s$

Pertanto la potenza indica la velocità alla quale un lavoro viene compiuto, oppure l'energia che viene sviluppata o consumata nel tempo.

*Un joule è anche il lavoro svolto dalla potenza di un watt per un secondo, esattamente come se qualcuno impiegasse un secondo per sollevare la mela.*

**L'energia disponibile è considerevole: va utilizzata con intelligenza e distribuita in modo equo**



Geotermico



36 TW

Necessità di cibo



0,82 TW

Consumo globale



21 TW

Sole:	170.000.000.000.000.000 W
Geotermico:	36.000.000.000.000 W
Necessità di cibo*:	820.000.000.000 W
Consumo globale:	21.000.000.000.000 W

*\* circa 1/26 del consumo attuale*

# Energia solare (sintesi)



L'energia solare si trasmette, attraverso lo spazio, sotto forma di radiazioni elettromagnetiche in pacchetti (**fotoni**), che interagiscono con l'atmosfera e la superficie terrestre.

La quantità di radiazione solare all'estremo bordo dell'atmosfera terrestre, quando la Terra si trova alla distanza media dal Sole è chiamata costante solare: il suo valore è di **1370 W/m<sup>2</sup>**

Complessivamente, la quantità di energia che il Sole irradia annualmente entro l'atmosfera terrestre è di **5,5 x 10<sup>24</sup> Joule** e di essa circa il 70% raggiunge la superficie terrestre.

Nell'attraversare l'atmosfera, il 19% delle radiazioni viene direttamente assorbito da questa mentre il 30% viene riflesso nello spazio dalle molecole dei gas e dalle nubi.

Se il cielo fosse sempre limpido, fino all'80% della radiazione solare raggiungerebbe il suolo.  
In conclusione, la superficie terrestre assorbe circa il 47% delle radiazioni solari.

## Energia dal Sole sulla Terra

Al top dell'atmosfera:

$$Q_S = 1370 \text{ W/m}^2$$

$$Q_S \cdot \pi R^2 = 1.7 \cdot 10^{17} \text{ W} = 170.000 \text{ TW}$$

$$Q_{\text{Tanno}} = 5.5 \cdot 10^{24} \text{ J}$$

Sulla superficie:

$$Q_{\text{Tanno}} = 3.9 \cdot 10^{24} \text{ J}$$

Il flusso dell'energia solare sulla Terra è circa 8.000 volte superiore al consumo energetico mondiale attuale:

17 TW      2015      -      35 TW      2050

circa 21 TW nel 2025

# Risorse: energia



23 gennaio 2025

## ENERGY

467,493,523	Energy used today (MWh), of which:	<b>467.495.734</b>	<b>Energia consumata oggi (MWh), di cui:</b>
397,956,885	- from non-renewable sources (MWh)	<b>398.043.892</b>	<b>da fonti non rinnovabili (MWh)</b>
70,400,447	- from renewable sources (MWh)	<b>70.415.839</b>	<b>da fonti rinnovabili (MWh) 15%</b>
2,929,337,650,357	Solar energy striking Earth <b>today</b> (MWh)	<b>2.929.978.109.763</b>	<b>Energia solare sulla terra oggi (MWh)</b>
95,882,818	Oil pumped today (barrels)	<b>95.903.781</b>	<b>Petrolio estratto oggi (barili)</b>
1,344,987,277,742	Oil left (barrels)	<b>1.344.987.256.799</b>	<b>Petrolio rimanente (barili)</b>
14,026	Days to the end of oil (~38 years)	<b>14.026</b>	<b>Giorni alla fine del petrolio ~ 38 anni</b>
1,063,460,041,643	Natural Gas left (boe)	<b>1.063.460.037.488</b>	<b>Gas rimanente (boe)</b>
55,972	Days to the end of natural gas	<b>55.972</b>	<b>Giorni mancanti alla fine del gas ~ 153 anni</b>
4,267,029,881,781	Coal left (boe)	<b>4.267.029.875.436</b>	<b>Carbone restante (boe)</b>
147,139	Days to the end of coal	<b>147.193</b>	<b>Giorni mancanti alla fine del carbone ~ 403 anni</b>

worldometers

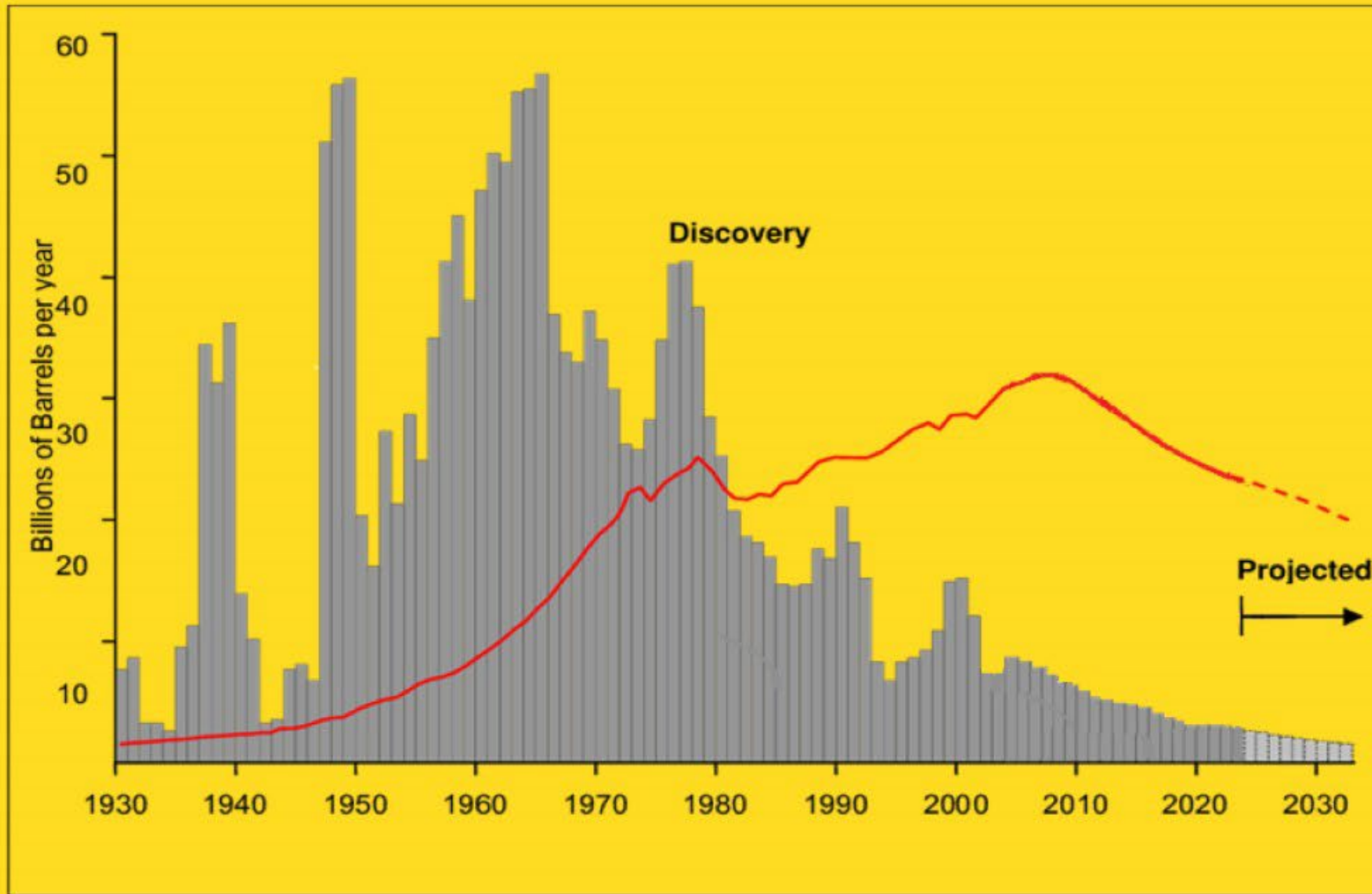
(boe\*) barile di petrolio equivalente

\* barile di petrolio: 159 litri, 35 galloni imperiali, 42 galloni statunitensi.

barile di birra britannico: 164 litri, 36 galloni imperiali, 43 galloni statunitensi.

barile di birra statunitense: 117 litri, 26 galloni imperiali, 31,5 galloni statunitensi.

barile fluido statunitense (in settori diversi da quello petrolifero e della birra): 119 litri, 31,5 galloni imperiali, 26 galloni statunitensi.



Scoperte di petrolio nel passato,  
proiezione di nuove scoperte future  
La produzione di petrolio globale è  
indicato con la linea rossa

# Scoperte di petrolio e produzione

## UTILIZZO DELLE FONTI ENERGETICHE NEL MONDO

- Petrolio 31,4%
- Carbone 29,0%
- Gas naturale 21,3%
- Biomasse 10,0%
- Energia nucleare 4,8%
- Idroelettrico 2,4%
- Rinnovabili (eolico, solare, ecc.) in decisa crescita

Sono fonti rinnovabili l'energia solare e quelle che da essa derivano:

- l'energia idraulica,
  - del vento,
  - delle biomasse,
  - delle onde e delle correnti
- ma anche:
- l'energia geotermica,
  - l'energia dissipata sulle coste dalle maree
  - i rifiuti industriali e urbani

Con opportune tecnologie è possibile convertire queste fonti in energia termica, elettrica, meccanica o chimica.

**CONCLUSIONE:** con l'esaurimento delle energie fossili e il conseguente emissione di gas serre e inquinanti diventa indispensabile incrementare l'uso delle rinnovabili in particolare derivanti dal sole.



## LE FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA

Le fonti “rinnovabili” di energia sono quelle fonti che, a differenza dei combustibili fossili e nucleari destinati ad esaurirsi in un tempo definito, possono essere considerate inesauribili.

### DIPENDENTI DAL SOLE

- Biomasse
- Solare termico
- Solare termodinamico
- Solar cooling
- Eolico
- Idroelettrico
- Onde del mare
- Correnti marine
- Fotovoltaico



# ENERGIA DALLE BIOMASSE

Le biomasse comprendono vari materiali di origine biologica:

- legname da ardere
- residui agricoli e forestali
- scarti dell'industria agroalimentare
- reflui degli allevamenti
- rifiuti urbani
- specie vegetali coltivate per lo specifico scopo



## COMBUSTIONE

Riscaldamento individuale (caldaie a legna, cippato, pellet o a tronchetti)

Riscaldamento con centrali a biomasse (teleriscaldamento) fino a 10 MW.

Un albero durante la sua crescita riassume la stessa quantità d'anidride carbonica CO<sub>2</sub> immessa in atmosfera bruciandolo.

## FERMENTAZIONE BIOLOGICA

Discariche: BIOGAS (principalmente metano)

## BIOCARBURANTI

**BIODIESEL**: ottenuto dalla spremitura di semi di piante oleaginose – colza, soia, girasole.

**BIOETANOLO**: ottenuto dalla fermentazione alcolica di zuccheri estratti da cereali, canna da zucchero, sorgo.

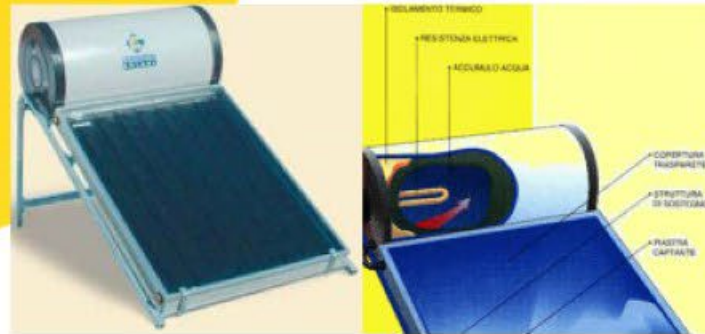
La differenza tra biocarburanti e combustibili fossili è la rinnovabilità. Un combustibile fossile non è rinnovabile perché impiega milioni di anni per formarsi. Il biocombustibile è rinnovabile perché deriva dalle biomasse che possono essere prodotte ogni anno attraverso pratiche ecosostenibili.

## Solare termico

Un impianto a collettori solari è costituito da un pannello solare che contiene un liquido termovettore (il glicole), che trasporta il calore all'interno dell'edificio. Il glicole circola dentro uno scambiatore di calore (tipo serpentina), inserito all'interno di un serbatoio di accumulo, e cede energia termica all'acqua, che raggiunta una temperatura di 45°C viene immessa nell'impianto di riscaldamento dell'abitazione.

Esistono impianti a circolazione naturale, dove il flusso riscaldato risale verso l'alto dove è presente il serbatoio di accumulo (poiché l'acqua si raffredda facilmente nel serbatoio viene posta una resistenza elettrica per sopperire alle carenze energetiche e di efficienza), e impianti a circolazione forzata, dove il flusso del liquido è agevolato da una pompa elettrica.

I collettori che hanno massima efficienza sono costituiti da tubi sottovuoto.

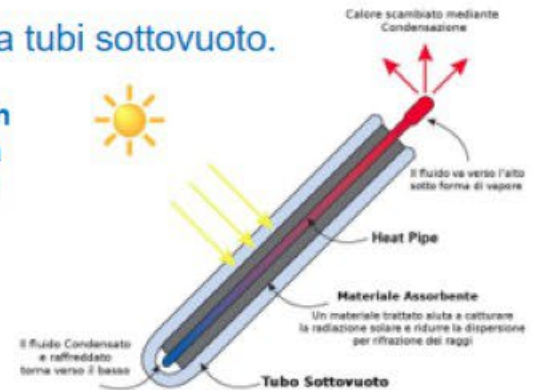


Efficienza ~70%

Fabbisogno in superficie: 1 m<sup>2</sup> per persona



tubo di rame con un alcol che evapora a basse temperature



**Massimo rendimento da tubi sottovuoto**  
*eliminano la convezione e riducono l'irraggiamento grazie al vetro*

# Solare termico



“Globo solare” per usi domestici



Forni solari: cuocere i cibi con l'energia del Sole

# Solare Termodinamico o Centrale solare a concentrazione

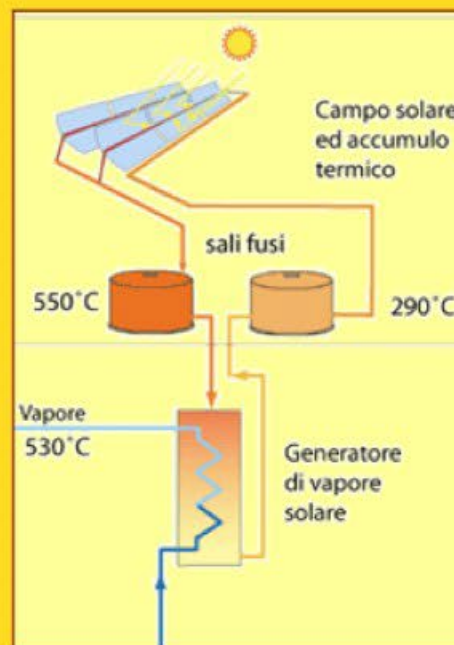


Un impianto **solare termodinamico**, anche noto come **centrale solare a concentrazione**, oppure **centrale solare termoelettrica**, è una tipologia di **centrale elettrica** che sfrutta, come fonte energetica primaria, la radiazione solare, accumulandola sotto forma di calore per mezzo di tecniche di concentrazione solare, per convertirla, tramite una turbina a vapore, ottenendo una produzione di energia elettrica.

Wikipedia



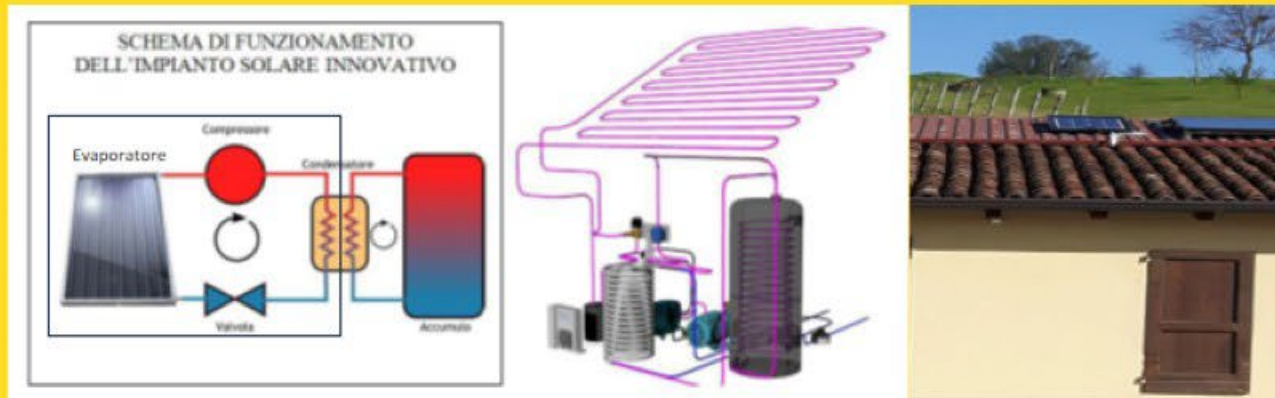
Esempio di impianto a concentratori parabolici. Su questo schema l'ENEA ha sviluppato il progetto Archimede.



Problemi di impatto ambientale e di controllo della potenza.



Esempio di concentratore a parabola da 30 kWatt



## Solare termodinamico

Il sistema in figura comprende:

- un pannello solare termico sottile e leggero di 8 kg di 2 m x 0,8 m;
- un gruppo termodinamico (pompa di calore);
- un boiler (in questo caso da 250 litri);
- un gruppo di sicurezza;
- una valvola riduttrice di pressione;
- un manometro.

Il sistema funziona bene anche in condizioni di bassa insolazione o anche in assenza del sole.

La potenza termica nominale max è di 1690/2900 W con una potenza elettrica assorbita nominale max di 390/550 W e quindi con un COP (Coefficient Of Performance) di 4,3/5,3.

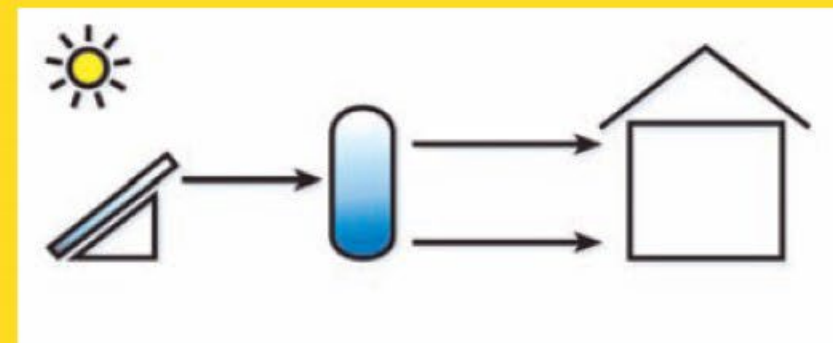
Il sistema prevede un numero elevato di pannelli che per le piscine possono arrivare a 40 pannelli con un boiler da 500 litri, una portata d'acqua di 5 m<sup>3</sup>/h, una potenza termica nominale max di 54,6 kW con una potenza elettrica assorbita nominale max di 8,45 kW con un COP di 6,5. E' previsto anche un sistema per acqua sanitaria con grandi volumi: 40 pannelli, 2 boiler da 3000 litri, una portata d'acqua di 5 m<sup>3</sup>/h, potenza termica nominale max è di 54,6 kW con una potenza elettrica assorbita nominale max di 8,45 kW con un COP di 6,5.

## Climatizzazione per assorbimento SOLAR COOLING

Il concetto generale che sta alla base del funzionamento dei sistemi *Solar Cooling* è rappresentato dalla possibilità di produrre freddo da una sorgente di calore “calda”



La possibilità di utilizzare la radiazione solare per il condizionamento appare quanto mai opportuna (solar cooling), in quanto essa è maggiormente disponibile proprio nel periodo estivo, quando la domanda di elettricità raggiunge picchi estremi per l'uso eccessivo dei tradizionali condizionatori d'aria, fino a causare talvolta dei black out della rete elettrica.

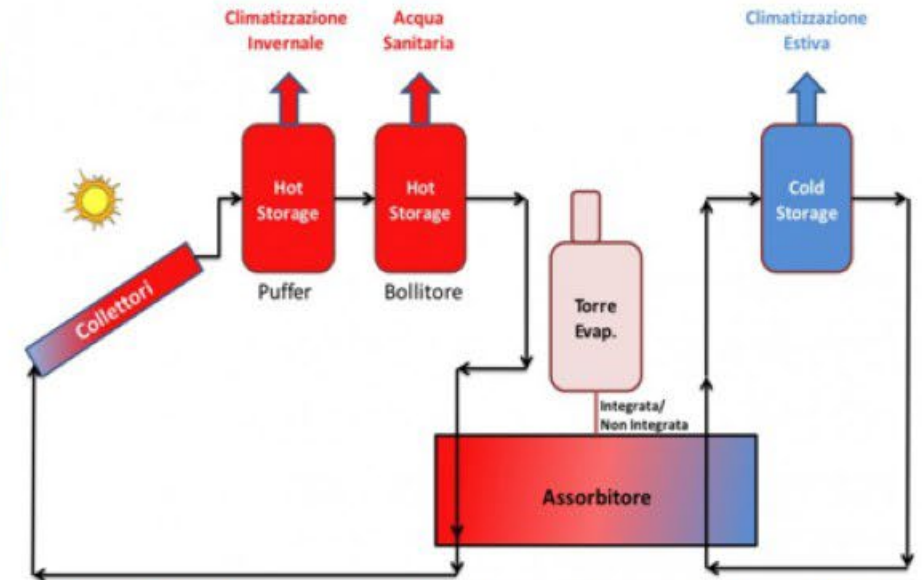


Le pompe di calore utilizzate per il solar cooling sono dette “ad assorbimento” e sfruttano la naturale igroscopicità di alcuni sali quali bromuro di litio, ottenuto dal sale marino, oppure ammoniaca e acqua, per generare un ciclo frigorifero continuamente rigenerato dal calore solare. La sorgente primaria di energia necessaria per il raffrescamento è il flusso di calore a temperature che possono essere raggiunte dai collettori solari termici (70-90°C), specialmente i collettori sotto vuoto (o, in alternativa, da motori endotermici per produzione di energia elettrica - trigeneratore). L'energia elettrica necessaria al funzionamento del sistema è quasi trascurabile in quanto è necessaria soltanto per alimentare circuiti ausiliari della pompa di calore ad assorbimento. Il calore refluo di processo che deve essere smaltito può essere utilizzato per produrre acqua calda sanitaria.

# Schema del sistema



Acqua distillata (refrigerante) Bromuro di litio (un sale in grado di assorbire il vapor d'acqua)



Un **puffer** è un serbatoio dove si accumula un fluido perché resti caldo, funge da circuito primario per eventuali scambiatori di calore, quindi è acqua tecnica sostanzialmente "sporca" che garantisce inerzia termica.

Un **bollitore** (o *boiler*) è uno strumento per scaldare liquidi (solitamente acqua) sino all'ebollizione: l'acqua contenuta nel serbatoio di accumulo è il fluido riscaldato, ed è quindi "a perdere".

# Energia eolica

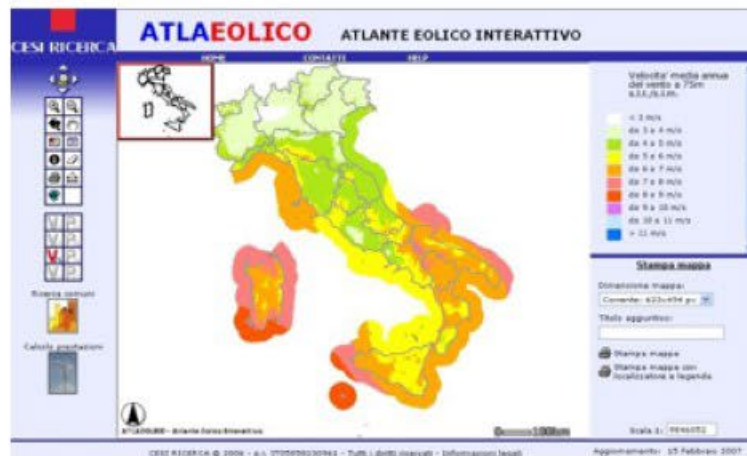
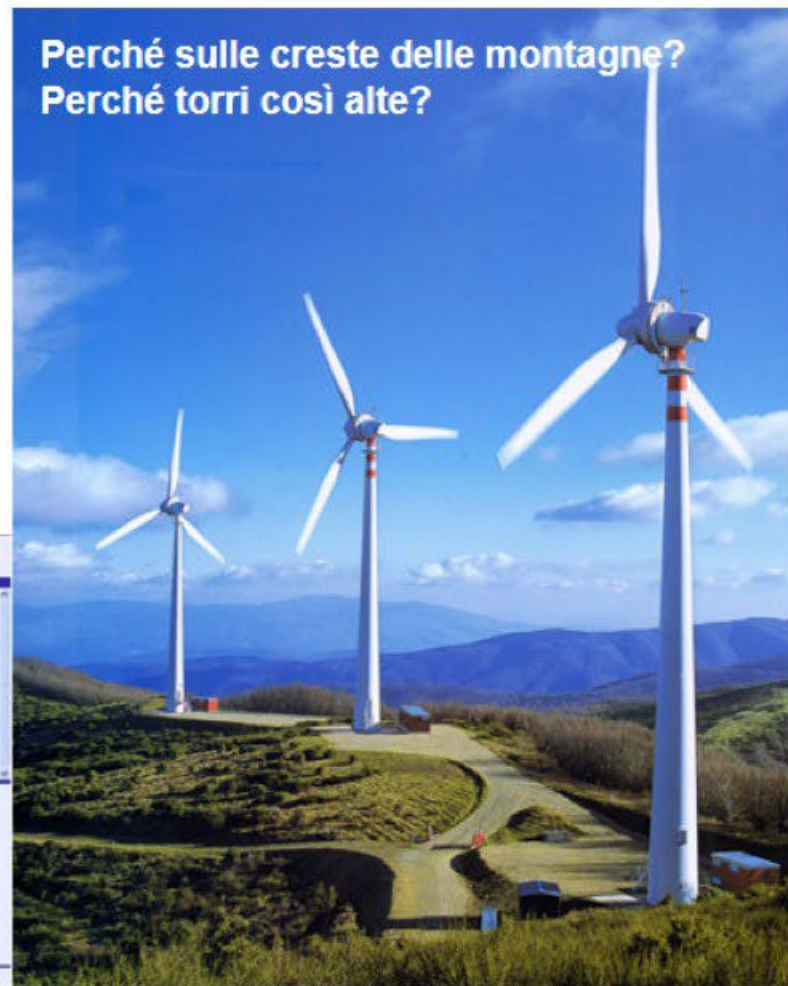


## GLI AEROGENERATORI

Il principio di funzionamento degli aerogeneratori è lo stesso dei mulini a vento: il vento che spinge le pale. Ma nel caso degli aerogeneratori il movimento di rotazione delle pale viene trasmesso ad un generatore che produce elettricità.

Possono avere una, due o tre pale di varie lunghezze: quelli con pale lunghe 50 centimetri vengono utilizzati come caricabatterie, quelli con pale lunghe circa 30 metri, sono in grado di erogare una potenza di 1.500 kW. Il tipo più diffuso è l'aerogeneratore di taglia media, alto oltre 50 metri, con due o tre pale lunghe circa 20 metri. Questo tipo di aerogeneratore è in grado di erogare una potenza di 500-600 kW.

Perché sulle creste delle montagne?  
Perché torri così alte?





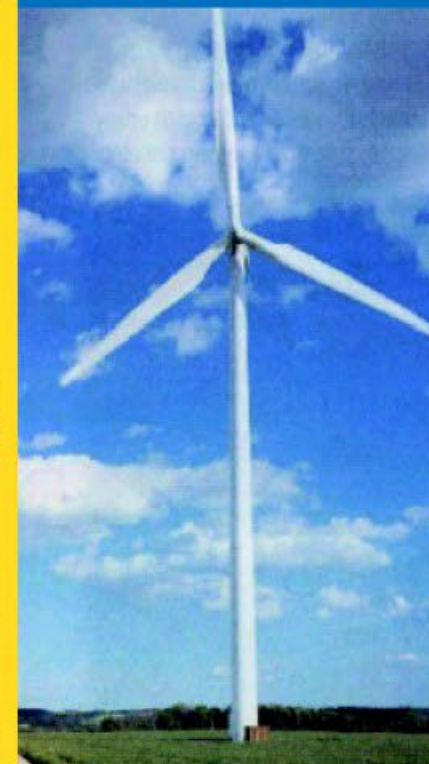


**Velocità del  
vento**



**Asse verticale  
fino 10 kW**

**50-80 m di altezza  
90 di diametro**

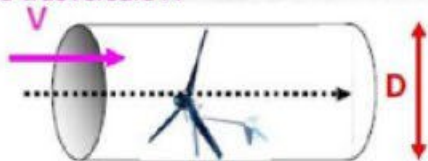


**Asse orizzontale  
0,6 a 2 MW**

## Conversione di energia da fonte eolica

**LA POTENZA TEORICA** espresso in Watt, posseduto da una corrente di fluido con densità  $\rho$  che attraversa alla velocità  $V$  un tubo di flusso di sezione trasversale  $A$

$$W_{\text{teor}} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3$$



poichè  $A$  è dipendente dal raggio dell'aerogeneratore, si ottiene:

$$W_{\text{teor}} = 1,924 \cdot r^2 \cdot V^3$$



**Eolico OFF-SHORE**, cioè degli impianti eolici costruiti e posizionati sul mare ad una distanza massima di 2 km dalla costa.



**Mini Eolico**, cioè impianto che converte l'energia cinetica del vento in energia elettrica la cui altezza è inferiore ai 30 metri circa.

Un aerogeneratore opera a seconda della forza e della velocità del vento: è fermo quando la velocità è inferiore a 4 m/s e produce potenza crescente con vento fino a 20 - 30 m/s. Al di sopra di tale velocità viene messo fuori servizio per ragioni di sicurezza.

**W = Energia cinetica/tempo**  
**=  $\frac{1}{2} r \cdot A \cdot \text{spazio} \cdot v^2 / \text{tempo}$**   
**( $r_{\text{aria}} = 1,225 \text{ kg/m}^3$ )**

L'**efficienza** massima di un impianto eolico può essere calcolata utilizzando la **Legge di Betz**, che mostra come l'energia massima di un generatore qualunque (ad esempio una pala eolica) sia il **59,3%** di quella posseduta dal vento che gli passa attraverso. Tale efficienza è molto difficile da raggiungere, e un aerogeneratore con un'efficienza compresa tra il 40% al 50% viene considerato ottimo.

### **Gli aspetti negativi delle turbine eoliche sono diversi:**

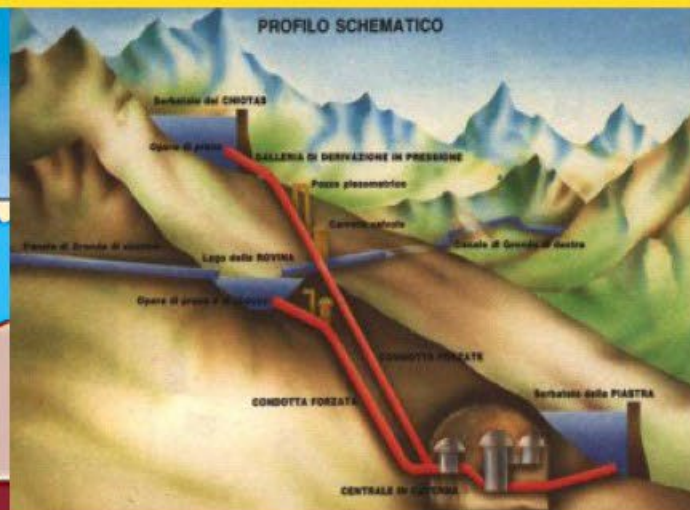
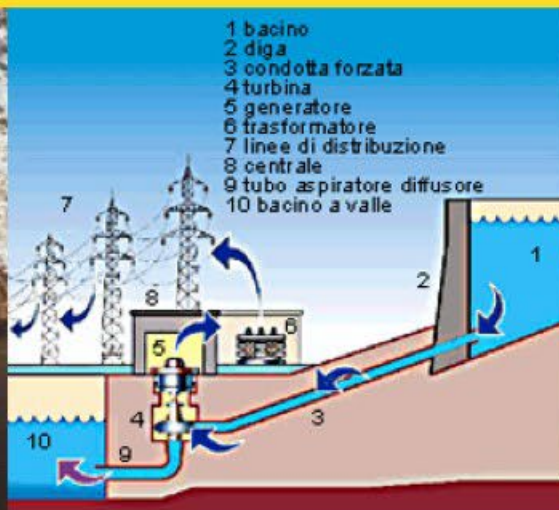
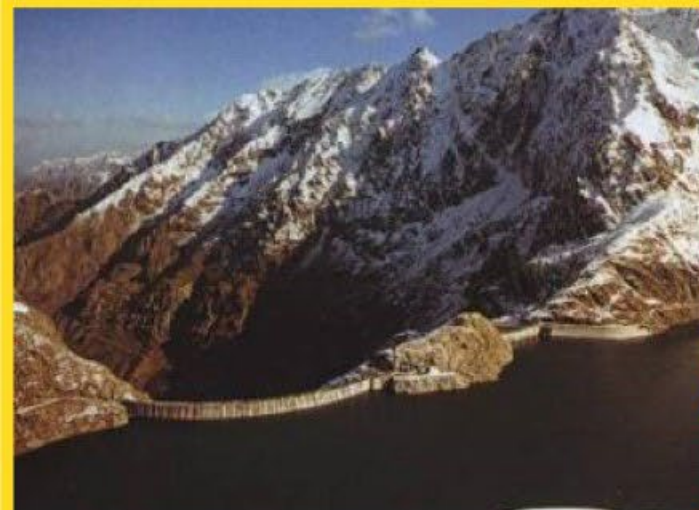
**L'impatto ambientale** è un grosso disincentivo all'installazione di questo genere di impianti.

Nella gran parte dei casi infatti i luoghi più ventosi risultano essere le cime ed i pendii di colline e montagne oltre che le prossimità costiere, spesso luoghi dove la natura viene protetta e dove gli impianti eolici risultano visibili

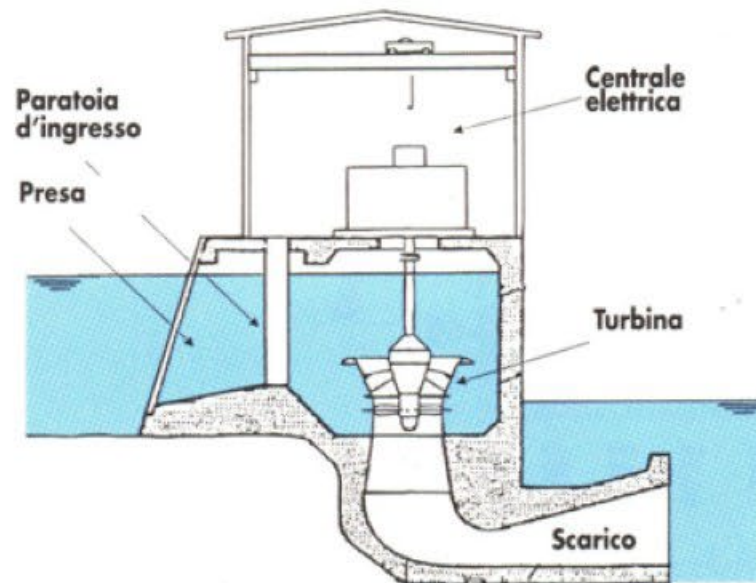
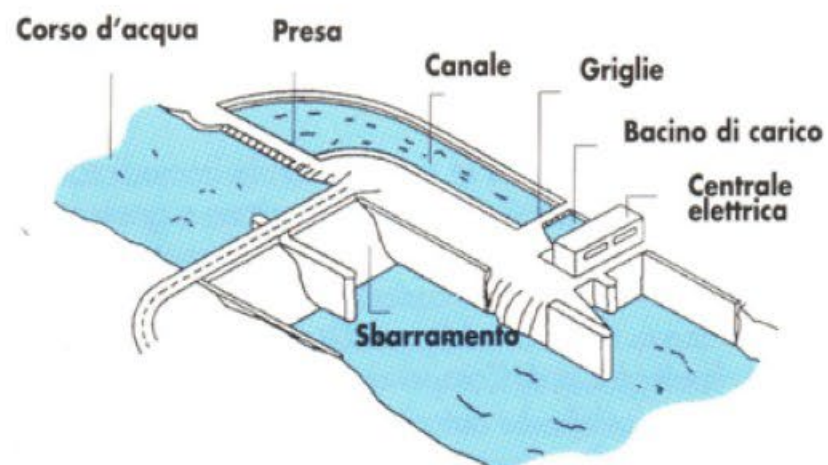
anche da grande distanza, con un **impatto paesaggistico** in alcuni casi non tollerabile.

Inoltre generano un discreto **inquinamento acustico**, che in ecosistemi delicati potrebbe influenzare la vita delle specie animali presenti.

Un secondo problema importante per produzioni in larga scala, è **l'intermittenza** (o "aleatorietà") della potenza elettrica prodotta. Il vento, analogamente al Sole e diversamente dalle fonti di energia convenzionali, dal nucleare o dalle biomasse, non fornisce energia continuamente ed omogeneamente e soprattutto non può essere controllato per adattare l'energia prodotta alla richiesta delle utenze, almeno finché non saranno sviluppate tecnologie di immagazzinamento dell'energia largamente sfruttabili e convenienti.



Due tipi: Centrali a condotta (acqua forzata) e centrali ad acqua fluente

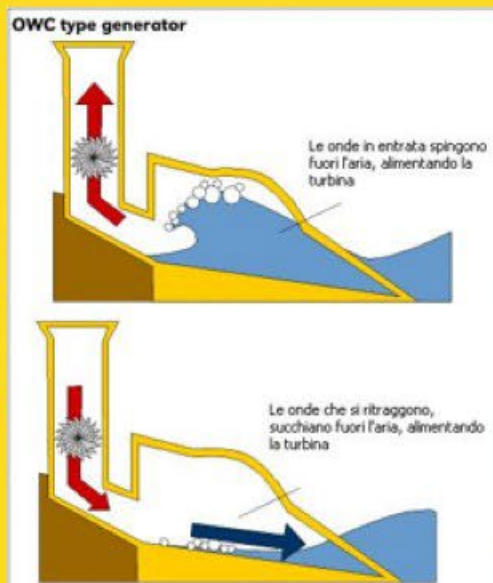


# Idroelettrico

# Energia dal mare



Principio della colonna d'acqua oscillante  
Oscillating Water Column(OWC)



Energia dalle correnti marine (solo prototipi)

# Energia dal gradiente termico

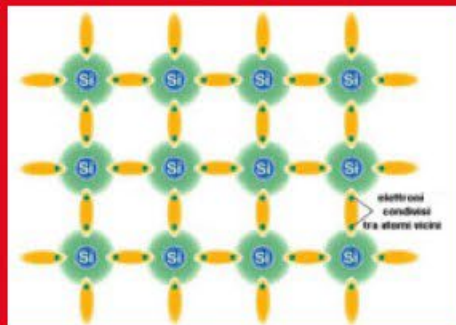
Si sfrutta la differenza di temperatura fra le acque superficiali, che possono raggiungere i 25 - 28 gradi, e quelle situate per esempio ad una profondità di 600 m, che non superano i 6-7 gradi. Posizionando opportuni scambiatori di calore tra la superficie e acqua prelevata dal fondo marino è possibile organizzare dei cicli termodinamici di potenza utilizzando fluidi di lavoro come l'ammoniaca o il fluoro che vaporizzano e condensano ai livelli di temperatura suddetti. E' proprio il vapore che si trova ad alta pressione a muovere una turbina collegata con un generatore di elettricità. All'uscita della turbina i vapori fluiscono in un condensatore dove, raffreddati dall'acqua aspirata dal fondo, tornano allo stato liquido.

Energia dal gradiente termico (prototipo - Hawaii)

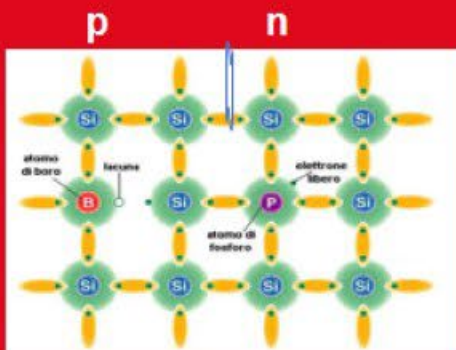


# Fotovoltaico

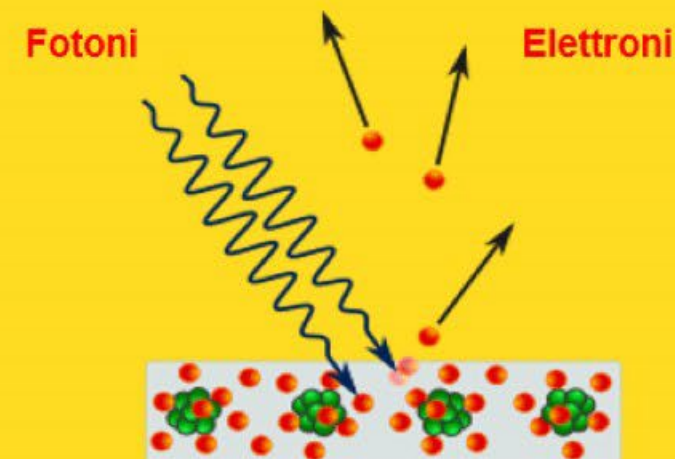
La conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica, realizzata con la cella fotovoltaica, utilizza il fenomeno fisico dell'interazione della radiazione luminosa con gli elettroni di valenza nei materiali semiconduttori, denominato effetto fotovoltaico.



Consideriamo per semplicità il caso di una convenzionale cella fotovoltaica di silicio cristallino.



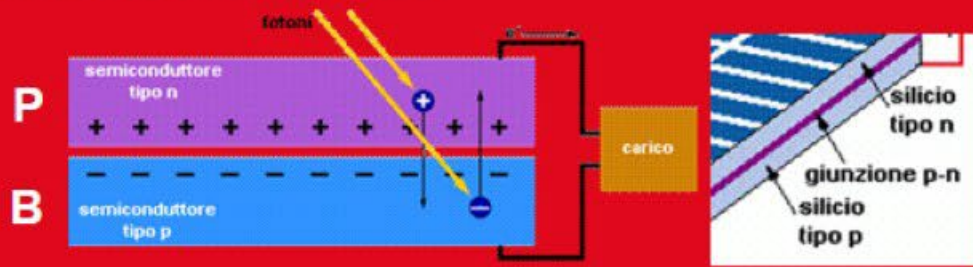
## L'effetto fotovoltaico



Per sfruttare l'elettricità è necessario creare una corrente, mediante un campo elettrico interno alla cella che si realizza mediante il drogaggio con un eccesso di atomi caricati positivamente in una parte del semiconduttore ed un eccesso di atomi caricati negativamente nell'altro.

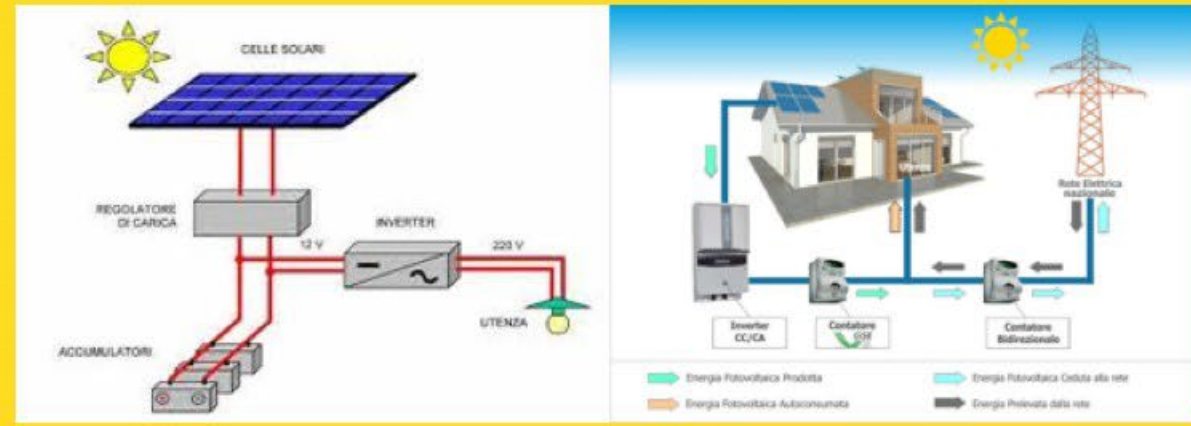
Generalmente si utilizzano il *boro* (terzo gruppo) ed il *fosforo* (quinto gruppo) per ottenere rispettivamente una struttura di tipo p (con un eccesso di lacune) ed una di tipo n (con un eccesso di elettroni). Quando si accoppiano i due tipi di silicio drogati si forma il campo elettrico.

# Fotovoltaico



Illuminando la giunzione p-n dalla parte del silicio tipo n, si generano delle coppie elettrone-lacuna in entrambe le zone n e p. Il campo elettrico separa gli elettroni in eccesso generati dall'assorbimento della luce dalle rispettive lacune, spingendoli in direzioni opposte (gli elettroni verso la zona n e le lacune verso la zona p). Una volta attraversato il campo, gli elettroni liberi non tornano più indietro, perché il campo, agendo come un diodo, impedisce loro di invertire la marcia.

Quindi, se si connette la giunzione p-n con un conduttore, nel circuito esterno si otterrà un flusso di elettroni che parte dallo strato n, a potenziale maggiore, verso lo strato p, a potenziale minore. Fino a quando la cella resta esposta alla luce, l'elettricità fluisce con regolarità sotto forma di corrente continua.



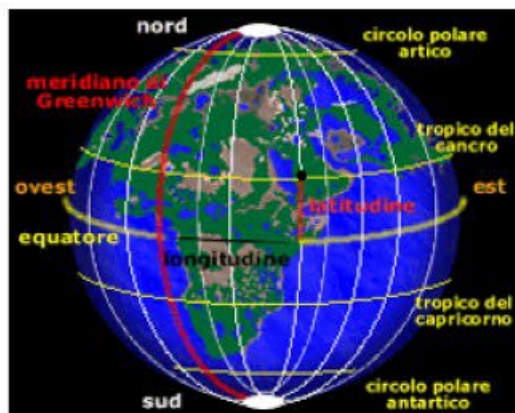
Il fotovoltaico produce energia elettrica in corrente continua. Se viene trasferito in rete o utilizzato nelle abitazioni richiede un inverter per portarlo a 220 V in corrente alternata. L'energia elettrica può essere accumulata in batterie precedute da un regolatore di carica. I pannelli solari ad alta efficienza oggi si aggirano sul 20% di efficienza. Significa che se si hanno 1000 W/m<sup>2</sup> di radiazione solare, si ricava 200 W/m<sup>2</sup>. Alle nostre latitudini un impianto di 1 kWp (chilowatt di picco) produce mediamente 1250 kWh elettrici.

# Energia solare incidente sul fotovoltaico e posizionamento dei pannelli fotovoltaici

Per convenzione la Terra viene suddivisa in **due** emisferi dal piano equatoriale:

- l'**emisfero boreale**, quello a settentrione
- l'**emisfero australe**, quello a meridione

L'intersezione che tale piano provoca con la superficie terrestre è l'equatore.



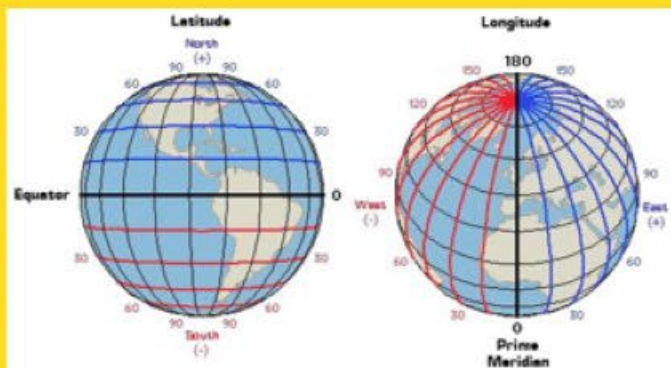
## Le coordinate geografiche

Ognuno di questi emisferi è a sua volta suddiviso in porzioni da cerchi di riferimento che sono detti:

**meridiani e paralleli**

Grazie ad essi è possibile rintracciare con precisione assoluta un qualsiasi punto sulla superficie terrestre avendo solo due valori:

**latitudine e longitudine**



- **meridiano zero**, cerchio massimo passante per i poli ed il punto di Greenwich, località nei pressi di Londra
- **parallelo zero**, cerchio massimo ugualmente distante dai poli, che corrisponde all'equatore.

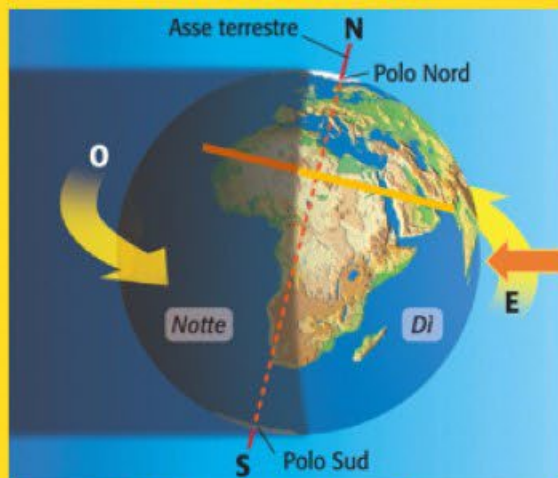


# Rivoluzione della Terra intorno al Sole - Stagioni



## Solstizio d'estate

Maggior durata della radiazione solare



Migliore inclinazione raggi solari

L'asse terrestre è inclinato di 23 gradi e 27 primi sul piano dell'eclittica, il piano sul quale orbita il pianeta.



Il solstizio d'estate è il giorno più lungo e la notte più breve dell'anno, nell'emisfero settentrionale, con maggior luce diurna, che segna ufficialmente l'inizio dell'estate astronomica

# Il sole sorge sempre a Est e tramonta a Ovest? **NO!**

## Posizione del sole all'alba e al tramonto durante l'anno

Alla nostra latitudine di circa  $45^\circ$ , per effetto dell'inclinazione dell'asse terrestre, vediamo il Sole salire a un'altezza di circa  $21^\circ$  a mezzogiorno del solstizio di inverno e a  $68^\circ$  a mezzogiorno del solstizio d'estate

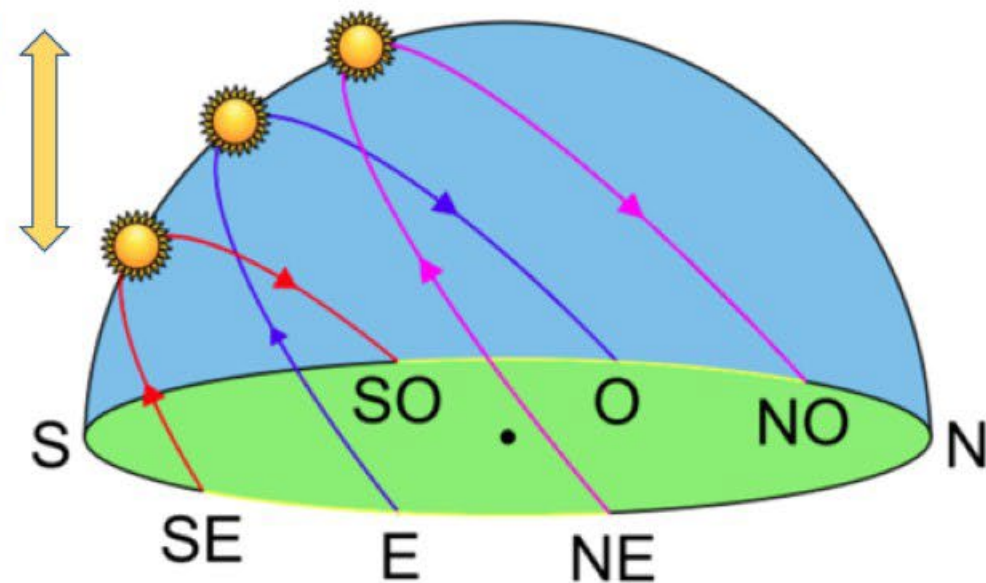
Est e Ovest sono individuabili solo all'alba e al tramonto degli Equinozi di Primavera e di Autunno.

Il Sole sorge a Sud-Est e tramonta a Sud-Ovest nel periodo invernale e a Nord-Est e Nord-Ovest nel periodo estivo

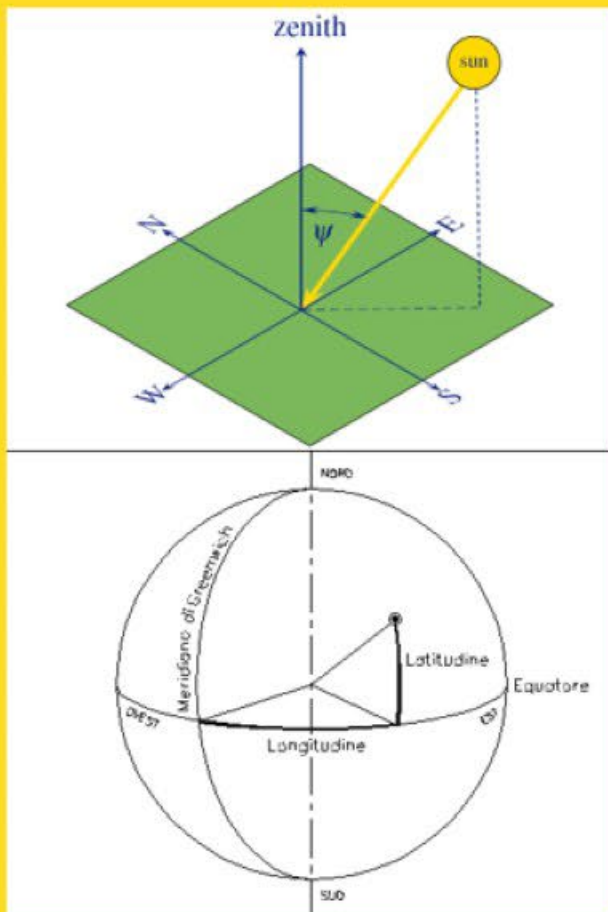
### Alba

*Temp'era dal principio del mattino,  
e 'l sol montava 'n sù con quelle stelle  
ch'eran con lui quando l'amor divino  
mosse di prima quelle cose belle*

*Canto I Inferno - La Divina commedia*



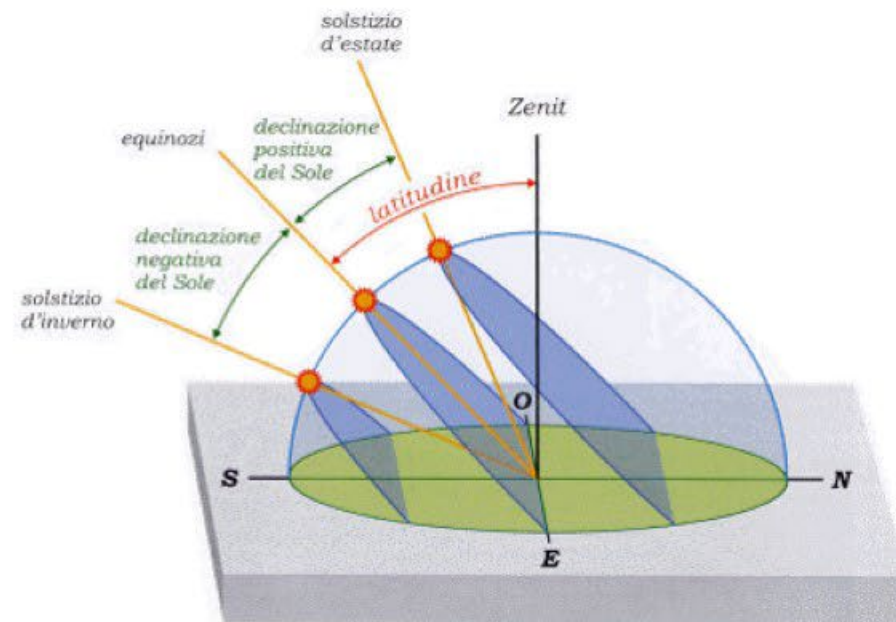
# Posizione del Sole rispetto alla Terra



L'angolo di zenith del Sole,  $\psi$ , varia con la latitudine, il giorno dell'anno e l'ora secondo la seguente formula:

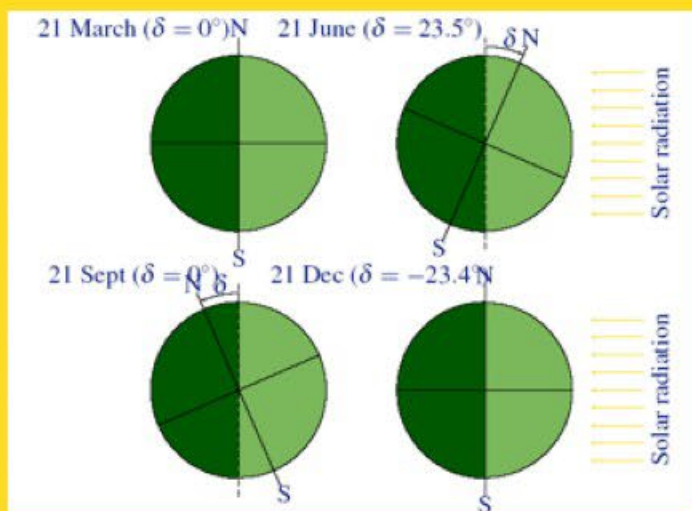
$$\cos \psi = \sin \phi_L \sin \delta + \cos \phi_L \cos \delta \cos \theta$$

$\phi_L$  è la latitudine del sito in studio,  $\delta$  è l'angolo di declinazione del sole,  $\theta$  è l'angolo orario del Sole.

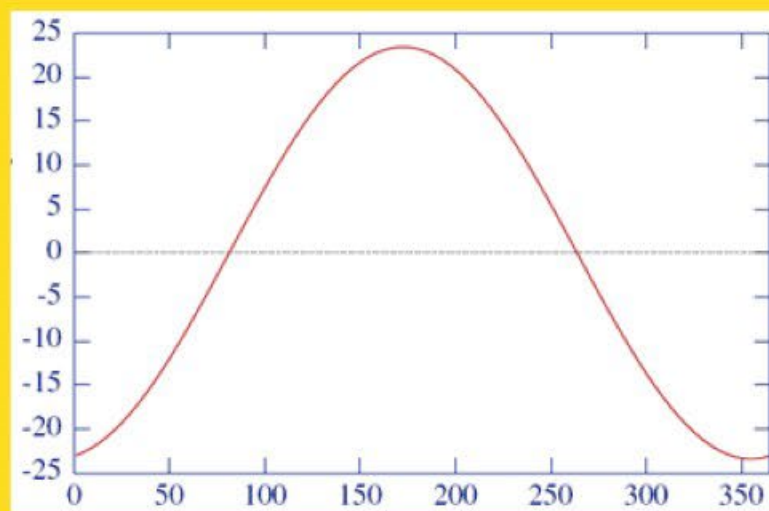


La declinazione del Sole  $d$  è la stessa per tutti i luoghi della terra e va da  $d = 0^\circ$  durante gli equinozi a un massimo positivo  $d = + 23^\circ 27'$  durante il solstizio d'estate a un minimo di  $d = - 23^\circ 27'$  al solstizio d'inverno.

Angolo di declinazione del Sole descrive l'angolo del piano del sole rispetto all'equatore terrestre. E' legato alla rotazione della Terra intorno al Sole, cioè al ciclo delle stagioni.



Angolo di declinazione del Sole,  $\delta$



Valore approssimato di  $\delta$  ottenuto da:

$$\delta = -23.4 \cos\left(\frac{360(DoY + 10)}{365}\right)$$

*DoY* è il giorno dell'anno

*DoY* = 1 1 Gennaio

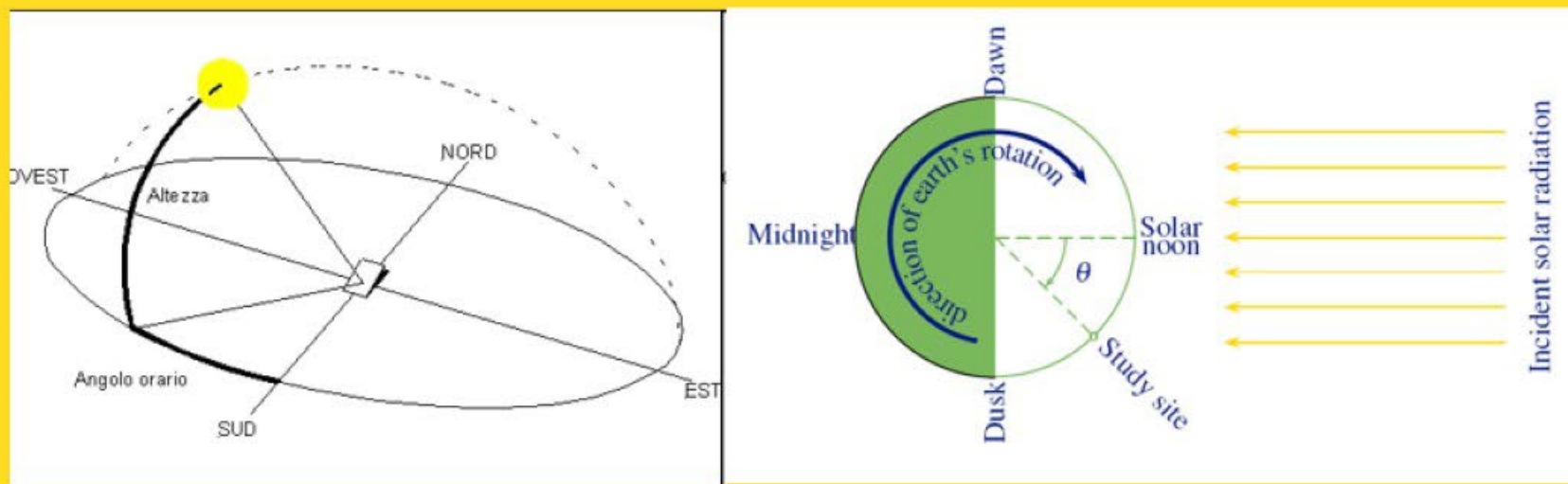
*DoY* = 2 2 Gennaio

ecc. . .

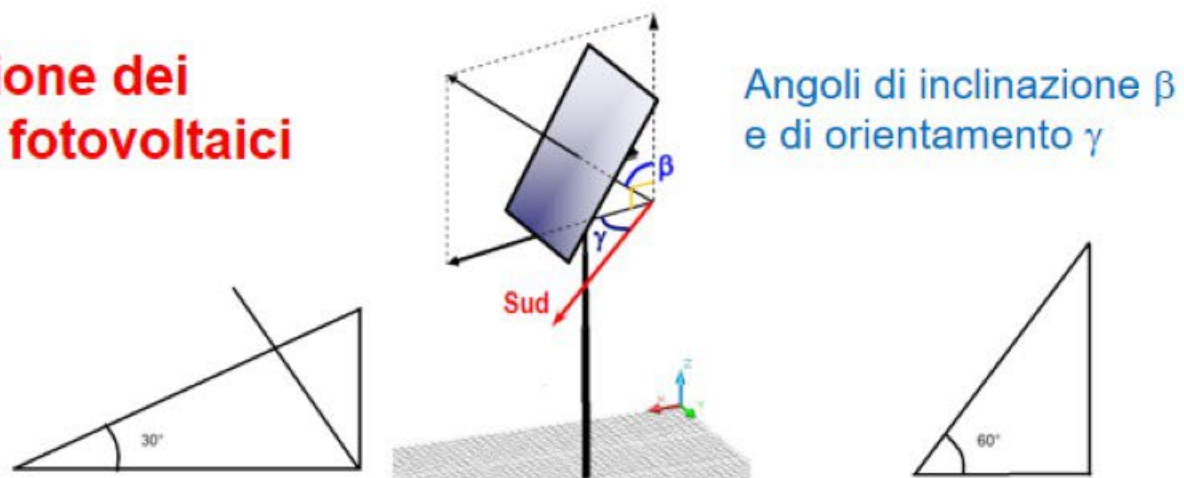
Angolo orario del Sole  $\theta$ , descrive l'angolo attraverso il quale la Terra ha ruotato rispetto al mezzogiorno locale. La Terra ruota approssimativamente di  $360^\circ$  ogni 24 ore, o  $15^\circ$  per ora, così valori approssimati di  $\theta$  sono dati da:

$$\theta \approx 15 (12 - h)$$

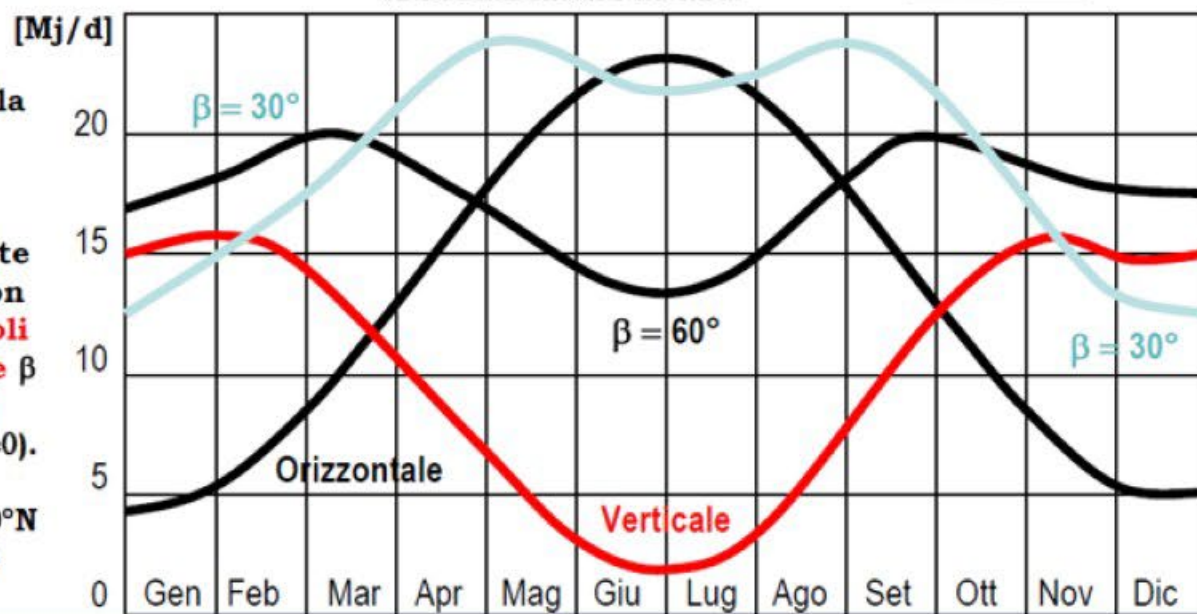
dove  $h$  è il tempo solare locale in ore, e varia da 0 a 24, così che  $\theta = 0^\circ$  al mezzogiorno solare locale. E' legato alla rotazione della Terra intorno al proprio asse.



## Inclinazione dei pannelli fotovoltaici



Confronto fra la radiazione solare giornaliera media incidente su superfici con differenti angoli di inclinazione  $\beta$  ed orientate a Sud (azimut  $\gamma=0$ ). Località con latitudine  $\phi=40^\circ$ N (Nuoro) e cielo sereno



Seminario tecnico sugli impianti fotovoltaici per amministrazioni ed enti pubblici  
Ing. Alessandro PISANO. Cagliari, 19 settembre 2008. Sala Anfiteatro, via Roma 253

# Quanto dura una giornata?

La durata delle giornate, considerate dal momento in cui il sole raggiunge il suo apice, intorno a mezzogiorno, a quello successivo, è variabile.

Il **giorno solare medio** è di 24 ore: media della durata dei giorni di tutto l'anno. I motivi di questi ritardi o anticipi rispetto alle 24 ore (degli orologi), che si accumulano nel tempo, sono dovuti a due motivi:

- **L'eccentricità dell'orbita terrestre**, ovvero il fatto che l'orbita della Terra sia un'ellisse e non un cerchio perfetto.
- **L'inclinazione del piano dell'eclittica** rispetto a quello dell'equatore celeste, comunemente indicata come inclinazione dell'asse terrestre e che vale  $23^{\circ} 27'$

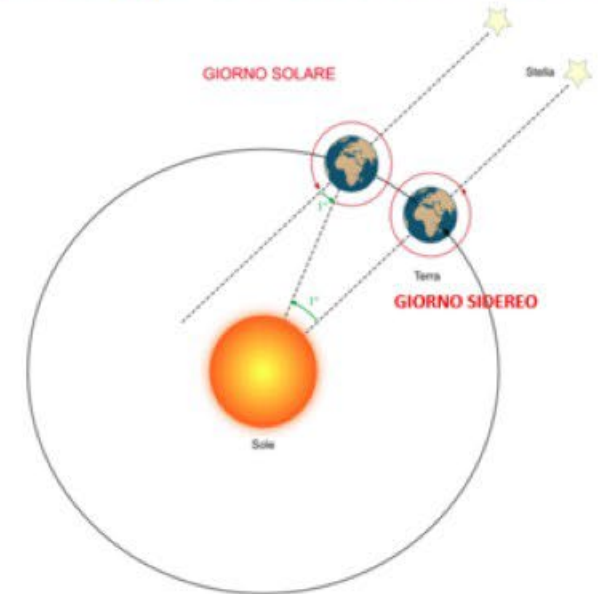
Il **giorno siderale** (o siderale), è il periodo di una rotazione completa di  $360^{\circ}$  della Terra attorno al proprio asse, in cui un osservatore fisso sulla superficie terrestre vede due passaggi consecutivi della medesima stella sul meridiano locale. La sua durata media è di  $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}}$ , equivalente a 86.164,1 secondi. Poiché la Terra compie contemporaneamente il moto di rivoluzione, cambia continuamente posizione e per rivedere il Sole sullo stesso meridiano, dopo una rotazione di  $360^{\circ}$  **deve percorrere un altro tratto di circa  $1^{\circ}$ , corrispondente mediamente a  $3^{\text{m}}56^{\text{s}}$ .**

Il **giorno solare** è perciò più lungo del giorno siderale.

~~24 ore?~~



## La durata del giorno: siderale e solare

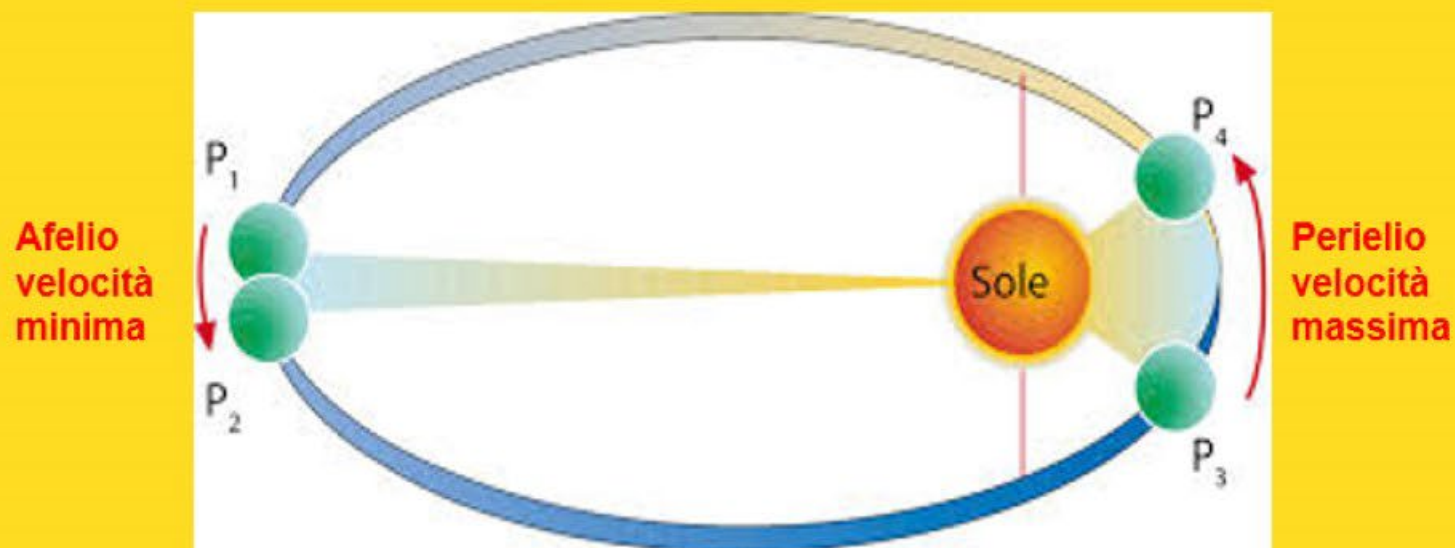


In un anno la Terra compie 366 rotazioni, cioè 366.2564 giorni siderali, ma il Sole sorge e tramonta 365 volte (365 giorni solari medi) L'anno civile è il tempo impiegato dalla Terra a compiere una rotazione intorno al sole per tornare perfettamente sulla linea dell'equinozio che ha una durata pari a 365 giorni, 5 ore, 48 minuti e 45 secondi. Di qui l'anno bisestile ogni quattro anni.

## Equazione del tempo

### Eccentricità dell'orbita terrestre

Nel moto di rivoluzione attorno al Sole la Terra ha una velocità media di circa 107.210 km/h, (circa 29,78 km/s) rispetto a un sistema di riferimento fisso sul sole. La velocità di rivoluzione della Terra non è costante: è maggiore in prossimità del perielio e minore in prossimità dell'afelio per la **Seconda legge di Keplero**: *Il raggio vettore che unisce il Sole a un Pianeta che gli orbita attorno percorre aree uguali in intervalli di tempo uguali* (conservazione del momento angolare  $\mathbf{M} = \mathbf{r} \wedge \mathbf{F} = 0$  forza centrale  $\mathbf{L} = \mathbf{r} \wedge \mathbf{mv} = \text{cost}$ )

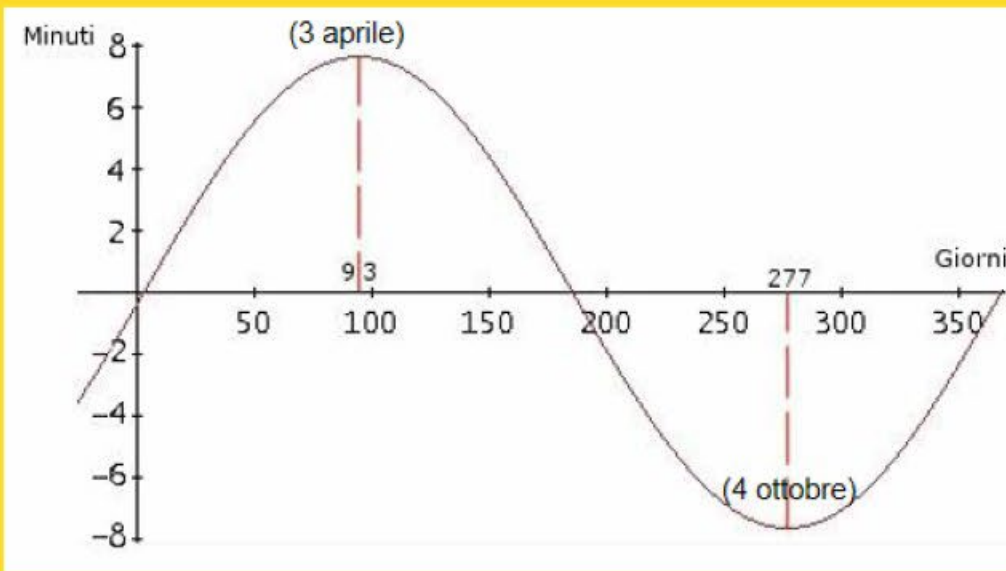
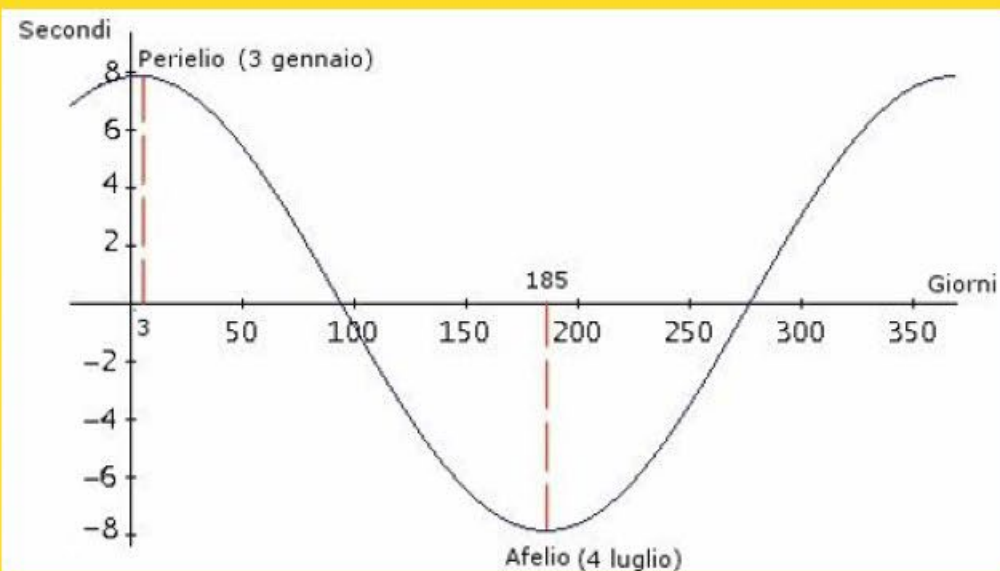




Per la legge di Keplero la Terra dunque accelera in perielio (inverno) e rallenta in afelio (estate). La **durata del giorno solare vero non è costante**: è più lungo in inverno (circa  $8^s$  intorno al 3 gennaio) e più corto in estate (circa  $-7^s$  intorno al 4 luglio), complessivamente  $15^s$ .

Gli scarti si accumulano nel corso dei giorni e il risultato sarà:

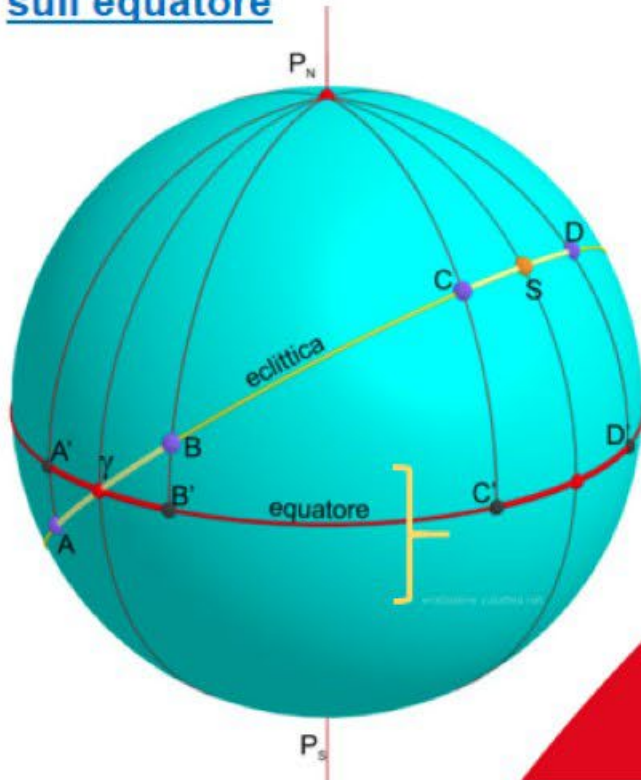
più lungo intorno al 3 aprile di circa  $7,5^{min}$  e più corto intorno al 4 ottobre (circa  $-7,5^{min}$ ) complessivamente circa  $15^{min}$ .



# Inclinazione del piano dell'eclittica

Supponiamo che l'orbita terrestre sia circolare e il Sole percorra apparentemente l'eclittica con moto uniforme. L'eclittica è inclinata di  $23^\circ 27'$  rispetto all'equatore celeste che è un cerchio proiettato su una immaginaria sfera celeste come ingrandimento dell'equatore terrestre e che interseca la sfera celeste.

Archi di eclittica uguali tra loro (AB e CD) non proiettano archi uguali sull'equatore



Il movimento del Sole lungo l'eclittica si scompone in un moto di:

**declinazione** che rappresenta la distanza angolare tra un punto della sfera celeste e l'equatore

e in un moto di:

**ascensione retta** analoga alla longitudine, ma proiettata sulla sfera celeste anziché sulla superficie terrestre che si misura lungo l'equatore celeste

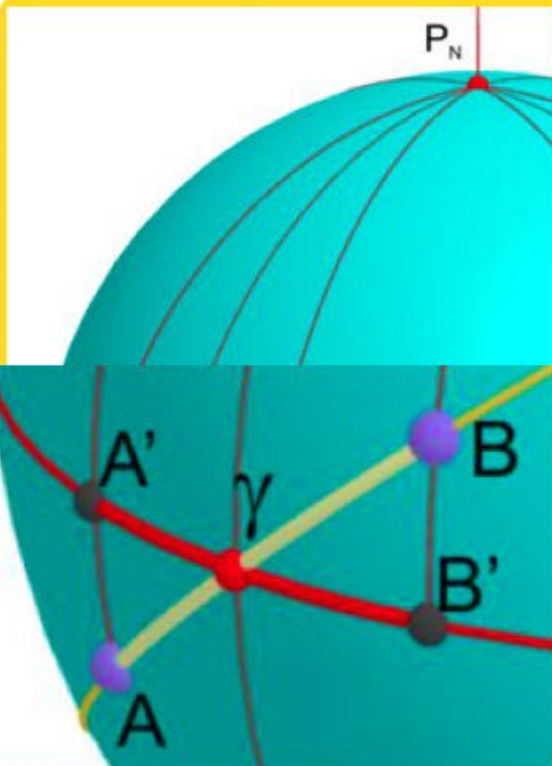
La variazione di declinazione è massima (AB), la variazione di ascensione retta è minima (A'B'). Perciò, intorno agli equinozi (variazione massima della declinazione) la variazione in ascensione retta è minima, e viceversa

## Inclinazione del piano dell'eclittica

Se per ipotesi assurda il sole si spostasse perpendicolarmente al piano dell'equatore su un meridiano celeste (v. freccia gialla) il sole non si sposterebbe lungo l'equatore.

Invece il sole si sposta lungo l'eclittica e quindi lo vediamo salire (e scendere) nel corso dell'anno e quindi spostarsi lungo l'equatore.

### Equinozio

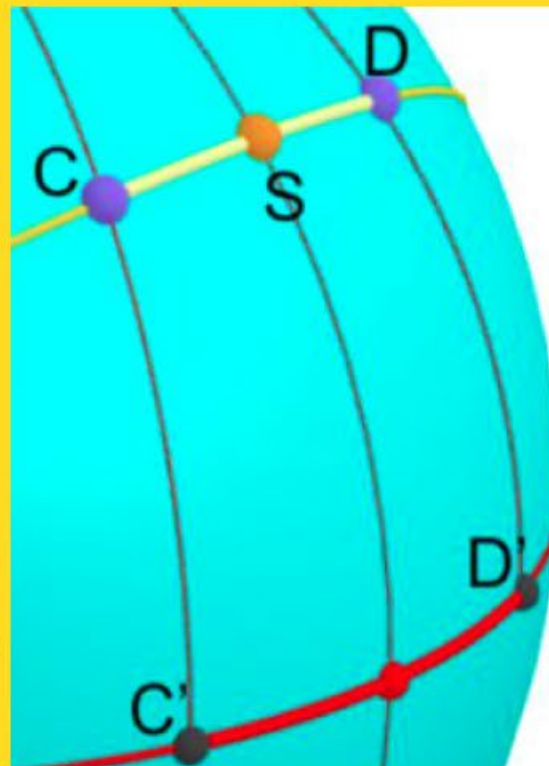


L'arco di eclittica **AB** che è a cavallo del punto vernale  $\gamma$  (che è l'intersezione dell'eclittica con l'equatore) è maggiore della sua proiezione **A'B'** sull'equatore  **$AB > A'B'$**

Viceversa l'arco di eclittica **CD=AB**, a cavallo del punto solstiziale di giugno S, si proietta nell'arco di equatore **C'D'**. In questo caso  **$CD < C'D'$**

In conclusione la variazione di ascensione retta, cioè il tratto lungo l'equatore del Sole, è maggiore verso la fine di dicembre, ed è minima a metà settembre.

### Solstizio

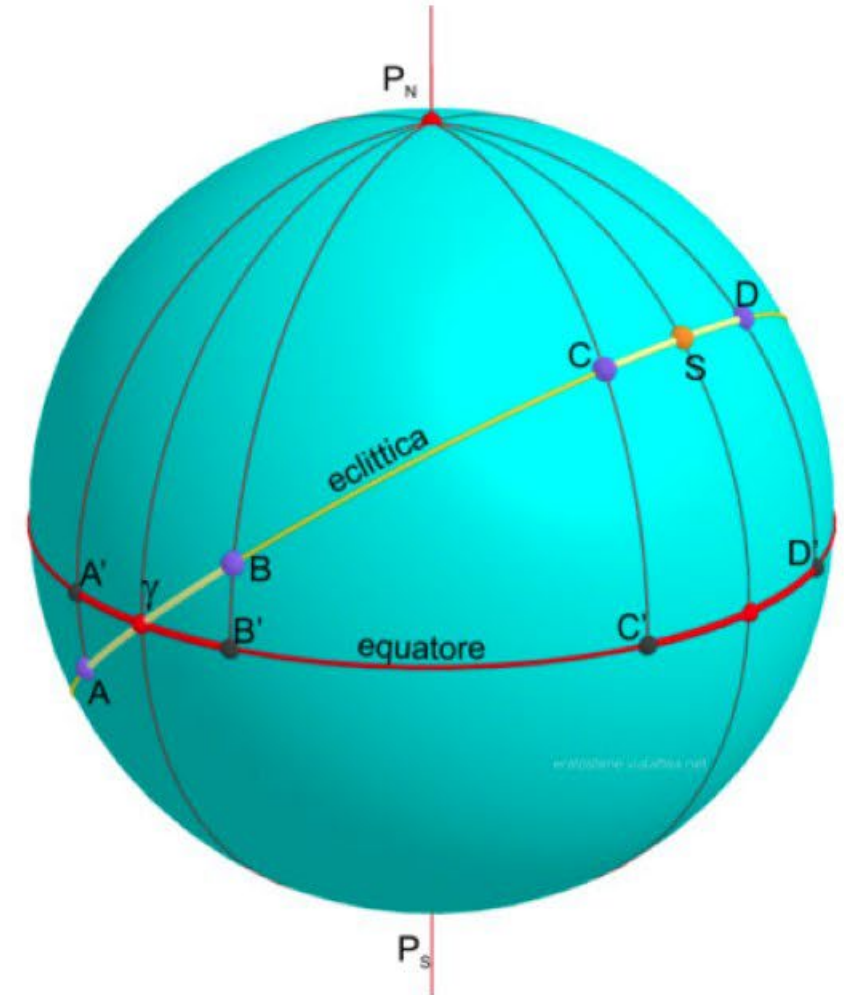


Immaginiamo che il Sole si trovi nel punto gamma  $\gamma$  (**equinozio di primavera**).

Dopo un giorno sidereo la Terra ha compiuto una rotazione di  $360^\circ$  rispetto alle stelle fisse, ma il Sole non è in corrispondenza dello stesso meridiano perché si è spostato lungo l'eclittica di circa  $1^\circ$ . Poiché tuttavia l'eclittica è inclinata di  $23^\circ 27'$  rispetto all'equatore, il Sole non si è spostato di  $1^\circ$  in longitudine ma di  $0,9175^\circ$ . Sarà sufficiente che la Terra ruoti di  $0,9175^\circ$  per ritrovare il Sole sullo stesso meridiano, impiegandoci dunque non 235,90 s (differenza tra il giorno solare medio ed il giorno sidereo) ma **216,43 s**.

Analogo ragionamento si può fare nei **punti solstiziali** in cui il tempo di rotazione impiegato ritrovare il Sole in sullo stesso meridiano è maggiore e risulta pari a **257,12 s** perché il tratto percorso CD è maggiore.

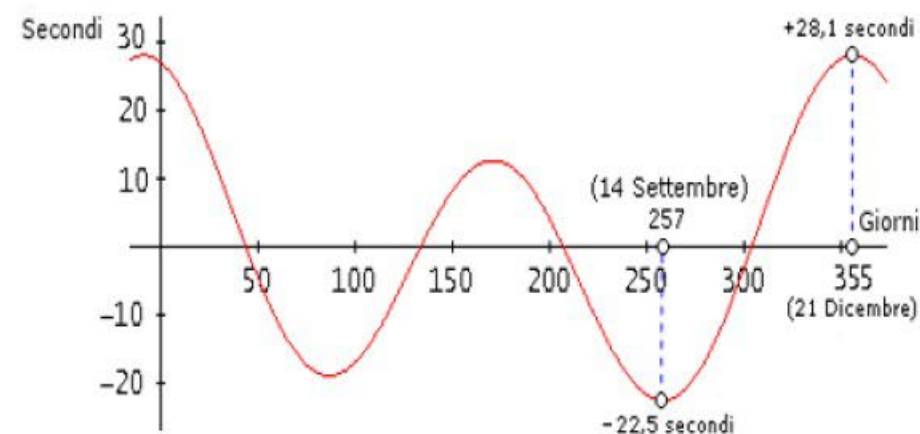
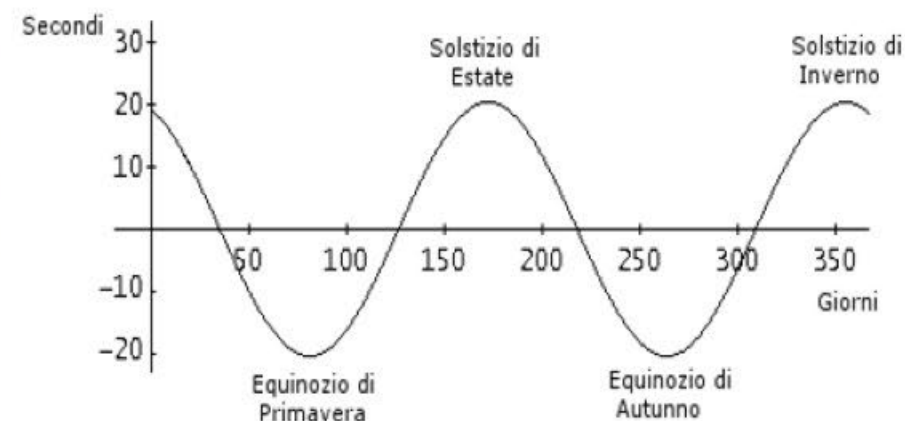
La durata del giorno solare varia dunque, per effetto della obliquità dell'orbita terrestre, di **40,69** secondi nel corso dell'anno.

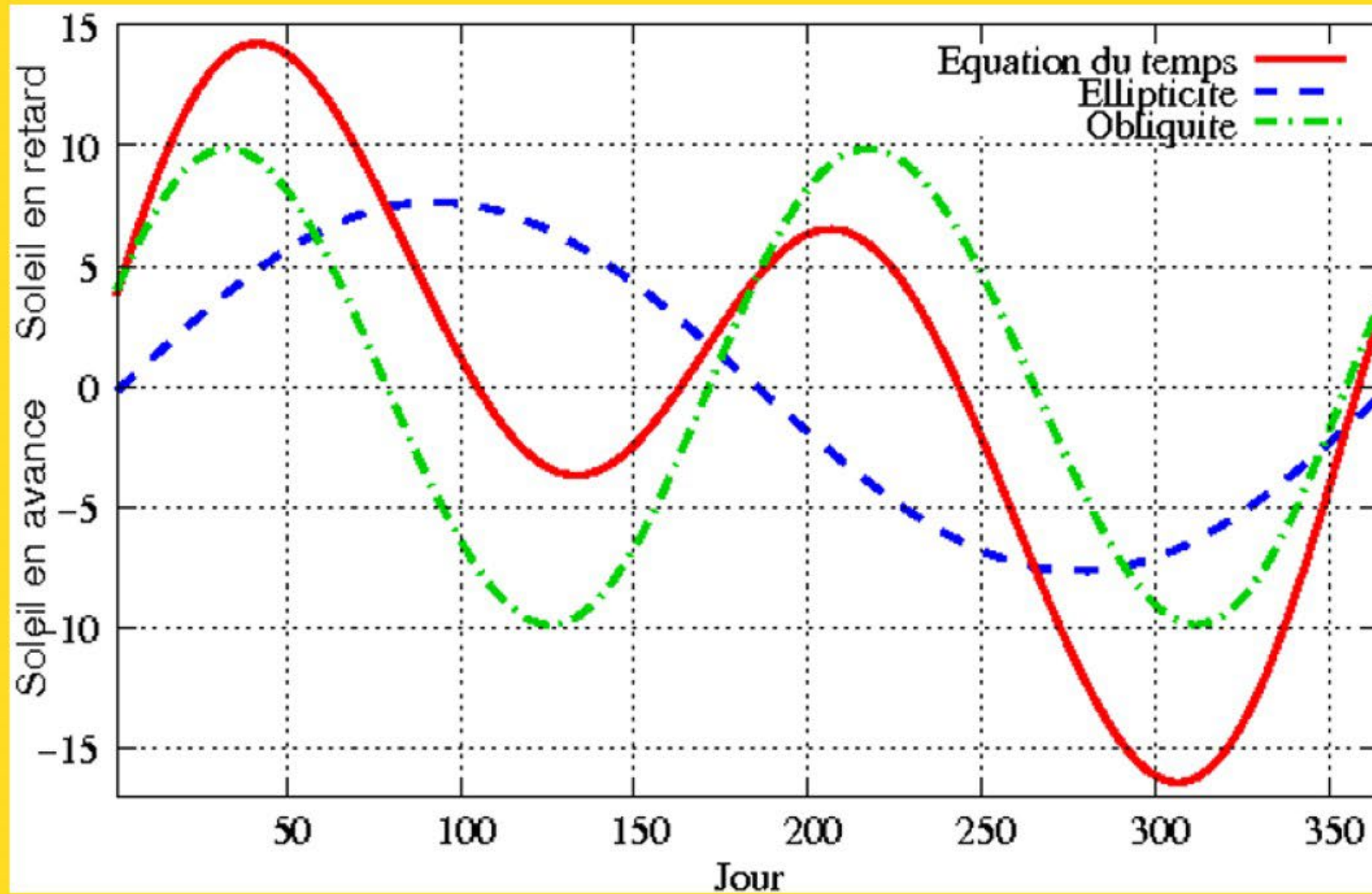


## Inclinazione del piano dell'eclittica

Per effetto dell'inclinazione del piano dell'eclittica il giorno solare vero più lungo dell'anno cade verso il solstizio di dicembre. Il giorno solare più breve cade in vicinanza dell'equinozio di settembre.

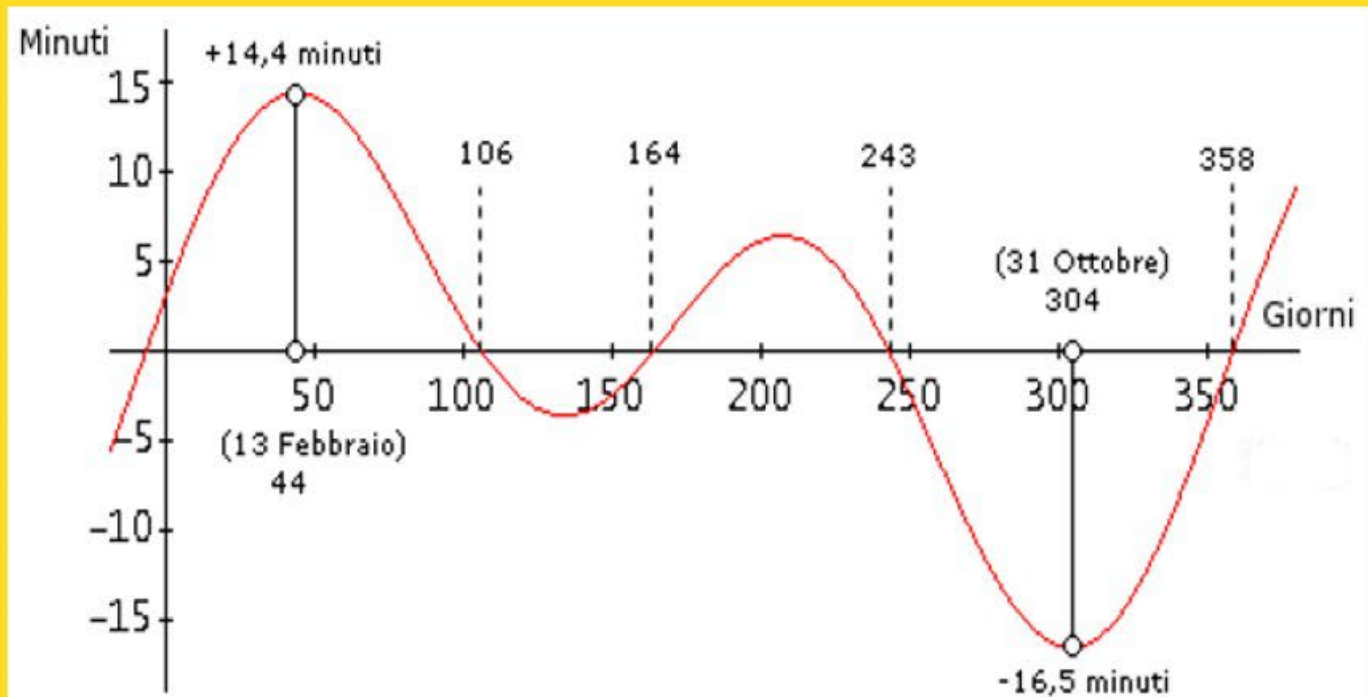
Sommando i due effetti: eccentricità dell'orbita e inclinazione del piano dell'eclittica, si ottiene il diagramma che mostra come il giorno solare più corto sia il **14 Settembre** ( $23^h 59^m 38^s$  cioè circa **22,5 secondi in meno** del giorno solare medio), mentre il giorno più lungo sia il **21 dicembre** ( $24^h 00^m 28^s$  cioè circa **28 secondi in più** del giorno solare medio). Sono differenze piccole, che però si accumulano nel corso dell'anno raggiungendo anche parecchi minuti prima di cambiare segno.





Gli scarti si accumulano con il passare dei giorni e tutti i contributi si sommano. La differenza giornaliera si accumula fino ad avere un ritardo massimo di circa **14<sup>m</sup>** a metà febbraio e un anticipo di circa **16<sup>m</sup>** ai primi di novembre

## Equazione del tempo



Il tempo di un orologio solare è diverso da quello dell'orologio che scorrere regolarmente con un tempo di 24 ore.

Si ha la coincidenza con l'orologio comune 4 volte all'anno il giorno: 106 (16 aprile) il giorno 164 (13 giugno) il giorno 243 (31 agosto) e il giorno 358 (24 dicembre). Se alla stessa ora del nostro orologio osservassimo la posizione del sole la troveremmo con un anticipo che va da circa +16 minuti e 25 secondi (i primi di novembre) e con un ritardo di circa -14 minuti e 15 secondi (tra l'11 febbraio e il 12 febbraio).

La rappresentazione visiva di questa equazione è l'analemma (lemniscata), quando la sinusoide si chiude formando un otto.

## Analemma





Un metodo diretto di realizzare l'analemma consiste nel fotografare giornalmente la posizione del sole con cavalletto fisso alla stessa ora e fare un montaggio dei fotogrammi

# Analemma



# Grazie per l'attenzione

Come costruire una meridiana

A cura di:

**Prof. Paolo Trivero - UPO DISIT Alessandria**

**Tel. 346.0941065**

**[e-mail: paolo.trivero@uniupo.it](mailto:paolo.trivero@uniupo.it)**



In collaborazione con:



AMAPòLA



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:





# Energia dal Settore Fotovoltaico Innovativo

A cura di:

**Dr. Federico Begni - UPO**



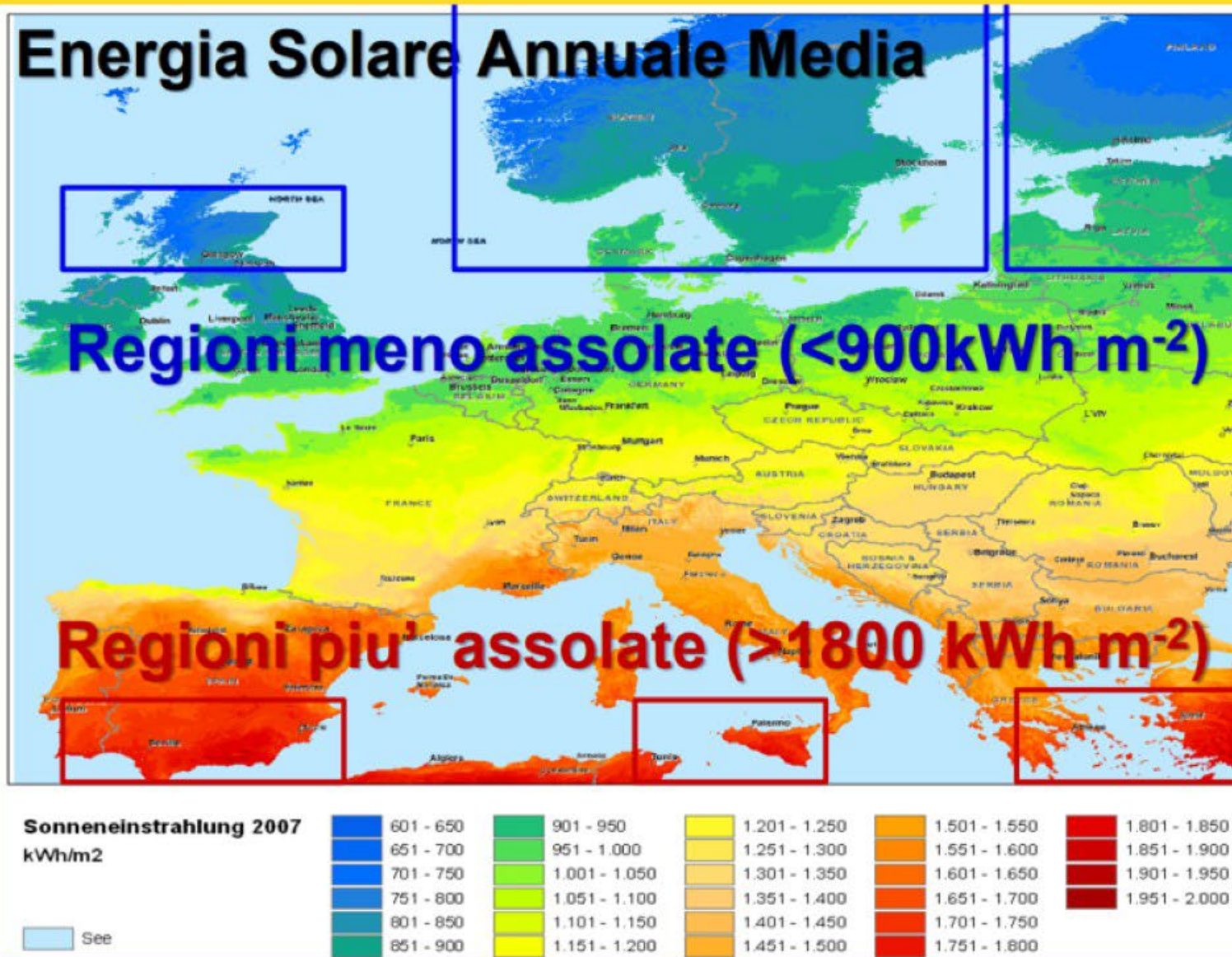
In collaborazione con:



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:





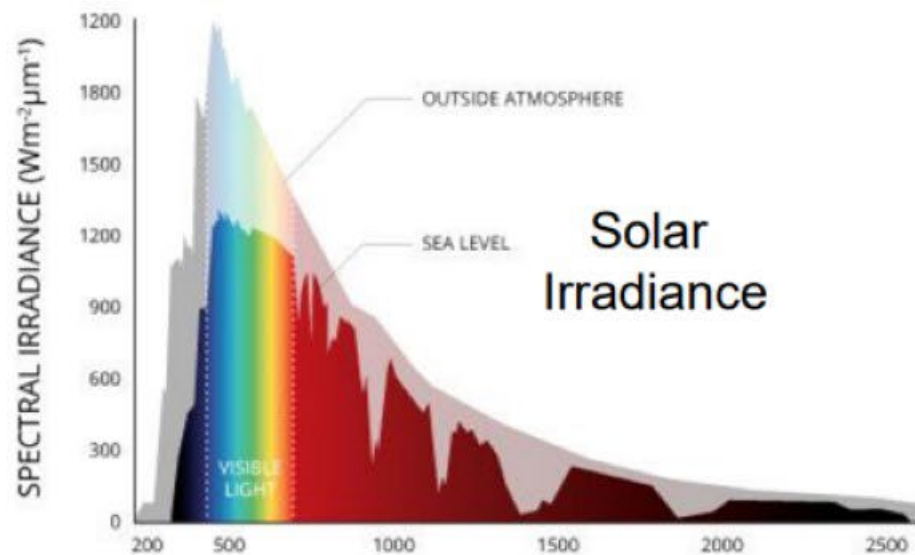
# LA RADIAZIONE SOLARE

## STANDARD TEST CONDITIONS



~100 klx

Temperature	25 °C
Irradiance	1000 W/m <sup>2</sup>
Air mass	1.5



## INDOOR ILLUMINATION



Low light  
50 lx



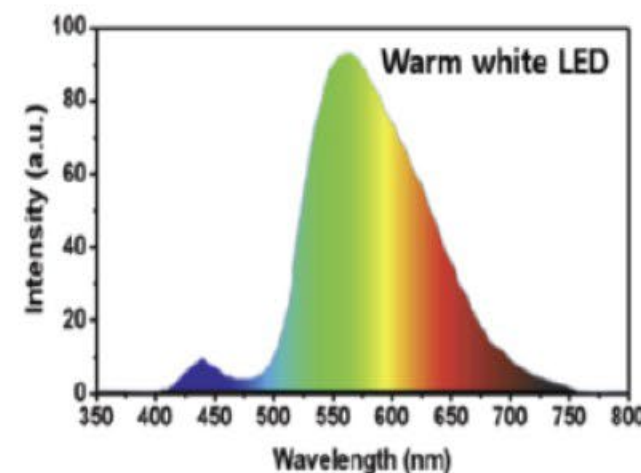
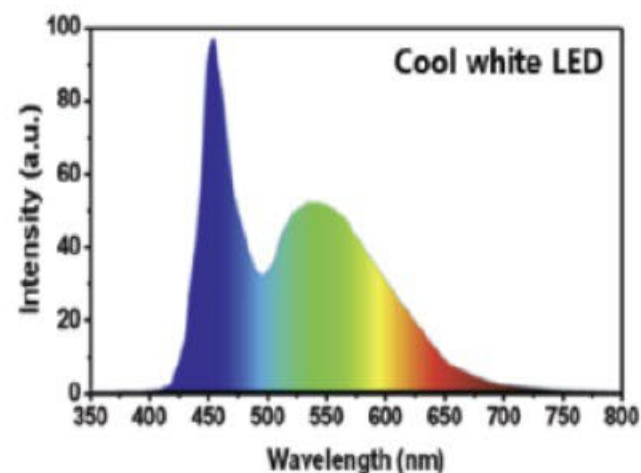
Living room  
200 lx



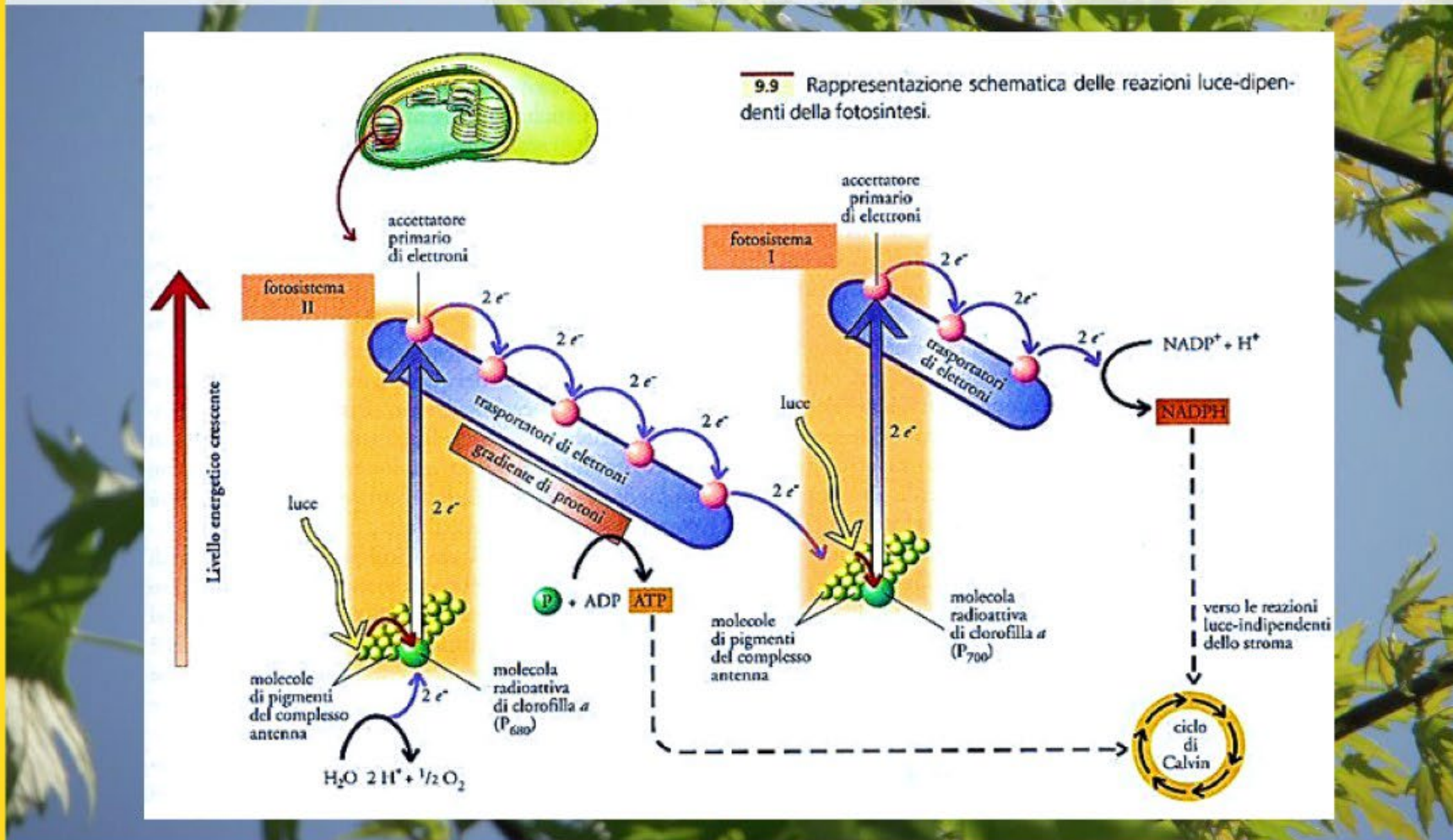
Office  
500 lx



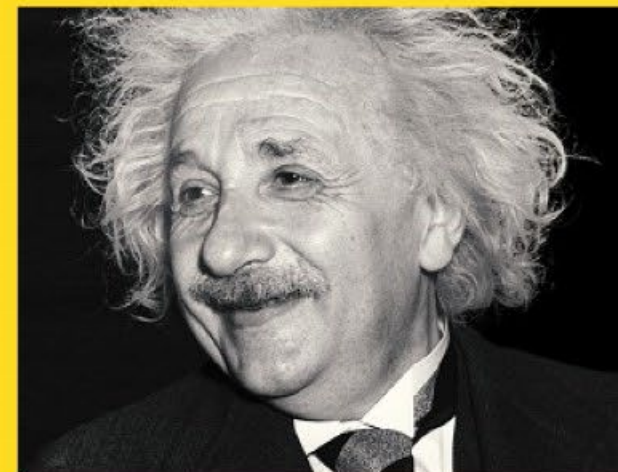
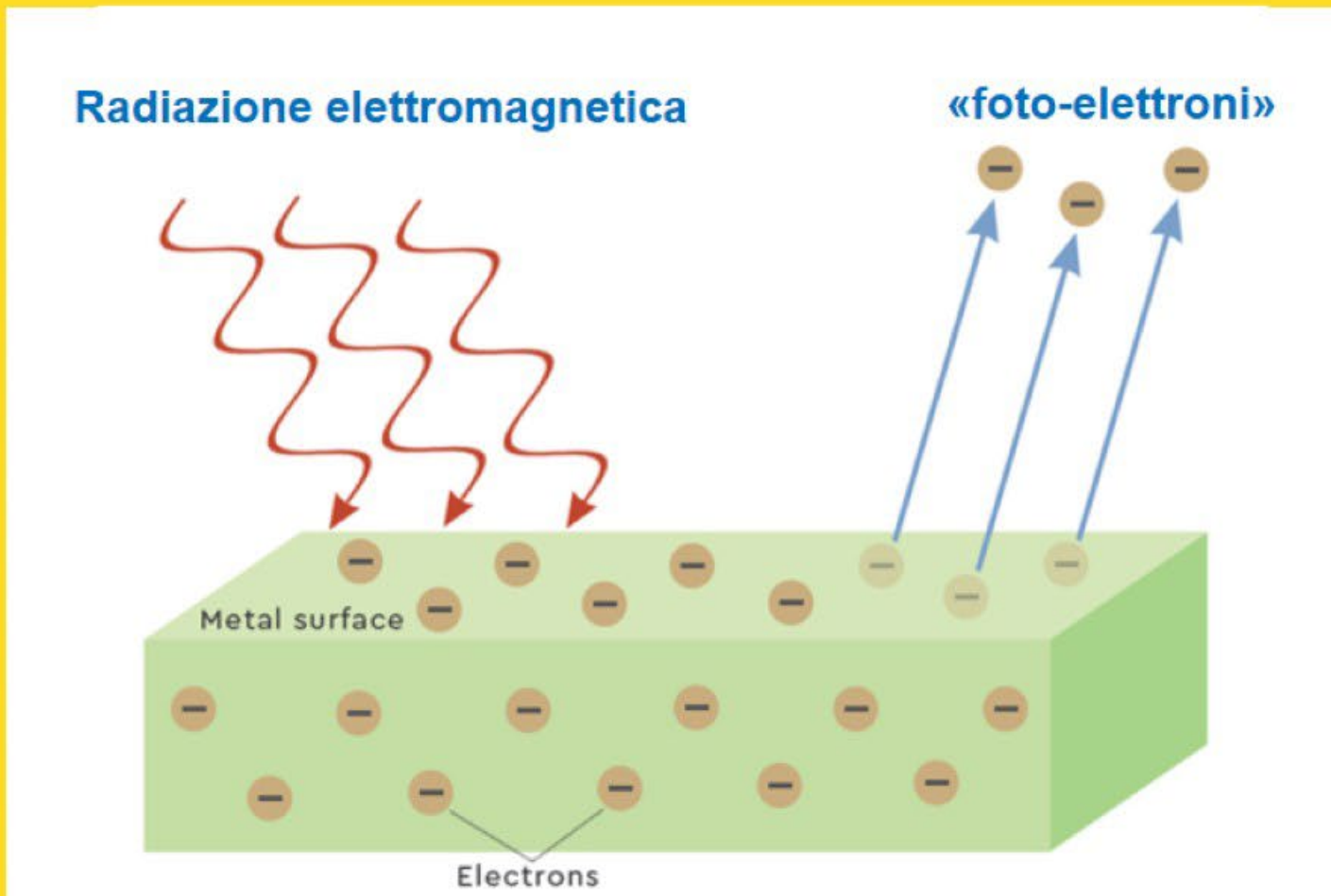
Supermarket  
1000 lx



## L'energia che arriva dal sole viene catturata dai fotosistemi I e II all' interno dei quali molecole di clorofilla assorbono luce di lunghezze d'onda diverse per trasformarla in Energia Chimica



# L'EFFETTO FOTOELETTRICO



**Albert Einstein, 1905**

# TECNOLOGIE FOTOVOLTAICHE

**First Generation**  
Crystalline silicon solar cells

**Second Generation**  
Thin film solar cells

**Third Generation**  
DSSC, OPV, perovskite, multi-junctions

## Crystalline Silicon cells

Mono-crystalline cells



Efficiency:  
18%~25.6%

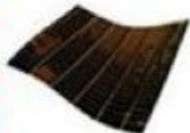
Multi-crystalline cells



Efficiency:  
17%~20.8%

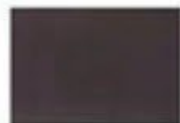
## Thin film solar cells

CdTe cells



Efficiency:  
18.3%~22.1%

Amorphous silicon cells



Efficiency:  
13.4%

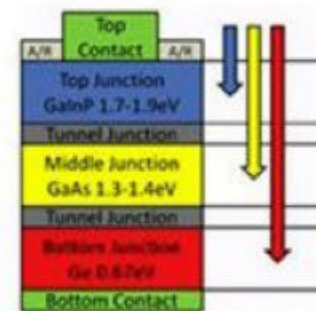
CIGS cells



Efficiency:  
20.4%~22.6%

## Multi-junction cells

Multijunction solar cells



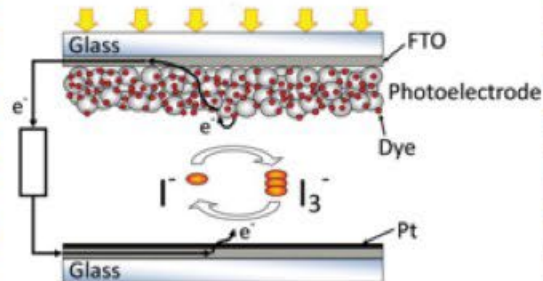
Efficiency: ~45%

# Photovoltaic technologies – 3<sup>rd</sup> generation



## DYE-SENSITISED SOLAR CELLS

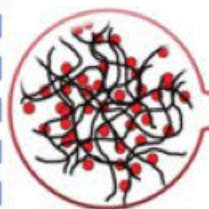
(DSSC)



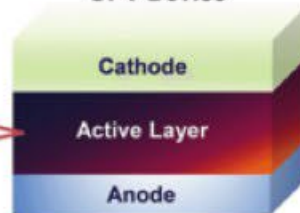
- Photosensitive **organic dye**
- Efficiency: 12.3%

## ORGANIC PHOTOVOLTAICS (OPV)

D/A BHJ blends

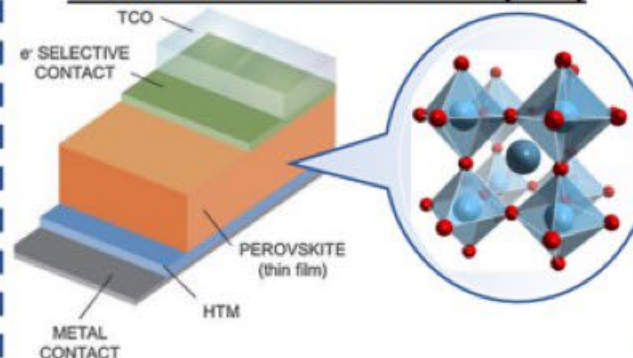


OPV Device



- Donor/acceptor system of **polymers and small molecules**
- Efficiency: 17.4%

## PEROVSKITE SOLAR CELLS (PSC)



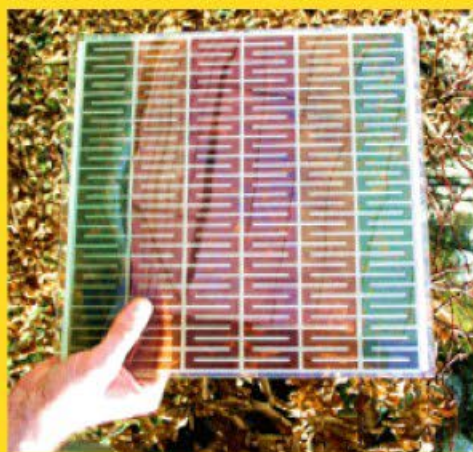
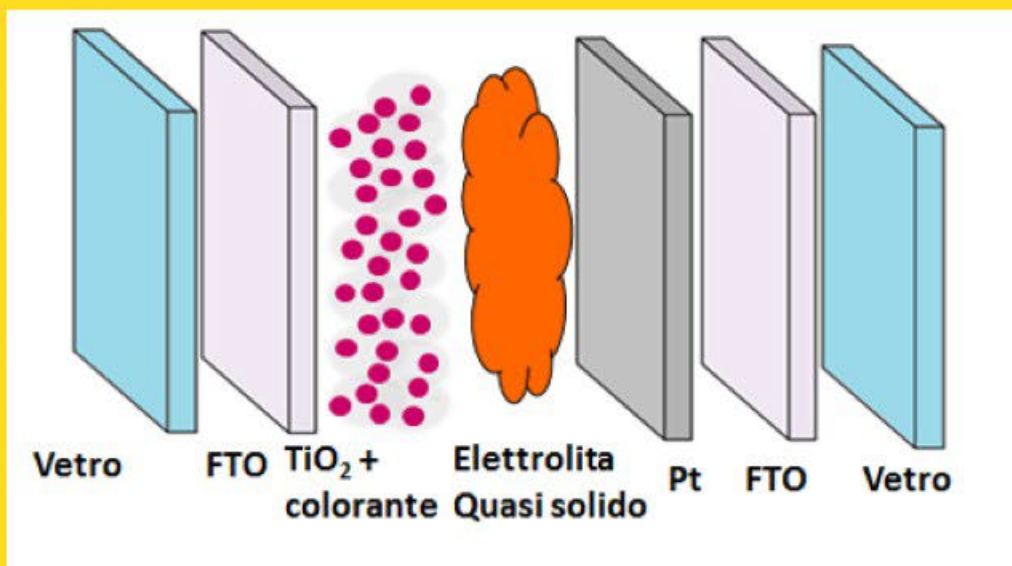
- Hybrid organic inorganic **perovskite crystalline** absorber
- Efficiency: 25.2%



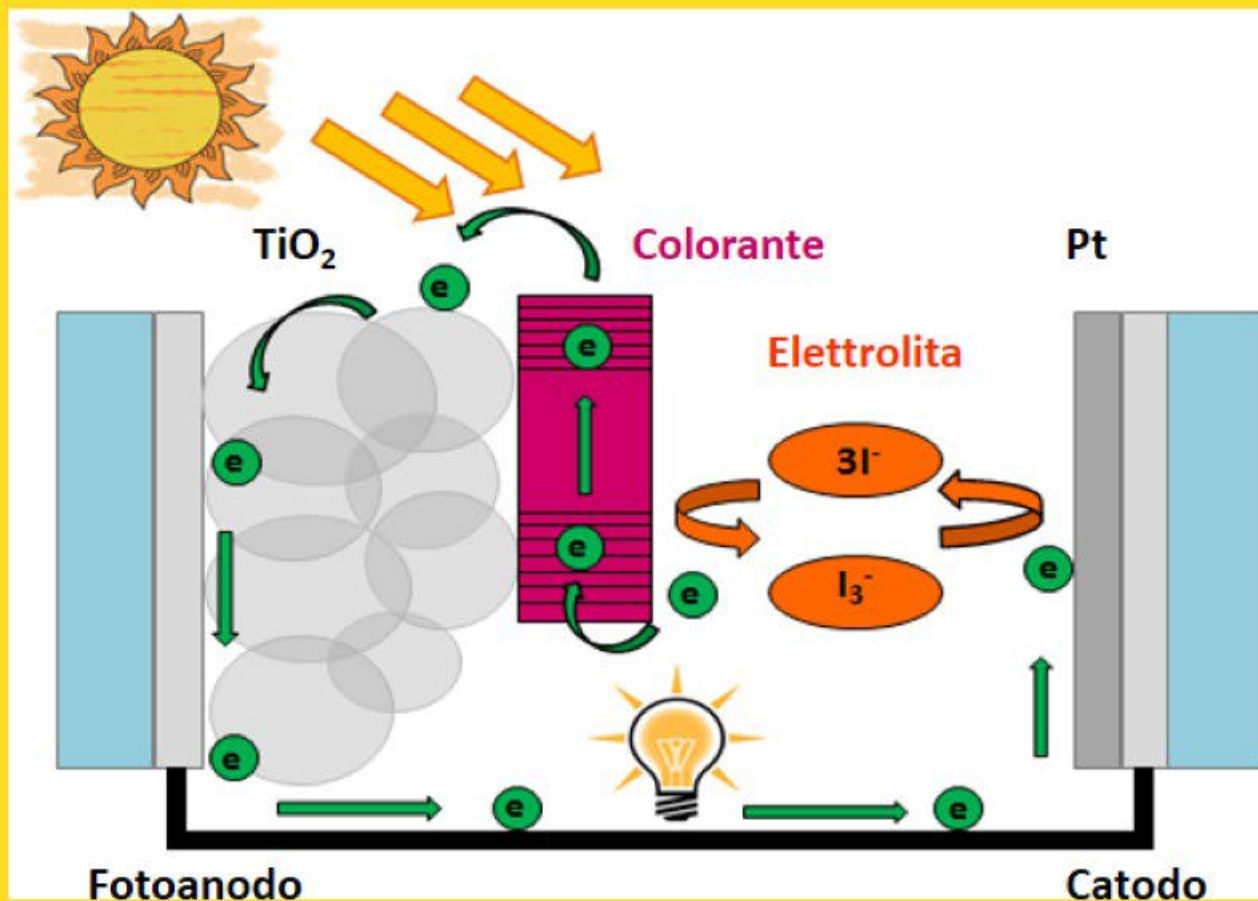
- **Bassi costi**
- **Stampabili**
- **Flessibili**
- **Semi trasparenti**
- **È possibile ottenere DSSC colorate**



# COME E' FATTA UNA CELLA DI GRAETZEL?



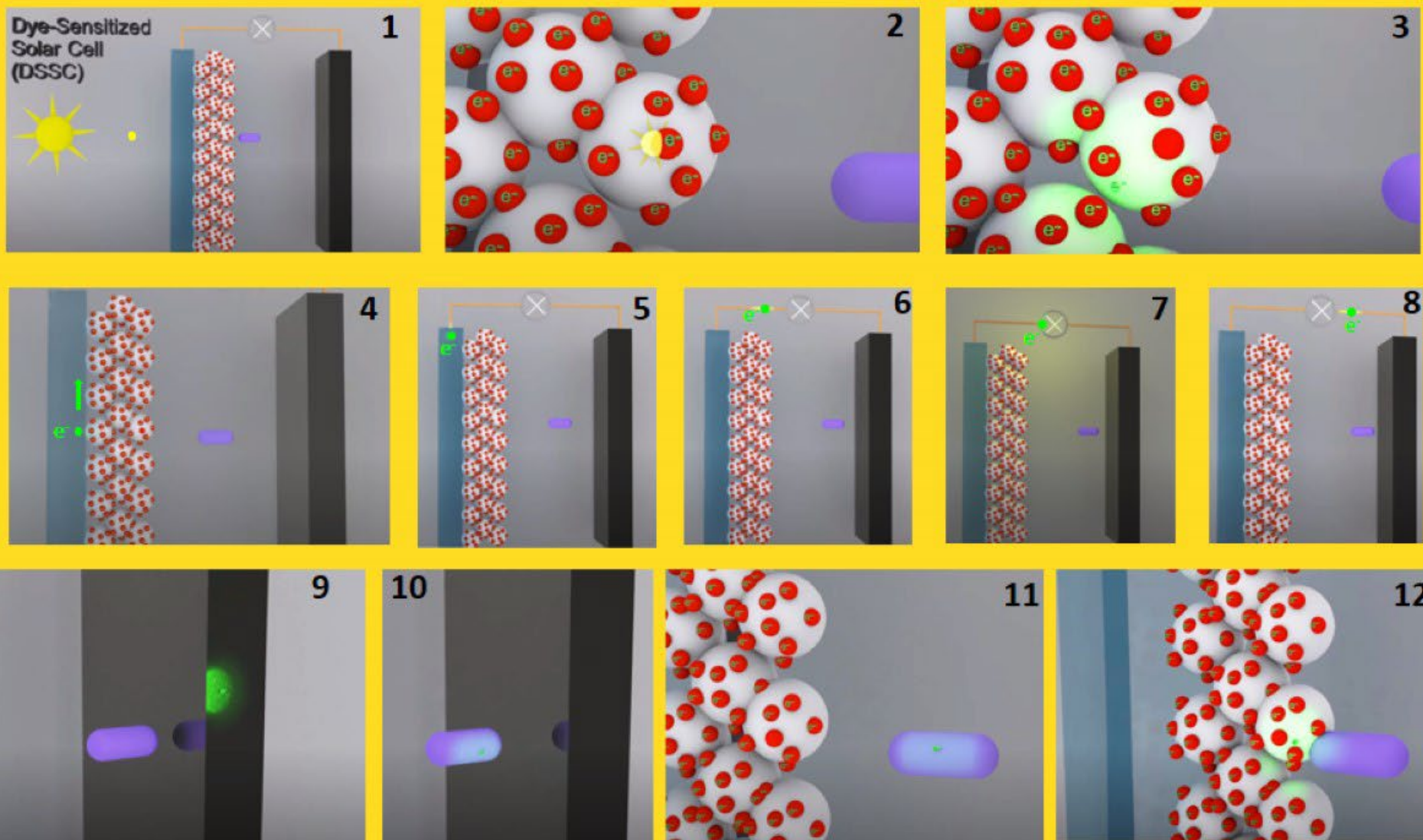
# FUNZIONAMENTO DI UNA CELLA DI GRAETZEL



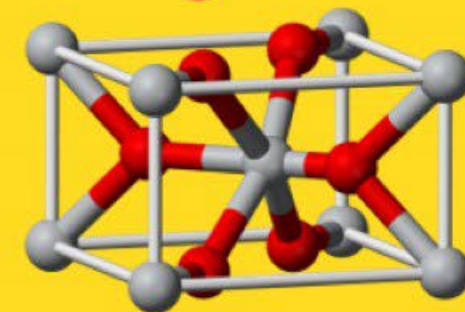
## PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

- 1) Interazione radiazione-colorante
- 2) Ossidazione del colorante
- 3) Iniezione dell'elettrone nella banda di conduzione della TiO<sub>2</sub>
- 4) Diffusione dell'elettrone fino al controlettrodo
- 5) Riduzione Pt-catalizzata:  
 $I_3^- + 2e^- \rightarrow 3I^-$
- 6) Rigenerazione del colorante  
 $2D^+ + 3I^- \rightarrow 2D + I_3^-$

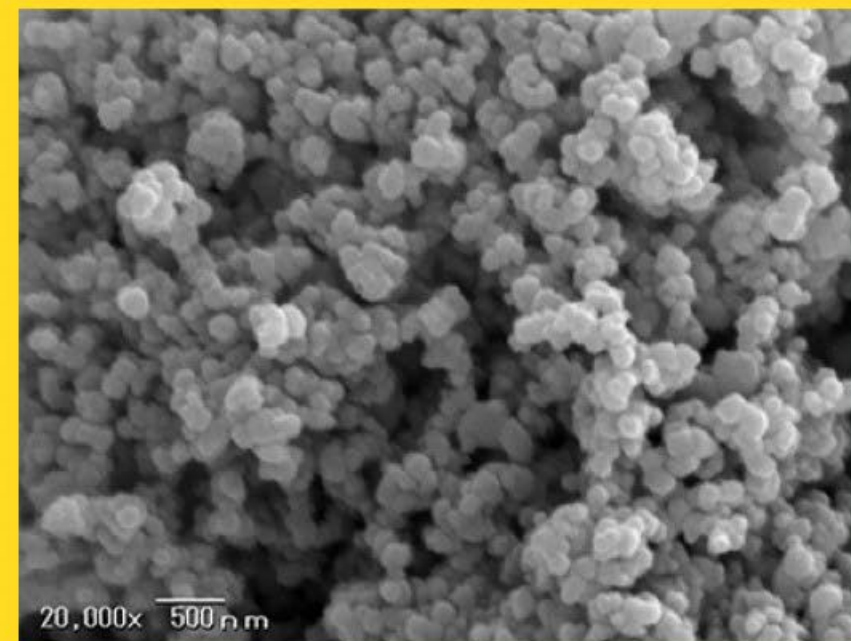
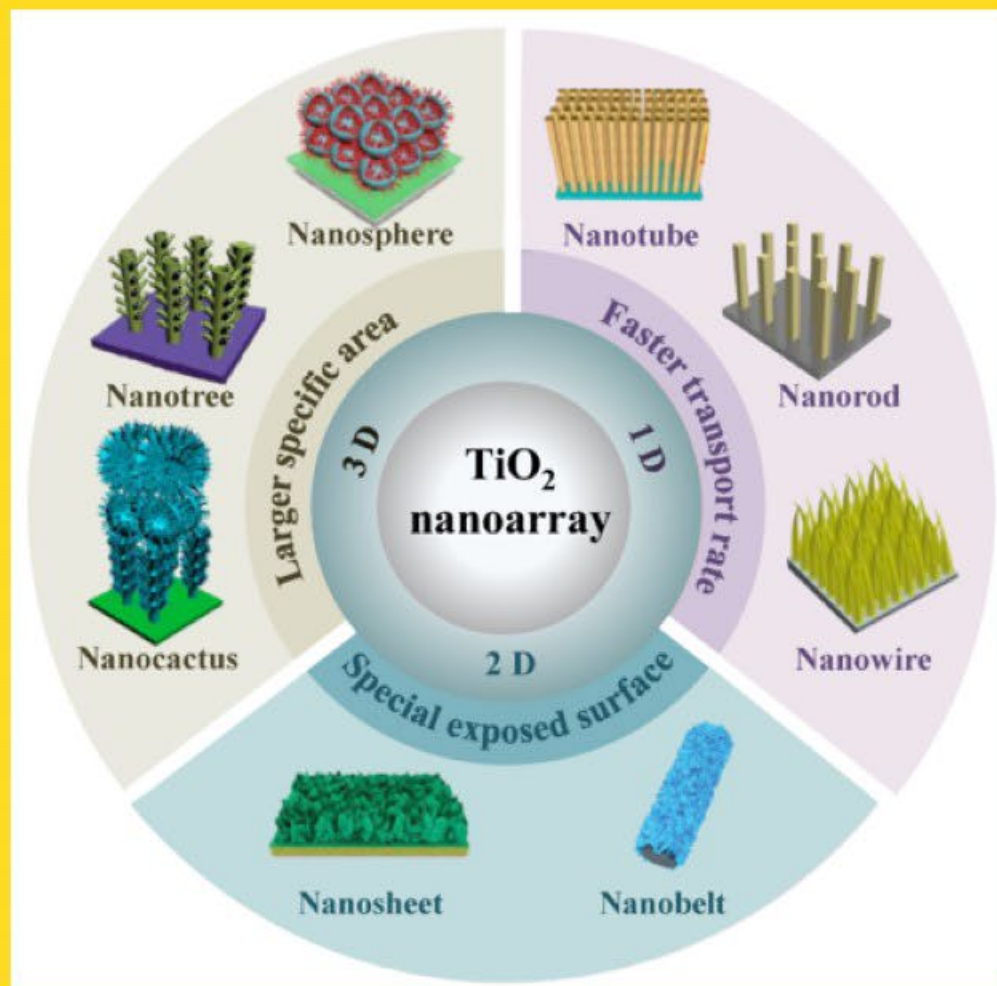
# FUNZIONAMENTO DI UNA CELLA DI GRAETZEL



# IL BIOSSIDO DI TITANIO (TiO<sub>2</sub>)

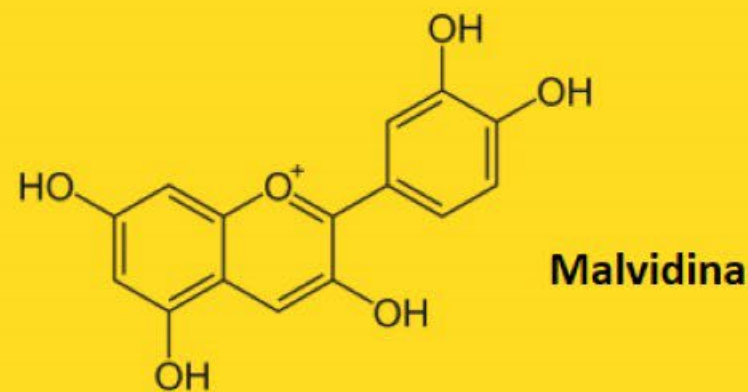
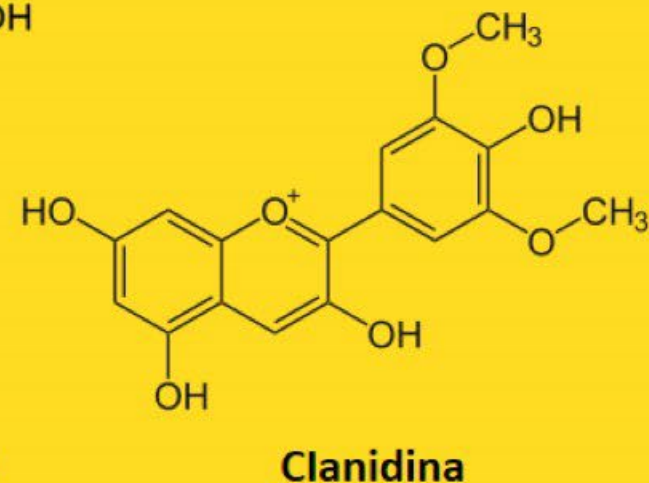
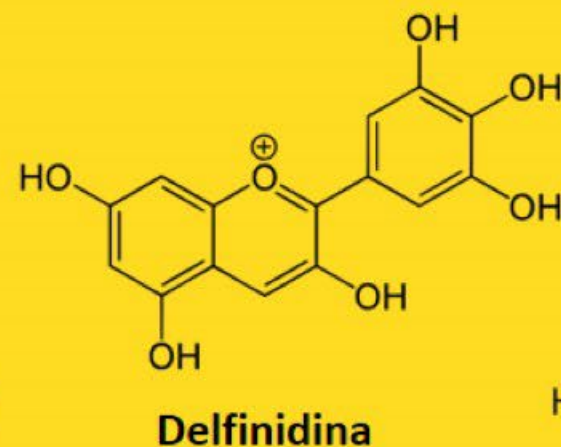
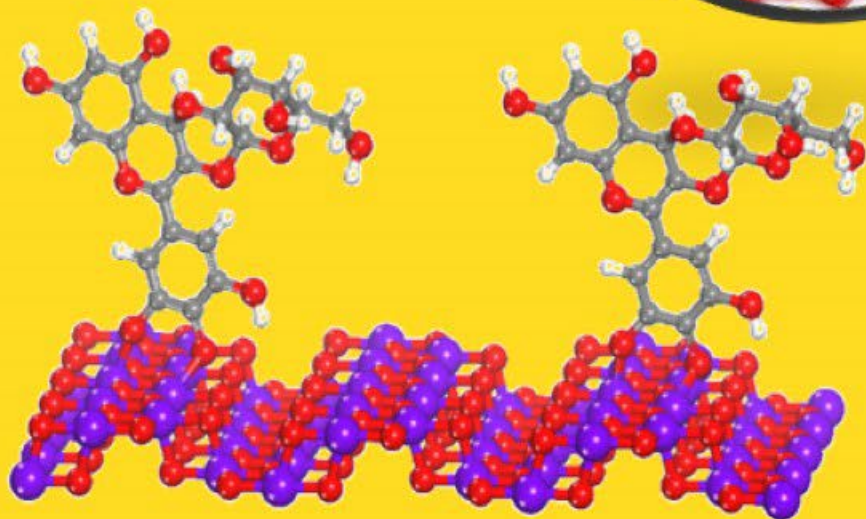
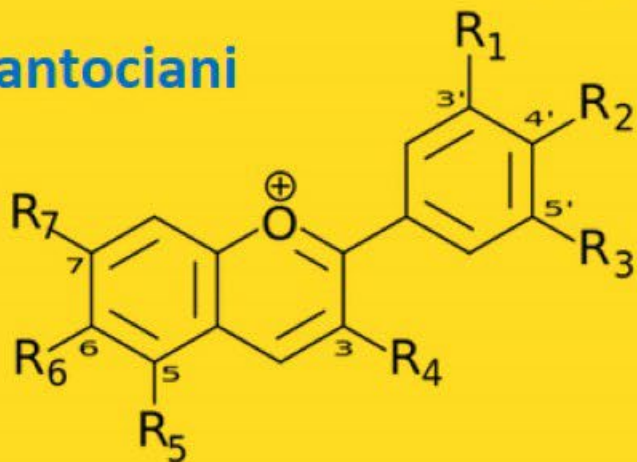


TiO<sub>2</sub>

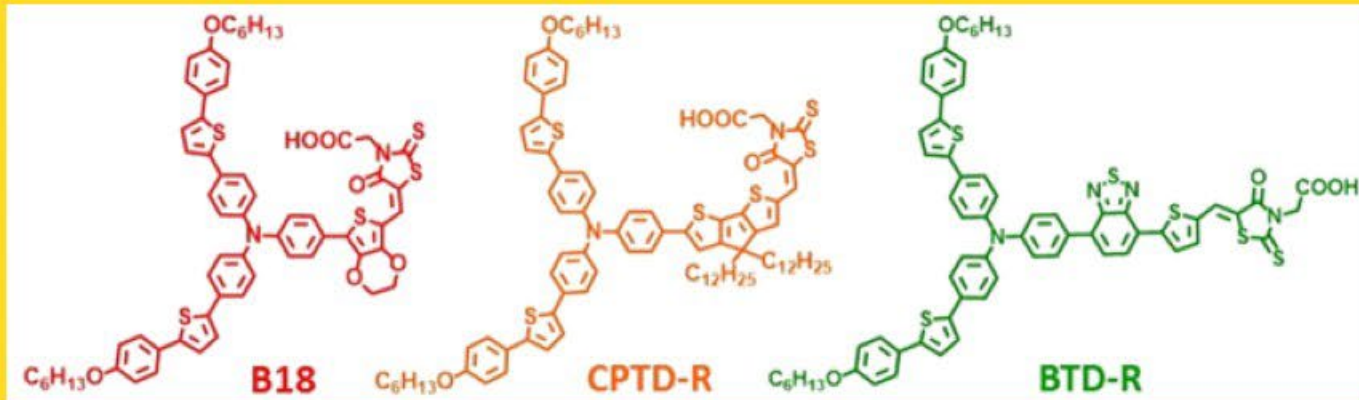
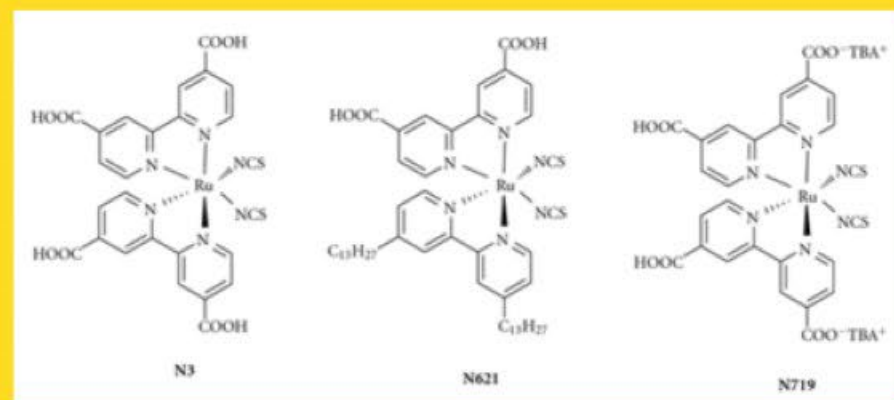
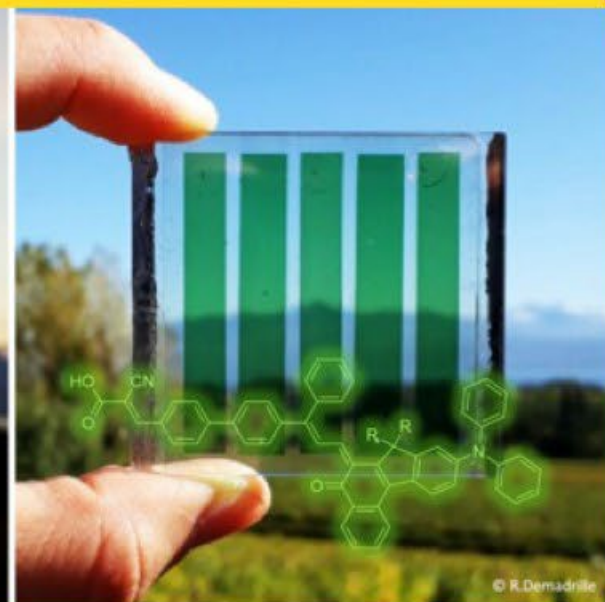
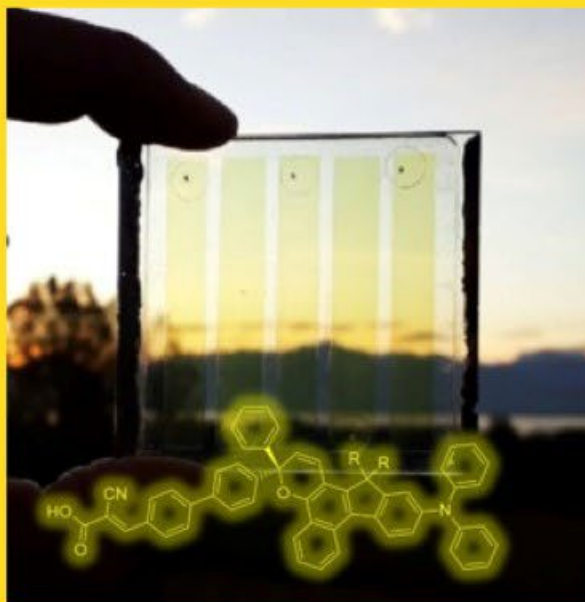
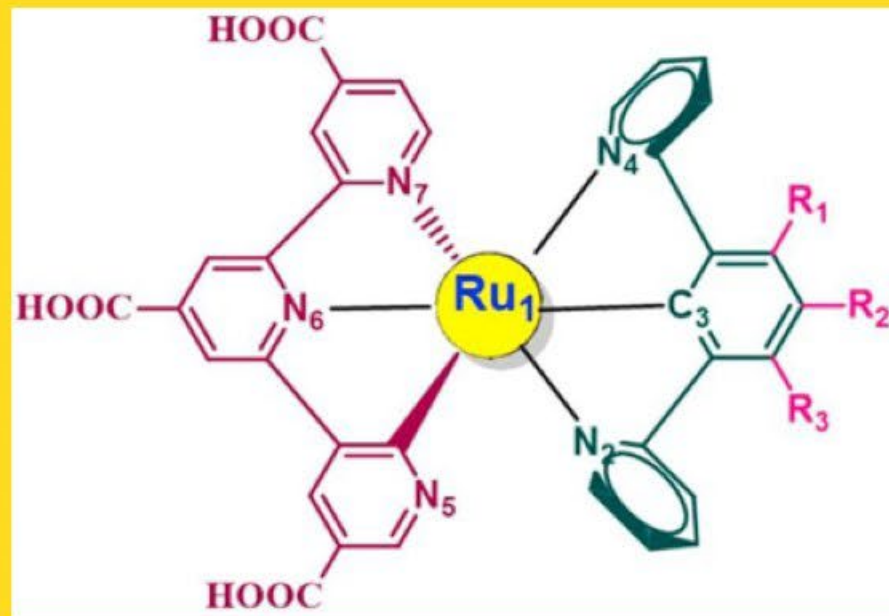


# I COLORANTI PER LE DSSC

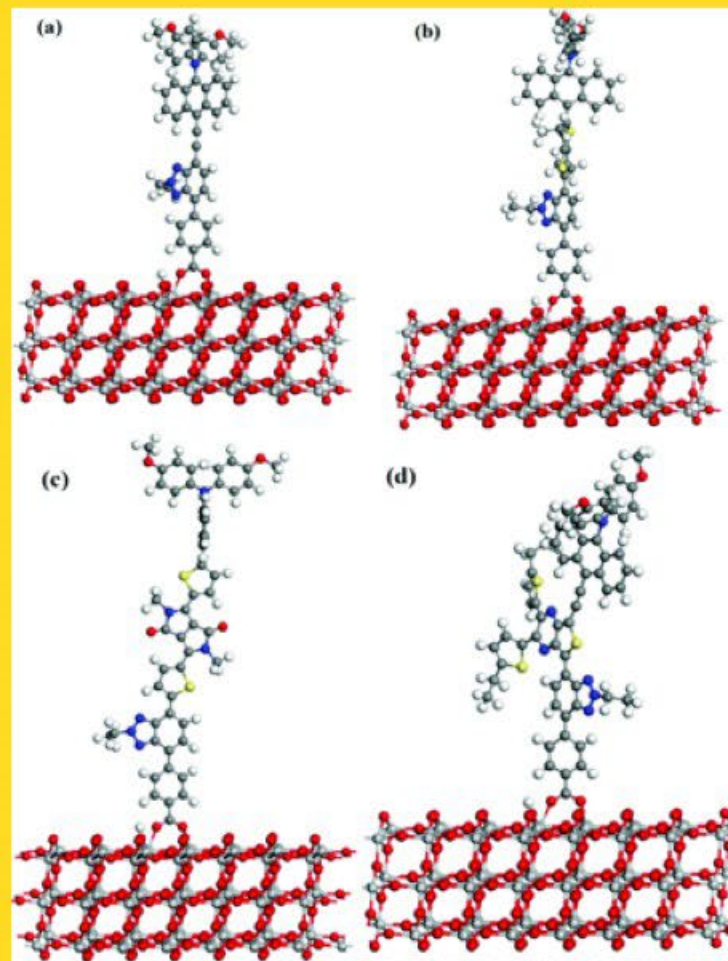
## Gli antociani



# COLORANTI INNOVATIVI

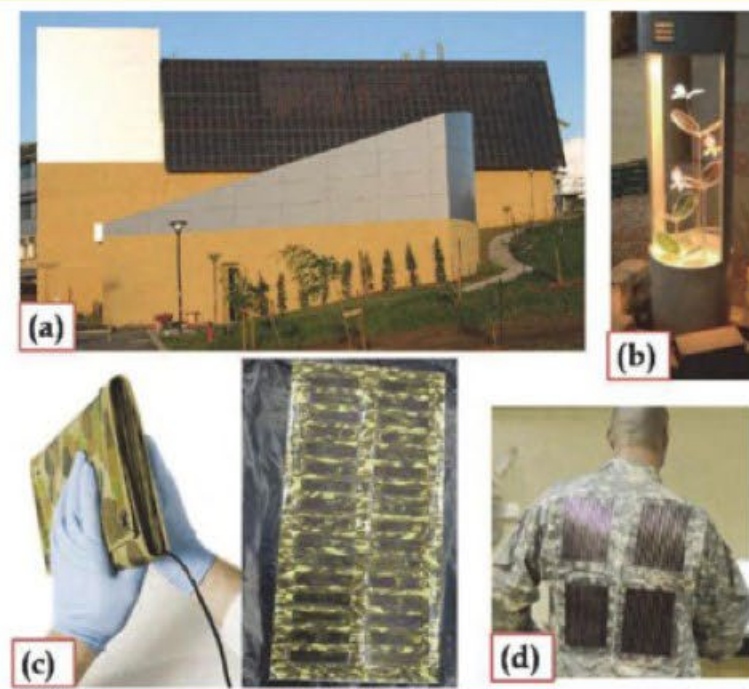
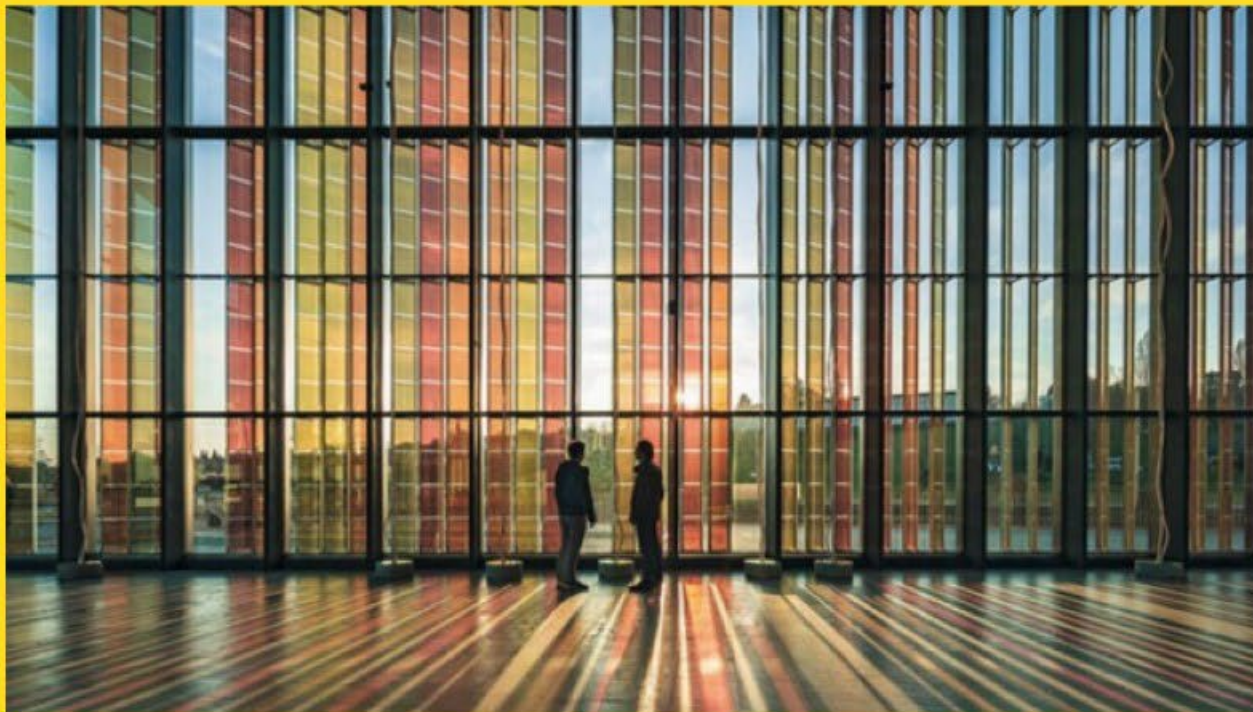


# ANCORAGGIO DEI COLORANTI



I coloranti devono aderire alla superficie del biossido di titanio

# APPLICAZIONI DELLE CELLE DI GRAETZEL

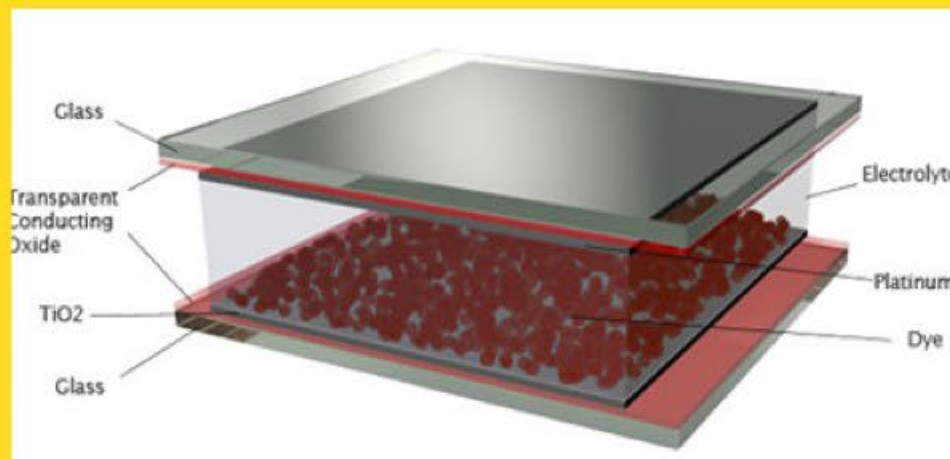


- a) 200 m<sup>2</sup> di pannelli di DSSC installati a Newcastle (Australia). Il primo modulo commerciale a base di DSSC
- b) Esempio di oggetto ornamentale a base di DSSC per interni
- c) Modulo solare flessibile a base di DSSC (progettato da Dyesol)
- d) Esempio di indumento con DSSC integrate



# DSSC: Costruzione di un prototipo

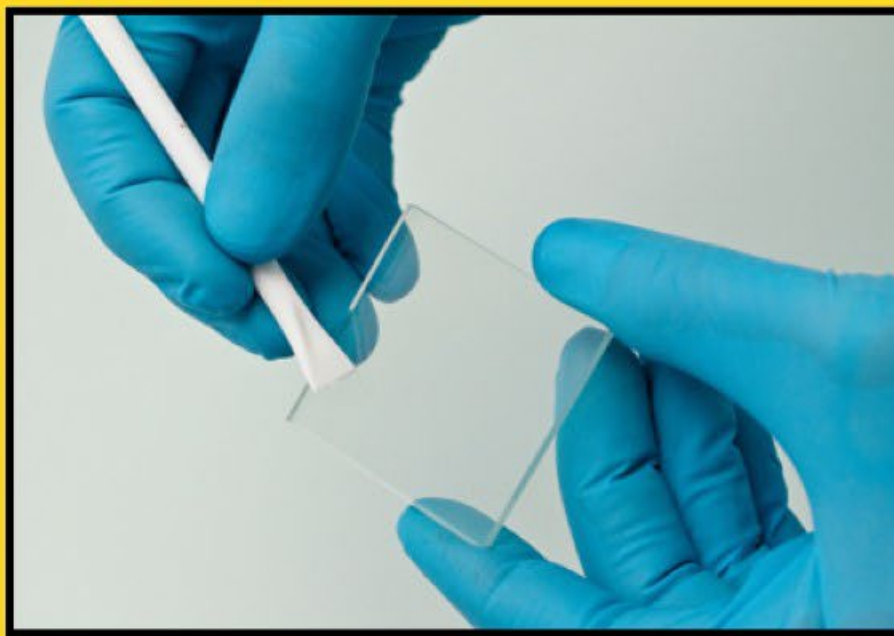
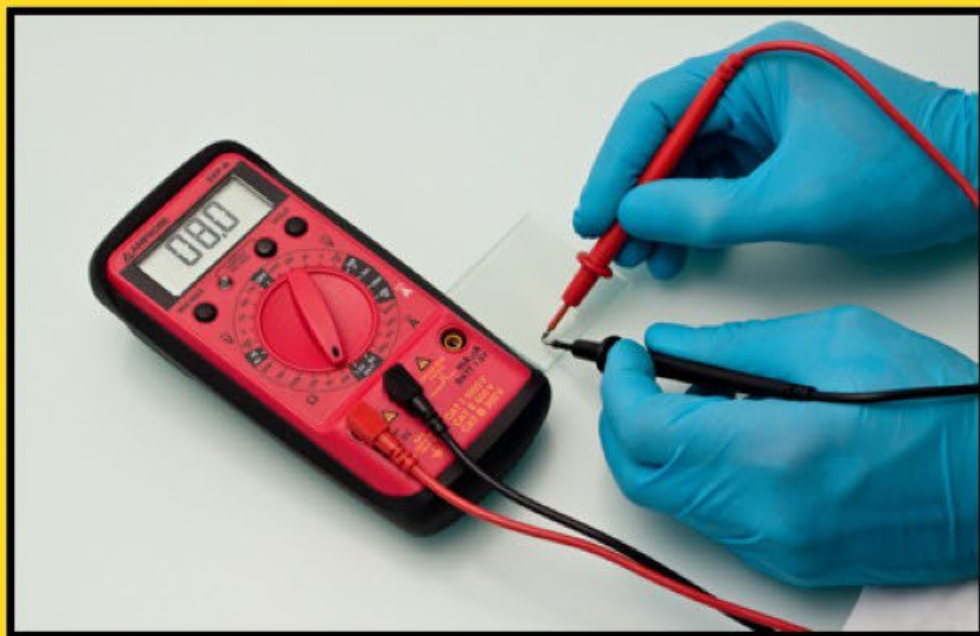
Dalla teoria ...



... alla pratica

# Identificazione del lato conduttivo

- usare un tester
- raschiare delicatamente i due lati del vetro



La parte **conduttrice** è quella che offre **maggiore attrito**.

# Preparazione del vetro conduttivo

## Pulizia della lastra di vetro



# L'Elettrodo di Biossido di Titanio

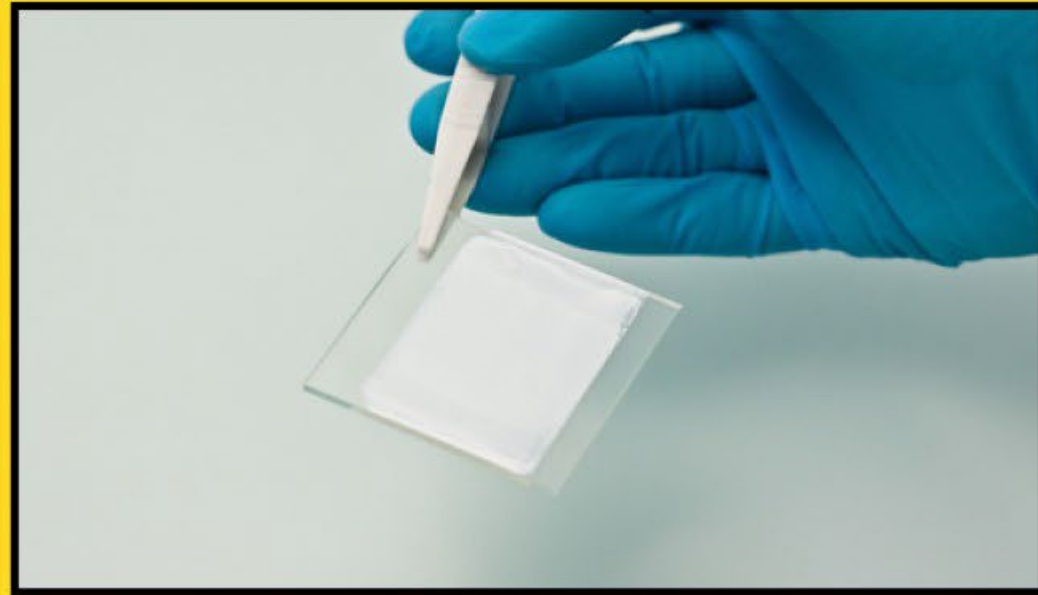
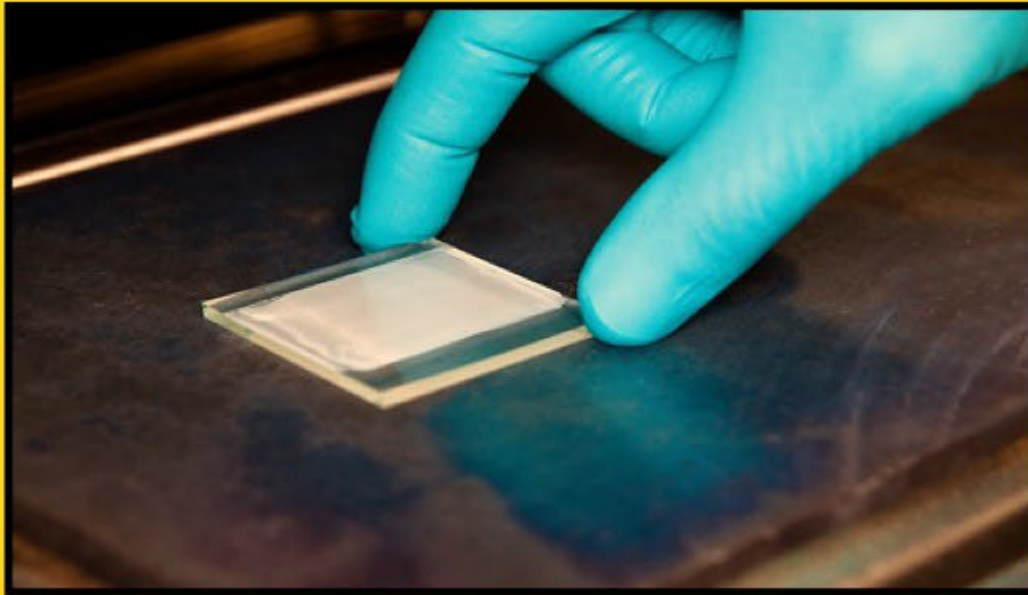


Si deposita la Pasta di Titania



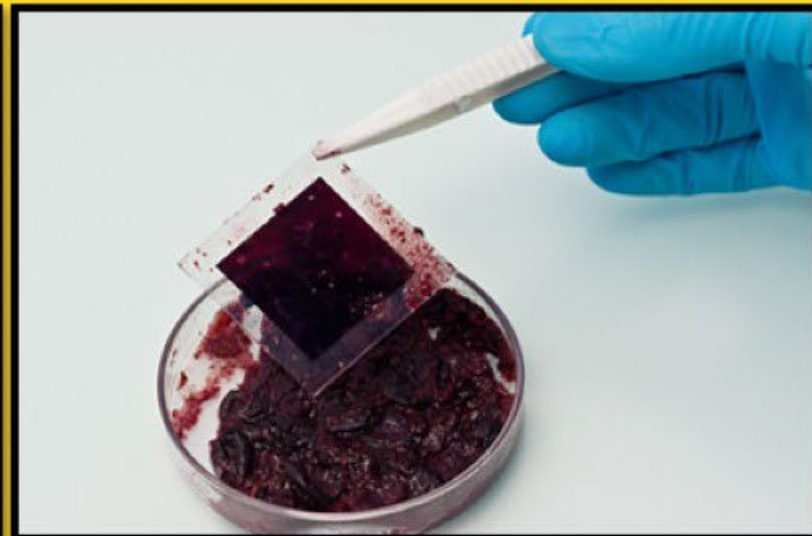
# L'Elettrodo di Titania

Si esegue il trattamento termico: sinterizzazione dello strato di Titania



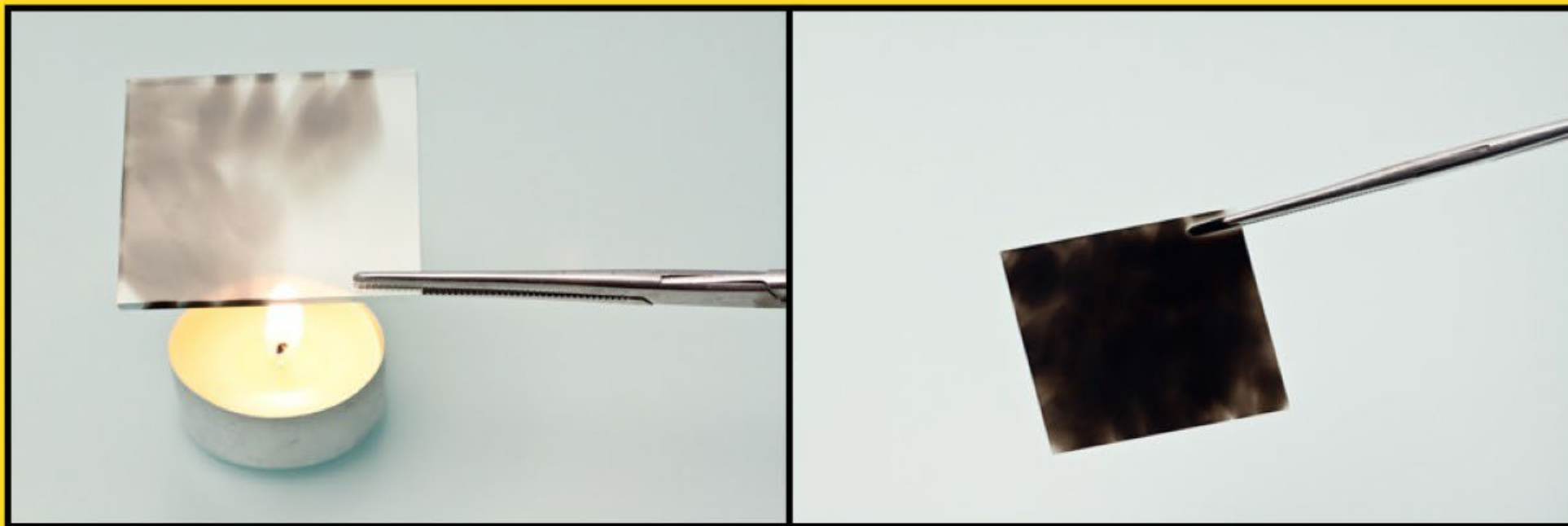
# L'Elettrodo di Titania

## Aggiunta del Colorante

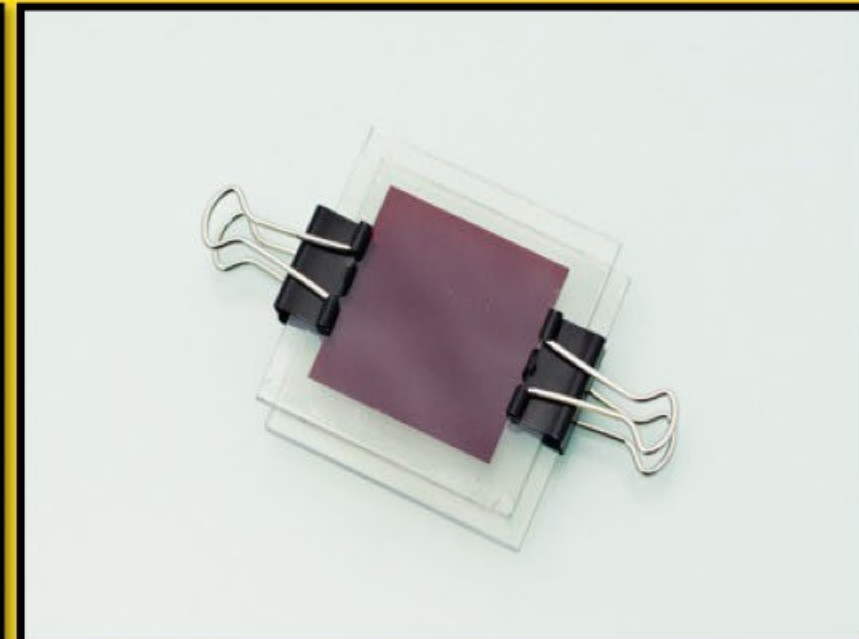
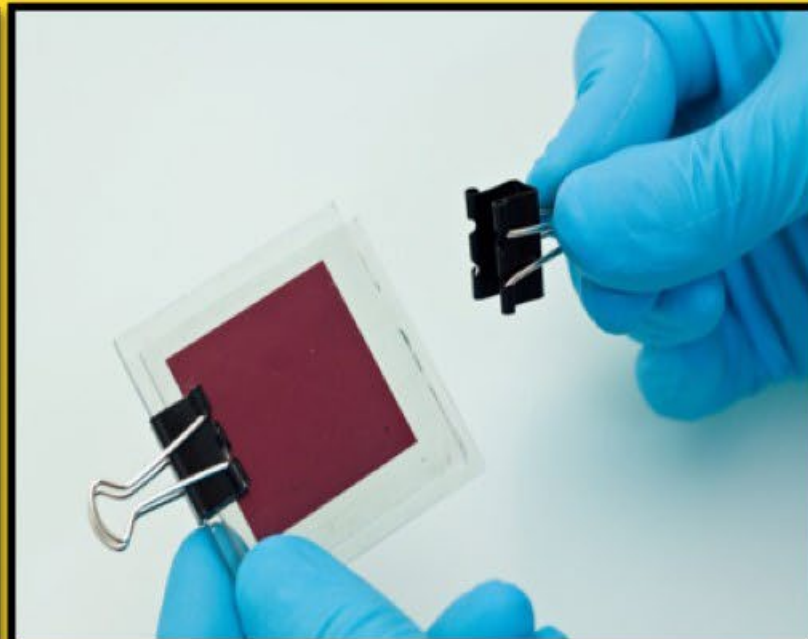
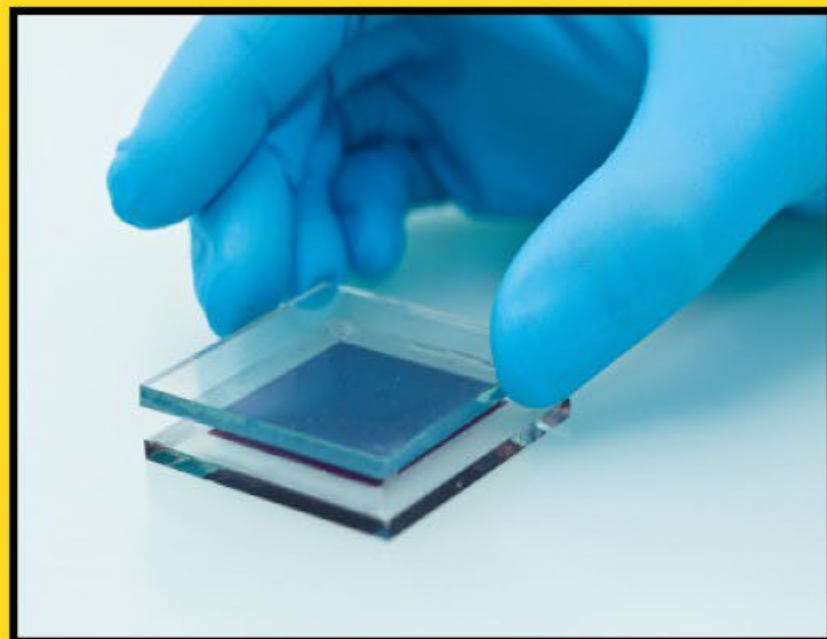


# L'Elettrodo di Carbonio

## Preparazione del catodo (elettrodo di carbone)



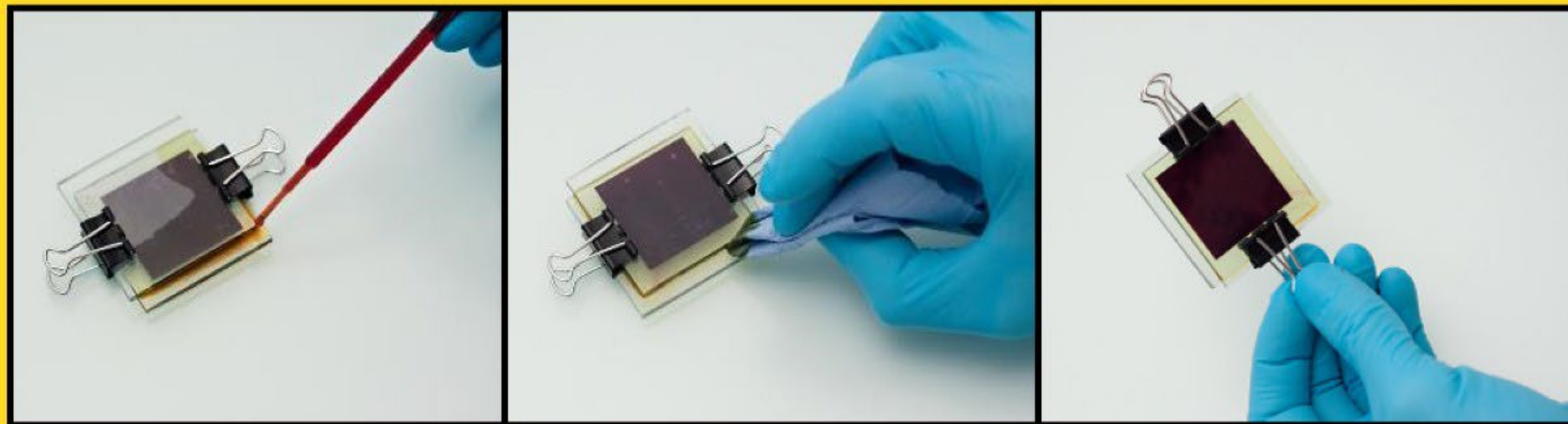
## Si configura la cella





# Assemblaggio degli Elettrodi

## Si aggiunge l'elettrolita



# Test delle Performance della Cella Solare

**Il Simulatore Solare**

**Lampada**

**Simulatore solare Oriel LCS-100  
94011A**

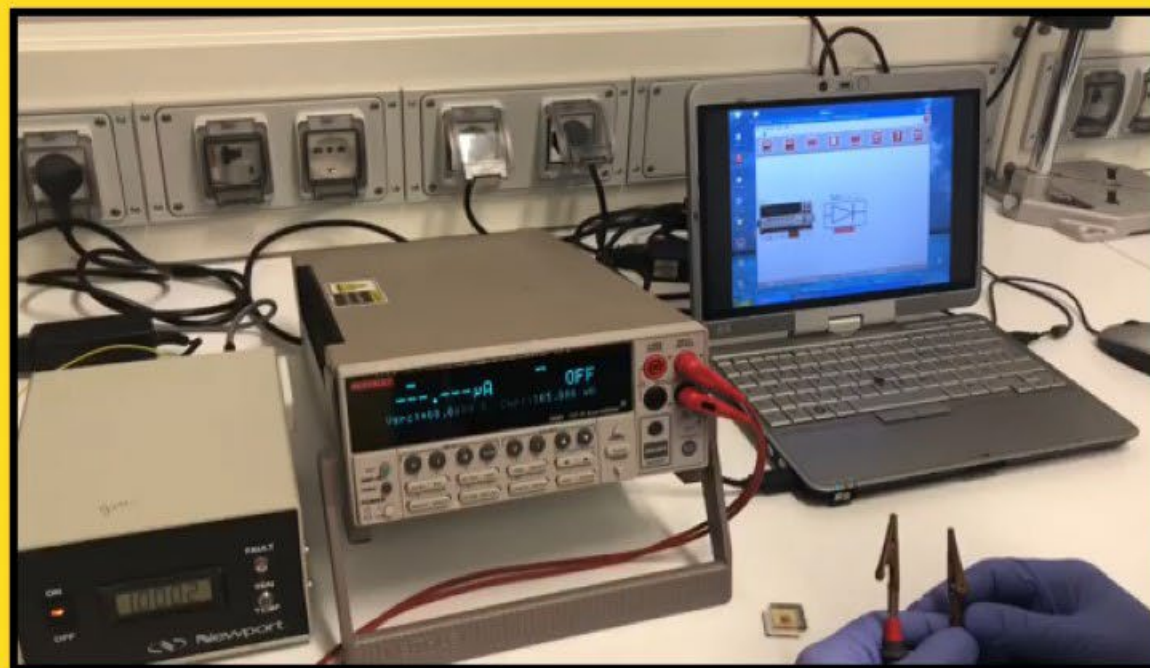


# Test delle Performance della Cella Solare



La cella si collega a un *voltmetro*:

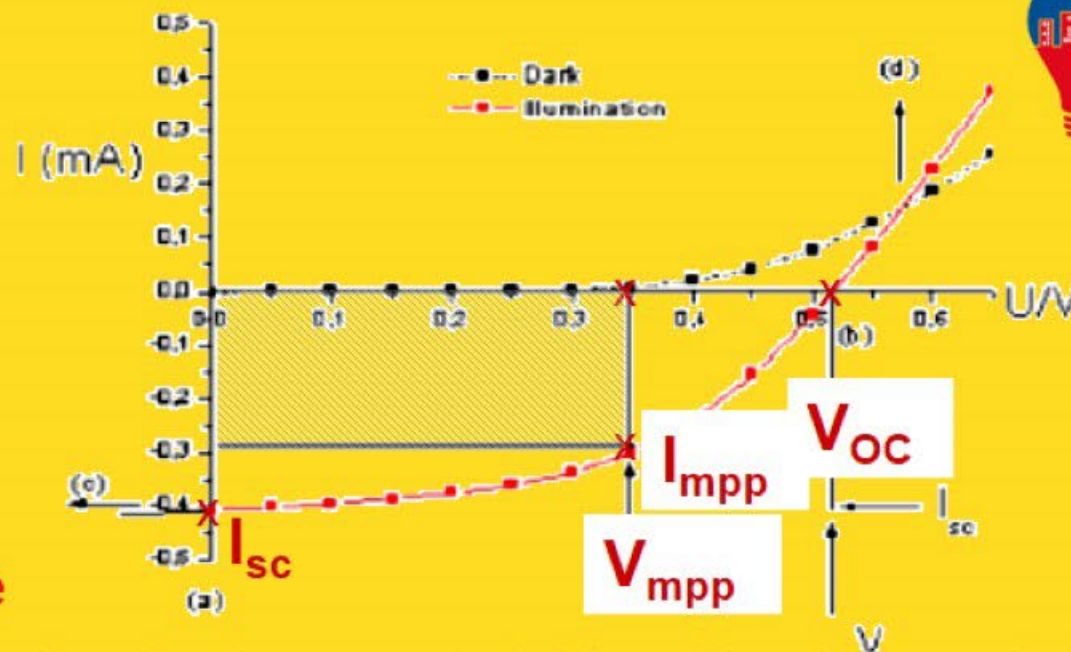
- polo negativo verso l'anodo (elettrodo Titania)
- polo positivo al contro-elettrodo





La caratterizzazione delle DSSC viene effettuata mediante **misure fotoelettrochimiche**.

Da queste è possibile ottenere una curva che riporta l'andamento della densità di corrente rispetto alla tensione.



## Parametri di Misura che si possono ottenere

La **tensione di circuito aperto  $V_{OC}$  [V]** è la tensione massima che viene generata dal dispositivo solare quando è collegato ad una resistenza infinita (cioè quando non passa corrente)

La **corrente di corto circuito  $I_{SC}$  [mA]** viene invece misurata quando il potenziale applicato è pari a zero. Dato che l' $I_{SC}$  dipende dall' area illuminata dalla radiazione solare, è preferibile utilizzare la **densità di corrente di corto circuito  $J_{SC}$  [mA/cm<sup>2</sup>]**.

Il **fill factor (FF)** è definito come il rapporto tra la potenza massima teorica ( $V_{mpp} * J_{mpp}$ ) e la potenza misurata ( $V_{OC} * J_{SC}$ ).

L'**efficienza di conversione ( $\eta$ )** è definita come la potenza massima sviluppata dalla cella rispetto alla potenza della radiazione incidente.

# L'efficienza di conversione dell'energia fotovoltaica di una cella solare

$$\eta_e = \frac{V_{OC} \times I_{SC} \times FF}{P_{in}} \quad \rightarrow \quad FF = \frac{I_{mpp} \times V_{mpp}}{I_{SC} \times V_{OC}}$$

$V_{OC}$  = Open Circuit Voltage

$I_{SC}$  = Short-Circuit Current

$FF$  = Fill Factor ( $\leq 1$ )

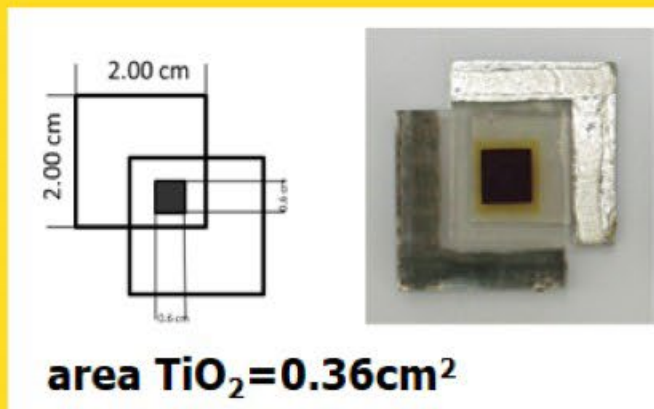
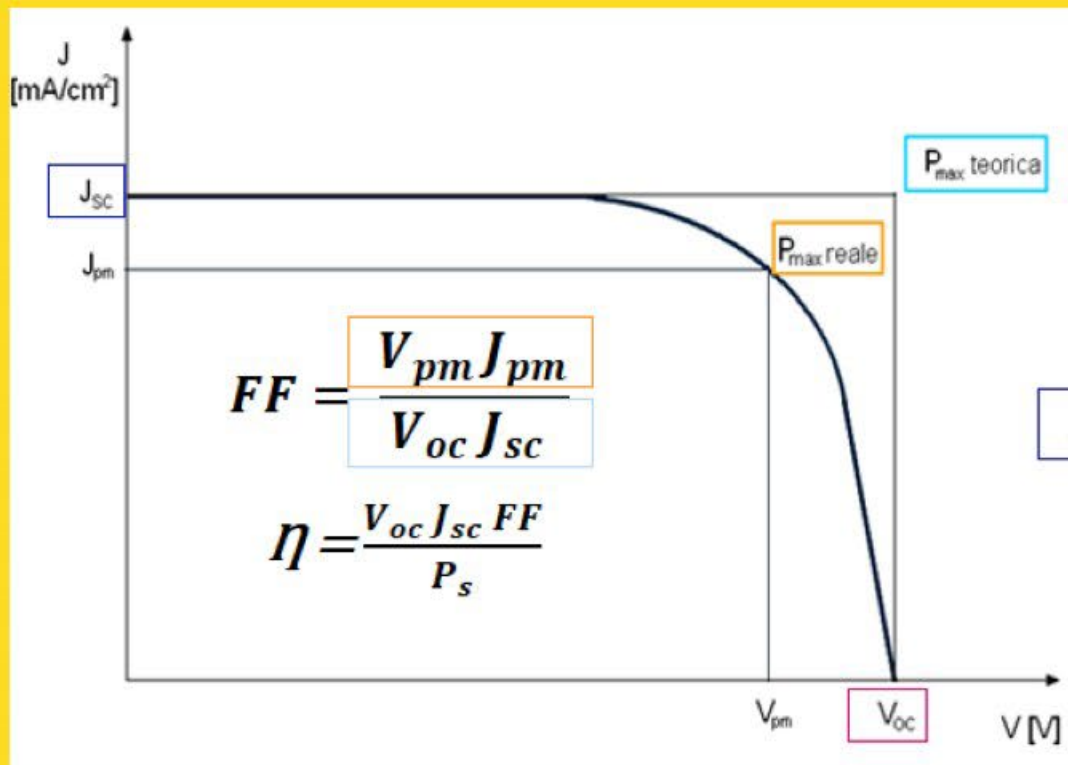
$P_{in}$  = Incident light Power density

(standardizzata a 1000 W/m<sup>2</sup>, corrisponde a quando l'angolo tra il Sole e la superficie terrestre è di 48.2°)

$I_{mpp}$  e  $V_{mpp}$  = la corrente e la tensione al Punto di Massima Potenza nel quarto quadrante delle caratteristiche corrente-tensione

# Test delle Performance della Cella Solare

## Parametri di Misura



$J_{sc} (V=0)$

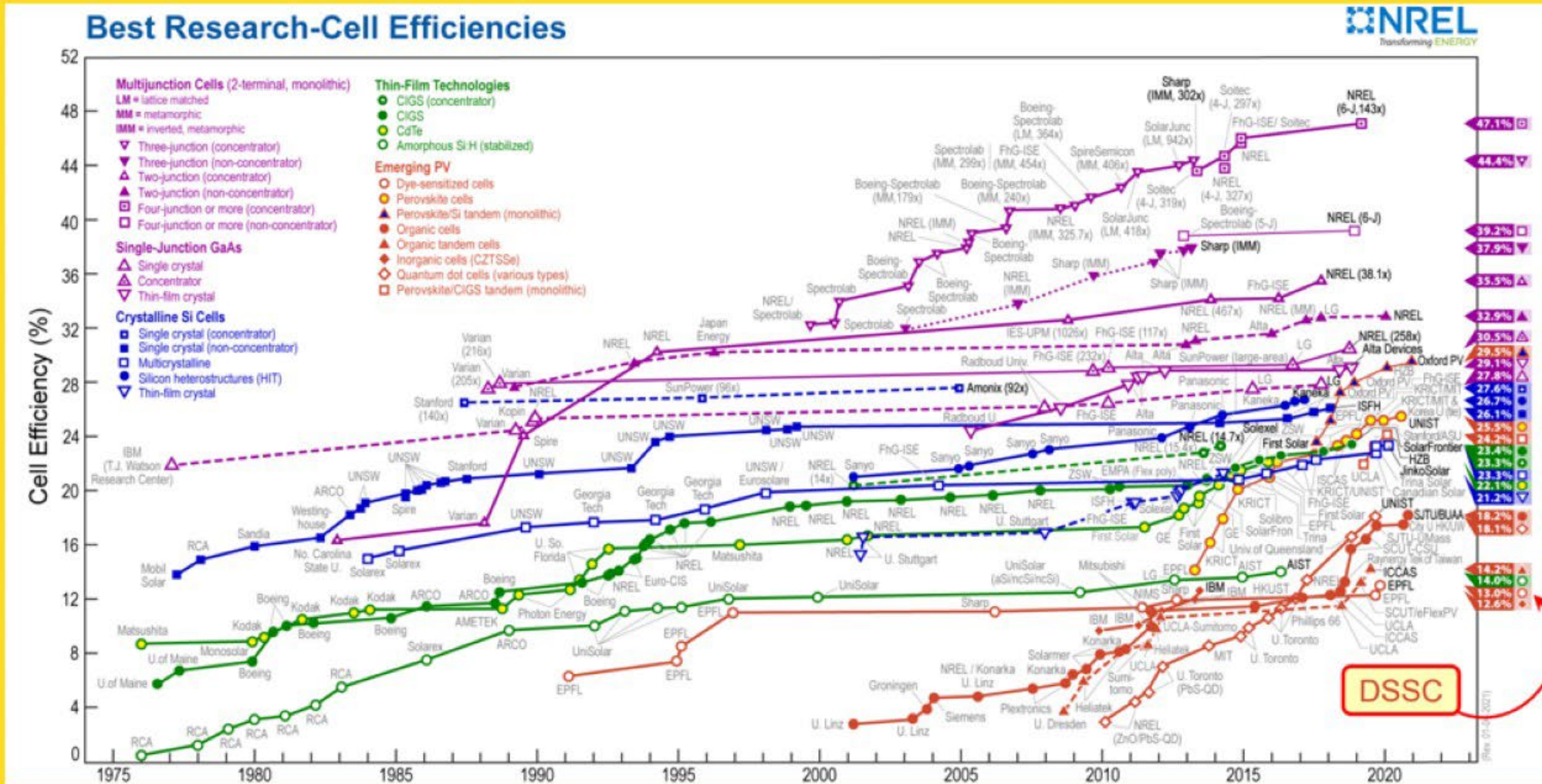
$V_{oc} (I=0)$

**FF = Fill Factor ( $\leq 1$ )**

$P_{in}$  = Incident light Power density

(standardizzata a  $1000 \text{ W/m}^2$ , corrisponde a quando l'angolo tra il Sole e la superficie terrestre è di  $48.2^\circ$ )

$I_{mpp}$  and  $V_{mpp}$  = corrente e voltaggio al punto di massima potenza nel quarto quadrante delle curve I-V



# Grazie per l'attenzione



A cura di:  
**Dr. Federico Begni - UPO**



In collaborazione con:



AMAPòLA



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:



Città di Alessandria



# DOVE I FATTI NON ARRIVANO.

*Perché ci serve la  
comunicazione per raggiungere  
gli obiettivi di sostenibilità*

A cura di:  
**Sergio Vazzoler**  
*Partner & Direttore relazioni istituzionali*

**Tel. 347 2771548**  
**Email: [sergio.vazzoler@amapola.it](mailto:sergio.vazzoler@amapola.it)**



**Energia  
in Energia**



Milano | Torino | Alessandria [www.amapola.it](http://www.amapola.it)

## DOVE I FATTI NON ARRIVANO.

Perché ci serve la comunicazione per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità



## FIGURE C Global risks ranked by severity over the short and long term

*\*Please estimate the likely impact (severity) of the following risks over a 2-year and 10-year period.\**

### Risk categories

- Economic
- Environmental
- Geopolitical
- Societal
- Technological

### 2 years



### 10 years



### Source

World Economic Forum Global Risks  
Perception Survey 2023-2024.

# Nel 2024

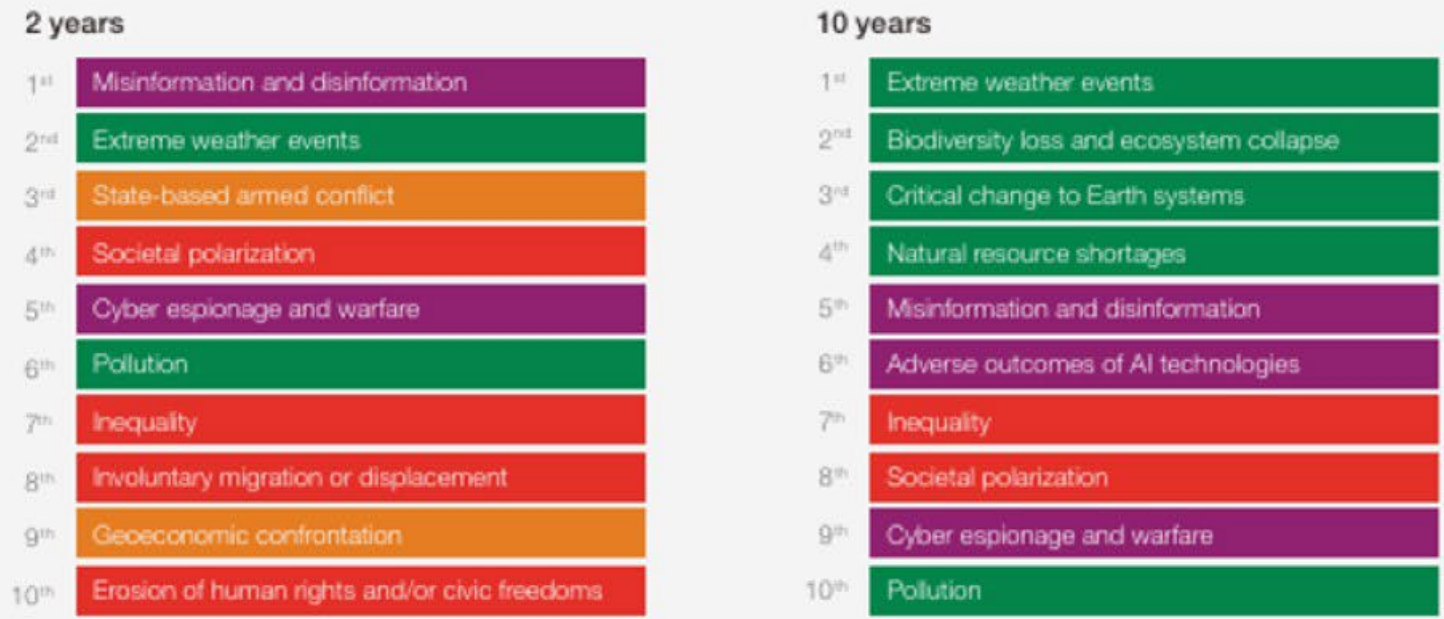
FIGURE C

**Global risks ranked by severity over the short and long term**

*\*Please estimate the likely impact (severity) of the following risks over a 2-year and 10-year period.\**

Risk categories

- Economic
- Environmental
- Geopolitical
- Societal
- Technological



Source

World Economic Forum Global Risks Perception Survey 2024-2025.

**Nel 2025...  
non abbiamo  
invertito la rotta**

# Ma come stiamo prendendo in carico questi rischi? L'ambiente

## Trump ora è un serio problema per il clima

di Jacopo Mengarelli

Publicado el 01/11/2024



Cosa succede con il ritorno di Trump per le azioni contro il cambiamento climatico? Abbiamo qui cercato di raccogliere dati, analisi e osservazioni - tra giornali e think tank internazionali - per capire cosa ci aspetta, sulla base di quanto il neopresidente ha già fatto o detto, insieme a rimbeccarci le maniche.

Foto di Darren Mehta/af su Unsplash



AMBIENTE

## Trump prepara l'uscita degli Stati Uniti dall'Accordo di Parigi

Il New York Times rivela che il presidente rieletto avrebbe già pronto l'ordine esecutivo per abbandonare l'Accordo sul clima



Donald Trump entrerà in carica come presidente degli Stati Uniti d'America a gennaio del 2025 © Donald Trump/X

# Ma come stiamo prendendo in carico questi rischi? L'ambiente

## 01/2020

ECONOMIA

### BlackRock, la lettera di Larry Fink: "Il rischio climatico è il rischio di investimento"

24 Gennaio 2020 Redazione



## 01/2025

Servizio | Dopo JpMorgan, Citi e Bank of America

### La battaglia sul clima perde pezzi: anche BlackRock lascia il gruppo anti CO2

Il primo asset manager mondiale annuncia l'abbandono della Net Zero Asset Managers Initiative: anche Larry Fink si arrende al pressing politico e giudiziario

10 gennaio 2025



FILE PHOTO: The BlackRock logo is pictured outside their headquarters in the Manhattan borough of New York City, New York, U.S., May

# Ma come stiamo prendendo in carico questi rischi? La disinformazione



TECNOLOGIA | Martedì 7 gennaio 2025

## Facebook e Instagram non avranno più sistemi di fact checking

I cambiamenti annunciati da Mark Zuckerberg imitano il sistema di X, e sono considerati un modo per allinearsi a Donald Trump

Condividi



(Aewa/Moteymskmi/Getty Images)

## Google rifiuta le regole Ue sul fact checking

Anche YouTube, come Meta, si allinea al modello definito da Elon Musk con X. Per la società di Mountain View le norme europee del Digital Services Act non si adattano agli algoritmi usati, e per il controllo dei contenuti bastano le segnalazioni degli utenti

di Luca Veronese

16 gennaio 2025





# Ma come stiamo prendendo in carico questi rischi? Le cause sociali

Servizio | Lavoro

## Da Amazon stop allo smart working: ecco perché è difficile valutare se ci sarà un seguito

Il ceo Andy Jassy scrive ai lavoratori che, escluse le eccezioni, dal 2025 torneranno a lavorare in presenza per i maggiori vantaggi riscontrati

Servizio | Strategie aziendali

## Da Harley Davidson a Jack Daniels, i passi indietro nell'inclusione

Commentatori e consulenti dei conservatori scendono in campo contro le imprese perché cancellino i programmi di diversità aziendali

di Monica D'Ascenzo

25 agosto 2024

TRENDING 14/01/2025 15:27

## Perché diverse aziende americane stanno voltando le spalle ai programmi di diversity e inclusion



Forbes.it

Staff

La redazione di Forbes.



# Eppure in Europa

**... si evolve il quadro  
degli standard  
europei verso un  
maggior rigore**

## GREEN DEAL EUROPEO

Il Green Deal definisce una serie di misure, di tipo legislativo e non, per rendere l'Europa climaticamente neutra entro il 2050 e per mobilitare i capitali verso un'economia sostenibile

Fonte: Green Deal Europeo

## ACTION PLAN PER LA FINANZA SOSTENIBILE

Il settore finanziario è parte integrante della strategia promossa dal Green Deal ed è impattato da nuove normative, tra cui la Eu Taxonomy, volte a incentivare la destinazione dei capitali verso attività economiche sostenibili.

Fonte: Action Plan per Finanziare la Crescita Sostenibile

## SEMPRE PIÙ IMPRESE TENUTE A RENDICONTARE LA SOSTENIBILITÀ

La Commissione Europea ha pubblicato la nuova direttiva sulla rendicontazione della sostenibilità (CRSD), che amplia il perimetro dei soggetti obbligati: circa 50.000 imprese in Europa saranno tenute a redigere la CSRD (contro le 11.000 di oggi).

Fonte: CSRD



# Eppure in Europa

***E ancora...***

## DIRETTIVA GREEN CLAIMS

Una normativa che punta a eliminare le dichiarazioni ambientali ingannevoli, imponendo alle imprese di dimostrare la validità dei propri green claim, anche dal punto di vista scientifico.

Fonte: direttiva 2024/825

Direttiva  
Green Claims

## Corporate Sustainability Due Diligence Directive

Stabilisce nuovi obblighi per le imprese di grande dimensione rispetto agli impatti negativi su ambiente e diritti umani, ampliando la loro responsabilità a tutta la catena del valore.

Fonte: CS3D



# La crisi ambientale e le conseguenze sul mondo produttivo



## Il blocco UE sul fast fashion: una mossa verso la moda sostenibile

12 Ottobre 2024



Eva Riccavuto

L'Unione Europea sta prendendo provvedimenti concreti contro l'industria del *fast fashion*, letteralmente moda veloce, con una nuova legge, la *Corporate sustainability due diligence directive (Csddd)*, che mira a ridurre l'impatto ambientale e sociale di uno dei settori più inquinanti al mondo.



## Stop auto diesel e benzina: resta al 2035, UE non posticiperà addio

Lorenzo Marinone • 4 Dicembre 2024 • Tempo di lettura: 3 minuti

La nuova commissaria alla Transizione Pulita ribatte al PPE: non cambieremo idea sullo stop delle auto endotermiche nel 2035. Il partito popolare chiede un rinvio e di aprire anche a e-fuel e biocarburanti



# La crisi ambientale e le conseguenze sulla vita quotidiana e sui processi decisionali

SICCITÀ

## Crisi idrica, anche a Catania l'incubo dei turni dell'acqua: «Piogge finora insufficienti per riempire le falde»

Nonostante le riserve dell'Etna, Sidra e Acoset confermano la riduzione delle risorse e le criticità

Di **Maria Elena Quaiotti** | 13 Gennaio 2025



## Sud Italia, siccità estrema nel 29% del territorio e invasi vuoti

Lorenzo Marinone • 25 Settembre 2024 • Tempo di lettura: 3 minuti

L'indice SPI a 12 mesi segnala una situazione severo-estrema in gran parte del Sud, con punte in Calabria e Sicilia dove il territorio colpito da siccità estrema arriva al 47% e al 69%. I dati di Greenpeace e Cnr-Ibe

## Poca neve in alta quota, Legambiente: «Servono più politiche di mitigazione e adattamento»

Le tre proposte dell'associazione ambientalista: «Necessarie strategie nazionali e locali, una maggiore presa di coscienza da parte delle comunità territoriali, un turismo invernale montano più sostenibile»

# Un nuovo elemento: la comunicazione responsabile



**La proposta di Global Alliance**

## COMUNICAZIONE: SERVE UN «GOL» SU VERITÀ E ETICA

di **Bruno Calchera\***

Il 1° Goal dell'Agenda 2030 dell'Onu non trattato di come comunicare la sostenibilità. Gli argomenti riferiti al Goal, davvero molto importanti, sono punti di riferimento per persone ed aziende che hanno a cuore il benessere del Pianeta e dei suoi fondamentali di uno sviluppo sostenibile: le aspettative ed indirizzate a interlocutori pubblici e privati. Conosciamo, attraverso reporting e informazioni, attraverso media diversi, scelti che intendono descrivere progressi e risultati nell'azione innovativa e cambiamenti utili alla società. L'informazione è affidata ai viaggi protagonisti, che sottolineano i passi significativi portati avanti dalla propria impresa attraverso investimenti importanti.

Quasi sempre però la comunicazione è autoreferenziale o auto-vagabonda. Non c'è alcun cenno nella Agenda Onu sulla responsabilità di ciascuno a comunicare con verità e realismo. Assolutamente ormai da anni a fake news, a greenwashing ed anche a comunicazioni che risultano ingannevoli sulla sostenibilità e non solo. Il fatto il lettore ha difficoltà a sapere come stanno veramente le cose attraverso annunci spot, comunicati, che i media distorcono. Global Alliance Internazionale ha lanciato il suggerito generale dell'Onu, Antonio Guterres, a considerare l'attuazione del 1° Goal sulla Comunicazione responsabile nell'Agenda 2030. Attraverso l'introduzione del «GOL» si auspica una Co-

municazione responsabile che preveda trasparenza e serietà etica nella informazione.

È poco utile fare una relazione aziendale obbligatoria per diversi grandi gruppi economici - che presentino solo risultati positivi e non anche tracce di problemi irrisolti e difficoltà non superate. Il tema della reputazione, e la sua crescita, è il cuore del possibile incremento del valore di una qualsiasi impresa. E il Goal proposto all'Onu per integrare l'Agenda è un invito alla verità nella comunicazione. Recentemente se ne è parlato al Primo «Forum della Buona comunicazione» nell'Università Bicocca di Milano, l'occasione di un incontro con i Rimini nei primi giorni di novembre, così come all'«Oscar di Bilancio» il 19 dicembre scorso, alla presenza del presidente Isola, del rettore dell'Università Bicocca e dell'ateneo di Roma di Milano.

Direttore José Manuel Velasco, del consiglio di amministrazione di Global Alliance: «Oggi è davvero necessario difendere la verità, l'etica e la trasparenza, perché il mondo è pieno di disonestà e perché merita e più conveniente». Tutto questo insistere sulla Comunicazione responsabile come attività del lavoro e una trasparenza che pare essere l'unico versante utile per il cambiamento e per fiducia non legati interpersonali e suscitano quella fiducia nell'altro e nelle notizie date dal media, che sembrano spesso manco fatti.

\*Direttore CuiCoggi  
@BRUNOCALCHERA

## LIBRO BIANCO SULLA COMUNICAZIONE AMBIENTALE



Saggiistica

A cura di  
Stefano Martello – Sergio Vazzoler

New Fabric 8



## L'ANELLO MANCANTE



Saggiistica

La comunicazione ambientale alla prova  
della transizione ecologica

a cura del  
Stefano Martello  
Sergio Vazzoler

Prefazione di  
Emete Reolacci

Prefazione di  
Chiara Cristiani

PRINT 3 New Fabric 11



## DOVE I FATTI NON ARRIVANO



Saggiistica

Antologia ragionata e appassionata  
della comunicazione ambientale

a cura di  
Stefano Martello – Sergio Vazzoler

New Fabric 16



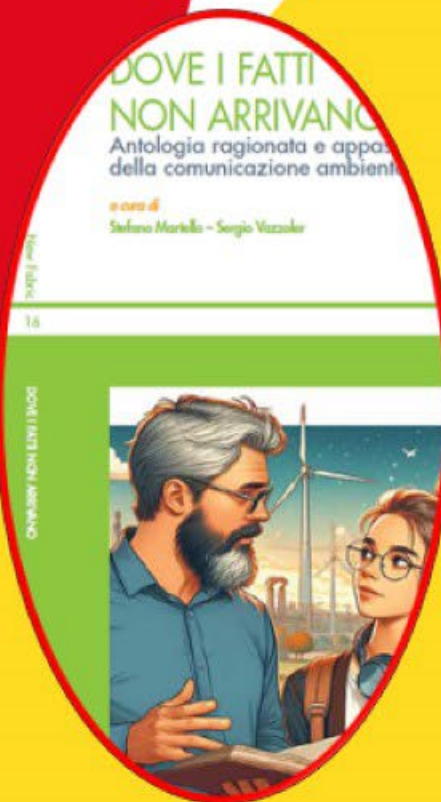
A cura di Stefano Martello e Sergio Vazzoler, Collana New Fabric, Pacini Editore

**contraddizioni**

**negazionismo**

**paradosso**

**empatia**



**4 parole  
per il goal 18**

**Perché ci serve la  
comunicazione per  
raggiungere gli obiettivi  
di sostenibilità**



## Contraddizioni

- Atteggiamenti «green» convivono con comportamenti «black»
- Perché?
- temi ambientali complessi e poco lineari
- **«Lavami ma senza bagnarmi»**
- Presa in carico:
  - Dubbi
  - Incertezze
  - Inciampi
  - Vecchie abitudini e rassicuranti egoismi



# Negazionismo

Negazionisti sono tra noi.

Tratto comune: **sfiducia**.

In campo ambientale **2 le verità negate:**

- l'effettivo surriscaldamento del pianeta
- la sua origine antropica

Come reagisce chi dovrebbe assumere un atteggiamento responsabile?

- **benzina sul fuoco** nella talkocrazia da avanspettacolo
- trattando (e disprezzando) i negazionisti come **un'entità unica**

**>>> effetto «Davide VS Golia»**

>>> significato «comunicazione» travisato (si controbatte colpo su colpo e si zittisce l'interlocutore anziché ascoltarlo, mettersi nei suoi panni e provare a fargli domande)

- romanticismo o assuefazione alla logica dell' **«asfaltare»?**



# Negazionismo

Sfiducia «fotografata» una società dove

- **crescono disagio e frustrazione** per scarsa corrispondenza tra impegno e tranquillità economica
- **reti sociali si affievoliscono** accrescendo l'isolamento
- **cigni neri** incrinano certezze e accrescono senso d'impotenza
- **«infodemia»** acuisce la difficoltà a discernere tra informazioni affidabili e fake news, favorendo **polarizzazione**

**È qui che comunicazione deve farsi responsabile e abbandonare ogni forma di snobismo**

*>>> e se negazionisti e attivisti climatici condividessero la stessa preoccupazione per il futuro?*



# Paradosso

Necessità di **amplificare la voce della scienza** che ci mette in guardia dal punto di non ritorno a cui ci avviciniamo con i nostri comportamenti insostenibili

- soltanto puntare su **ingegno e innovazione tecnologica** ci mantiene **come rane a mollo nell'acqua che bolle**

ma

decenni di **campagne ambientaliste** che abbiamo alle spalle non sono state in grado di **intaccare**, se non per qualche istante di emozione, **il nostro modo di pensare:**

- **nessuna spinta all'azione** (eccetto ecoattivisti che sprecano il messaggio, fagocitato dal gesto)



## Come uscire dal paradosso comunicativo?

- mescolare i linguaggi
- fondere comunicazione del clima con musica, teatro, arti visuali
- andare laddove di pensa e si parla d'altro
- connettere la presa di coscienza verso il problema con una o più **opportunità di «adattamento» >>> come? >>>**



# Paradosso

Ancora una volta **il linguaggio** può aiutarci

NO      impatto crisi climatica su economia e lavoro

SI      «**inflazione climatica**» che rende evidente relazione tra siccità, alluvioni/grandinate e prezzi spesa al mercato

SI      «**cassa integrazione climatica**» per definire le nuove soluzioni alle ondate di calore estive in fabbrica o sui cantieri (ridisegnare turni e orari di lavoro)

## Lavoro & super caldo

**Ruolo della comunicazione responsabile:**

mettere in sicurezza una **no fly zone** dove le parole siano usate per **accorciare le distanze** tra visioni e vissuti diversi

Imprimere quella **spinta gentile** che porti imprese, istituzioni e comunità a trovare un terreno comune dove sperimentare il cambiamento che la crisi climatica ci richiede.



# EMPATIA

- **Isolamento** tecnologico e sociale
- **appagamento** consumistico
- relativismo che diventa scetticismo e sfocia nell'**indifferenza** orizzontale verso qualsiasi evento o situazione non direttamente influente sulla nostra quotidianità

>> meccanismi che portano molti di noi a relazionarci in modo **asettico** verso le conseguenze per l'ambiente delle nostre azioni

>> **Spostiamo i problemi verso le generazioni future** perché la responsabilità del qui e ora si presenta a noi troppo faticosa e portatrice di una apparente quanto intollerabile **limitazione alla nostra libertà.**

**Amitav Gosh, «La Grande Cecità»:**  
*l'economia basata sui combustibili fossili, rappresentata da una veloce decapottabile, evocava libertà e il vento nei capelli.*

*La green economy, non solo stenta a trovare immagini e valori simbolici altrettanto desiderabili, ma appare un concentrato di lacci, laccioli e balzelli che assumono la forma della minaccia alla nostra costante ricerca del benessere (o presunto tale).*



# EMPATIA

## Comunicazione del clima: come agire in modo responsabile?



Evitando **sindrome Rain Man** ma facendo emergere segnali deboli, rendendo evidenti le cause, e rendendo **semplice, vicino e concreto** il problema

>> vale più ascoltare un allevatore di anguille del delta del Po o un operatore turistico di un centro alpino rispetto a classifiche o infografiche sul surriscaldamento planetario



>> urgente andare a caccia di quelle esperienze di **comunicazione pop** che possano coinvolgere chi ancora oggi allontana la crisi ambientale dal proprio agire quotidiano.

>> Non basta. Per provare a riscoprire empatia verso il nostro ambiente, abbiamo bisogno di **riconnetterci con la natura** e tutte le sue espressioni vitali.

**L'urbanizzazione e la digitalizzazione** giocano un ruolo cruciale, ma se non troviamo il modo di osservare e percepire i segnali derivanti dal mutare degli ecosistemi, difficilmente riusciremo a cambiare rotta.

**David Foster Wallace**: *vale la pena bollire vive le aragoste solo per il nostro piacere?*

**Miyazaki**: *agli umani sfuggono le relazioni tra gli elementi dell'ecosistema, distratti da conflitti e portati a ripetere gli errori del passato*

# Una cassetta degli attrezzi

- **Evitare scorciatoie** e affrontare complessità e contraddizioni: valorizzare le buone pratiche e i benefici ambientali, senza esagerazioni o opacità, evitando ogni rischio di greenwashing o scorciatoie di pura immagine.
- È fondamentale essere **consapevoli** che su questi temi non ci si può limitare a “fare sapere” e nemmeno applicare la vecchia e sempre valida regola dell’AIDA (Attenzione-Interesse-Desiderio-Azione).
- Dimostrare la **coerenza** tra i messaggi di sensibilizzazione ambientale e i comportamenti assunti nella pratica quotidiana.
- sfrondare il linguaggio da acronimi, tecnicismi e codici per addetti ai lavori. Trasferire **messaggi veri, comprensibili, esaustivi**.
- Da qui il **salto culturale e organizzativo** che si impone per “far vivere” la **comunicazione della sostenibilità**.
- Investire tempi, risorse e formazione per **monitorare, ascoltare e dialogare con il pubblico** (e avere contenuti a cui rimandare per approfondire...). I processi di **facilitazione e ingaggio** non sono sacrificabili.
- **Occuparsi meno dei “pro” e “contro” e più dei “neutri”** (la maggioranza silenziosa che necessita di capire, testare, entrare nel merito senza pregiudizi).
- Poiché la consapevolezza da sola non basta per aderire o meno a una richiesta di cambiamento, emerge la necessità di **allargare il campo della comunicazione ambientale a competenze sociali, cognitive e artistiche**.

A cura di: Sergio Vazzoler – Partner e Direttore relazioni istituzionali Amapola

# Grazie per l'attenzione

A cura di:  
**Sergio Vazzoler**  
Partner & Direttore relazioni istituzionali

Tel. 347 2771548  
Email: [sergio.vazzoler@amapola.it](mailto:sergio.vazzoler@amapola.it)



Milano | Torino | Alessandria [www.amapola.it](http://www.amapola.it)



In collaborazione con:



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:



Città di Alessandria





<https://www.gruppo3i.it/associazioneideale/>



In collaborazione con:



AMAPÒLA



Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca  
Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte  
Ufficio IV - Ambito Territoriale di Alessandria

Con il patrocinio di:

