



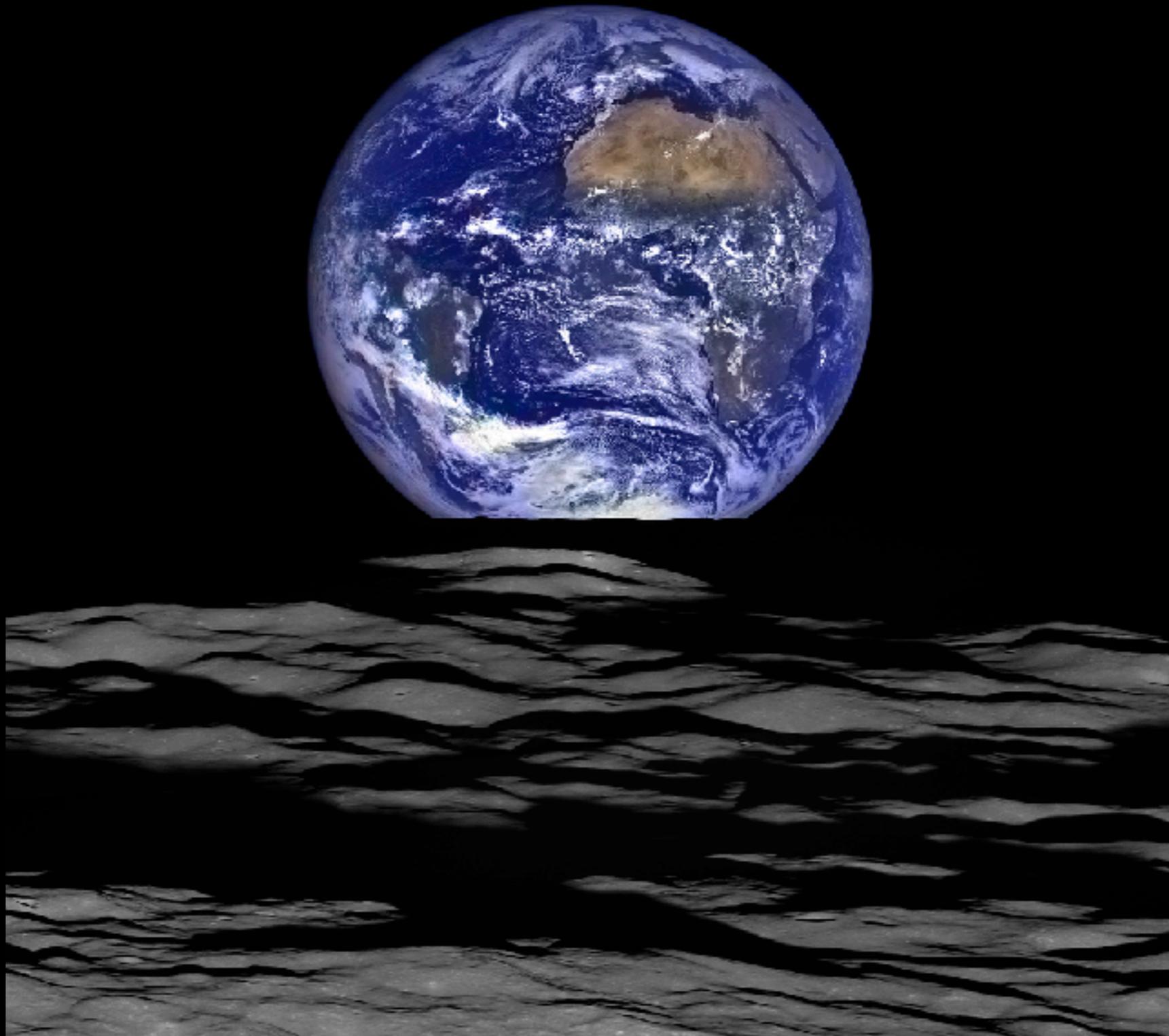
*La bellezza
della luce*

Luca Guido Molinari
Salone Estense, 29 aprile 2022



Incontri Tra Cielo e Terra

Societa` Astronomica G. V. Schiaparelli



NASA Lunar Reconnaissance Orbiter, 2015

arcobaleni

aloni

glorie

miraggi e fate morgane

aurore

colori che (non)

vediamo

et caetera ...



*Luce e
acqua*

Joaquín Sorolla (1863-1923)



Madrid, museo Sorolla



Arcobaleni

William Turner
1775-1851



Frederic Edwin Church
1866 Rainy season in the Tropics



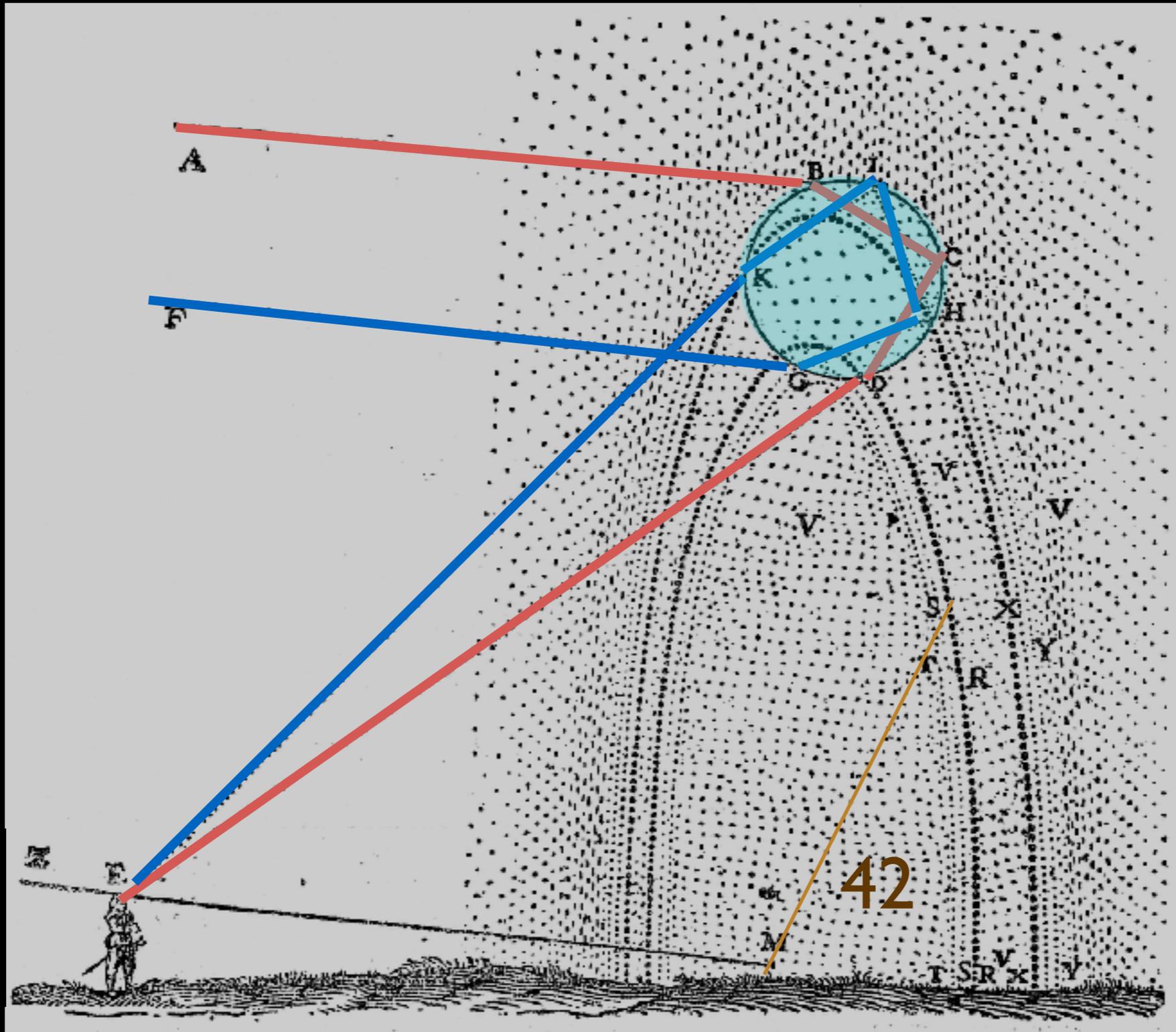
Ryan Shepard

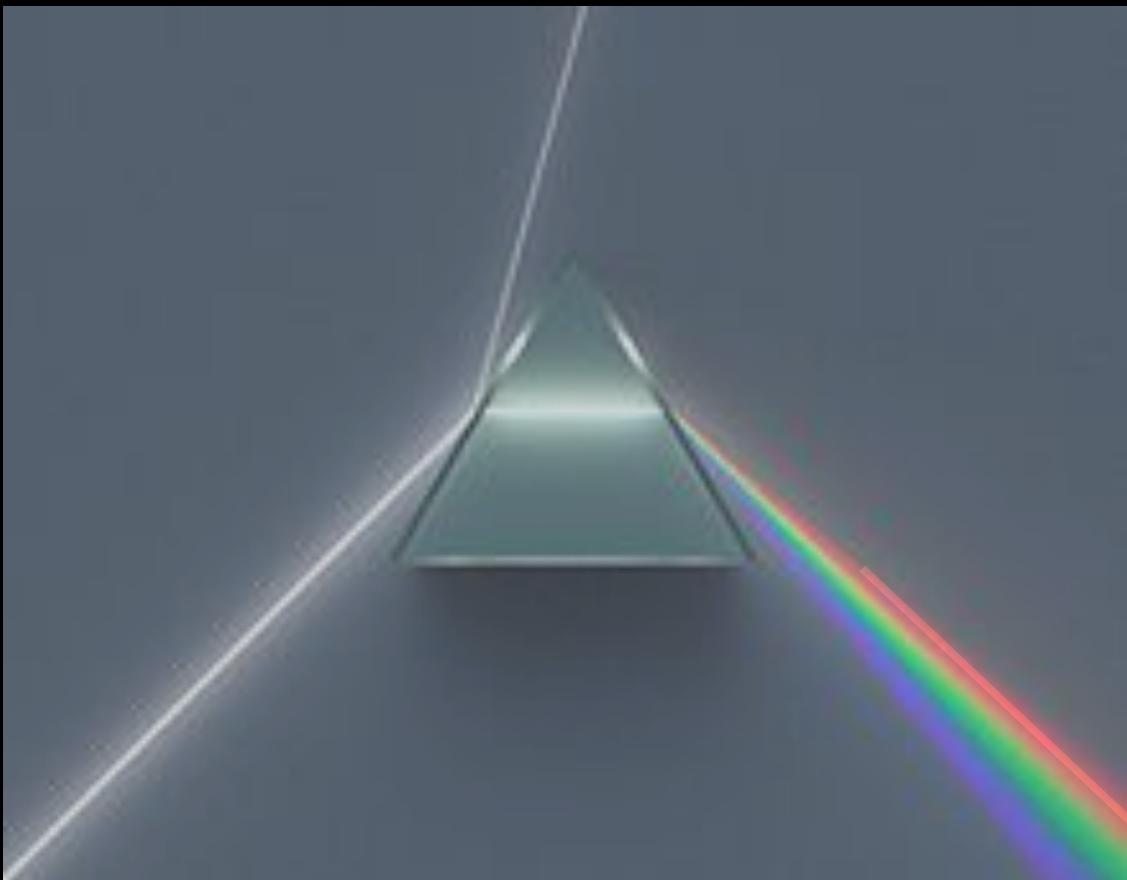




Tra i due archi il cielo e' più scuro
(Alessandro di Afrodisia, II-III sec. dC)

Il doppio arcobaleno





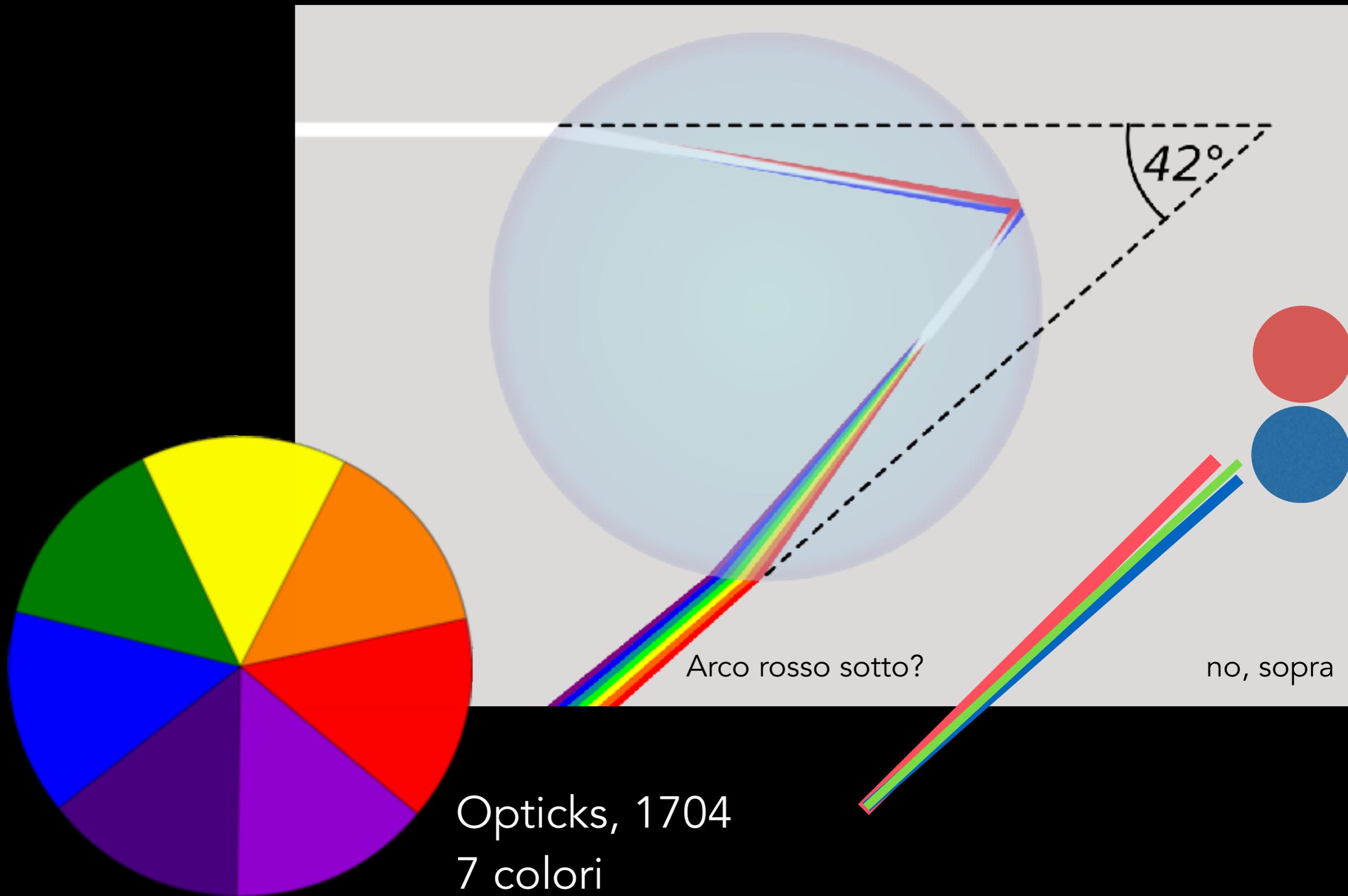
La dispersione della luce

Nel 1666 **ISAAC NEWTON** dimostrò che la luce del Sole è scomponibile in uno SPETTRO di colori.

(si pensava che i colori fossero dovuti al prisma, e non fossero una proprietà intrinseca della luce)



I colori dell'arcobaleno





Cascade Vittoria

Le linee di Fraunhofer (1814)

(GERME DELLA RIVOLUZIONE QUANTISTICA)

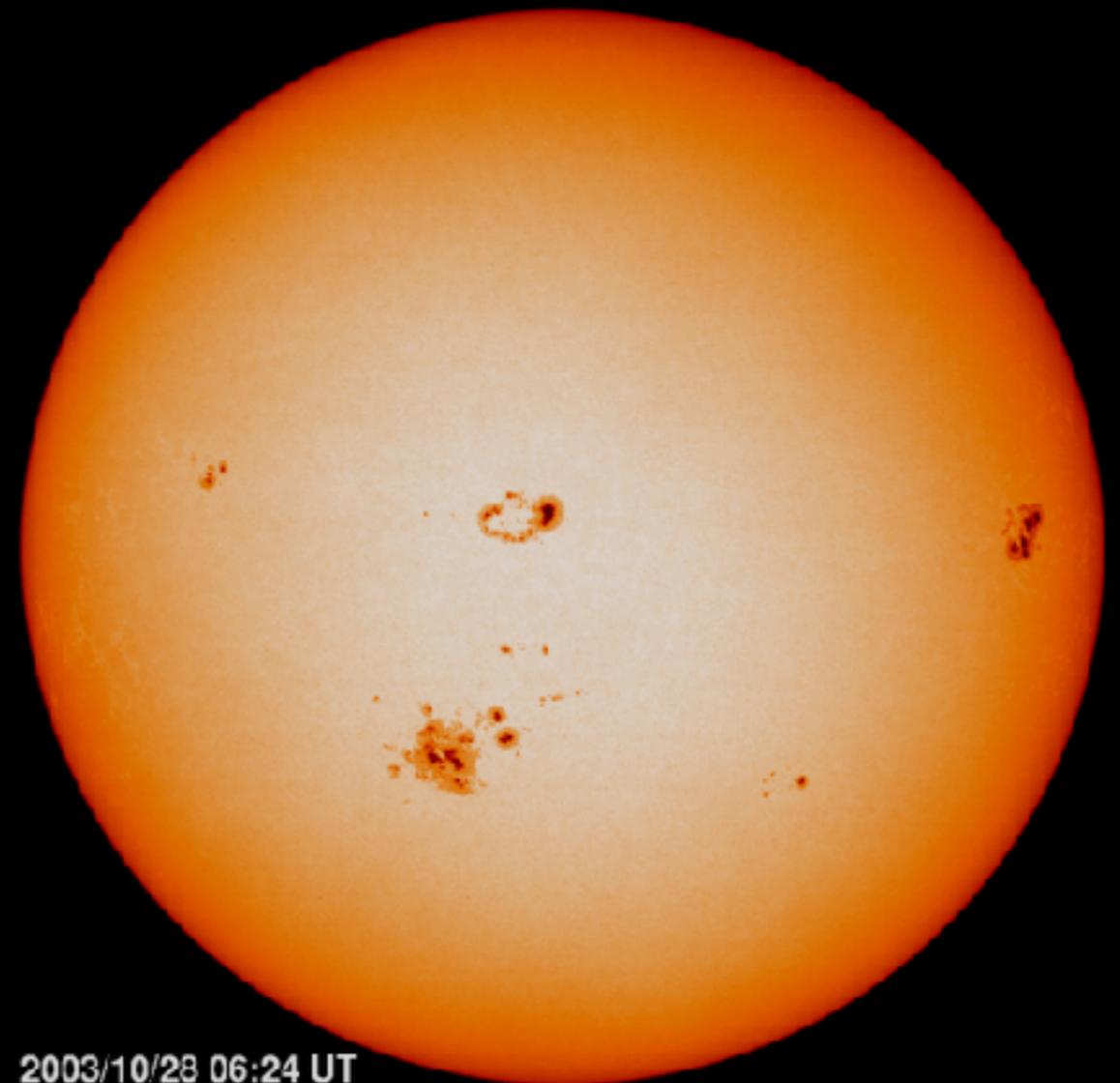


D

A 27 anni Fraunhofer noto` che lo spettro del Sole, sufficientemente disperso, e` attraversato sottili linee scure (ne conto` piu` di 500).

Lo spettro della Luna mostra le stesse linee nere del Sole.

Il doppietto scuro **D** corrisponde al doppietto brillante del Sodio, non fu in grado di darne spiegazione.



2003/10/28 06:24 UT



moonbow, Hawaii



Mistbow



*Luce e
Ghiaccio*





L'uragano Sandy (2012) investì l'Alabama (allagò New York) lasciando una nebbia sottile di cristalli di ghiaccio e cirri. Si notano due 'cani solari', un alone di 22° , un cerchio paraelico, un arco tangente superiore e un arco di Parry

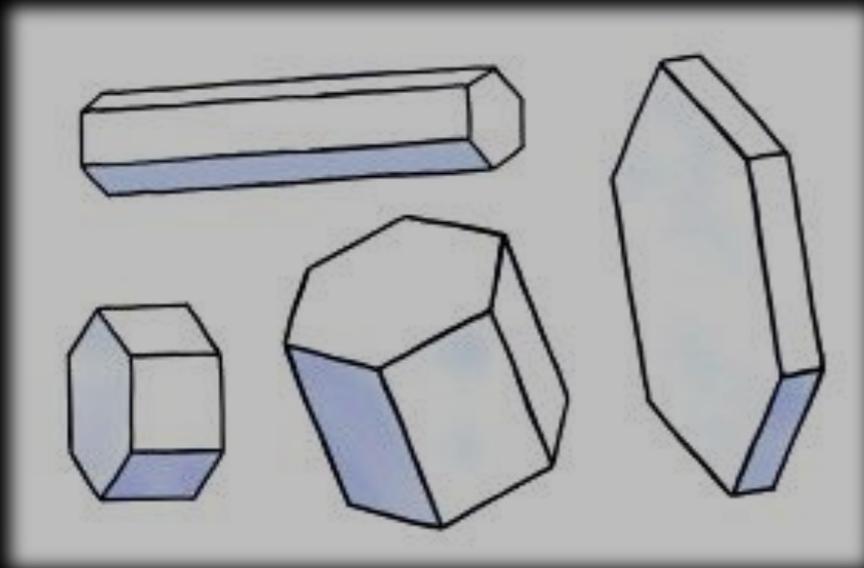


<https://twitter.com/AntarcticReport/status/1357233228608724993/photo/1>

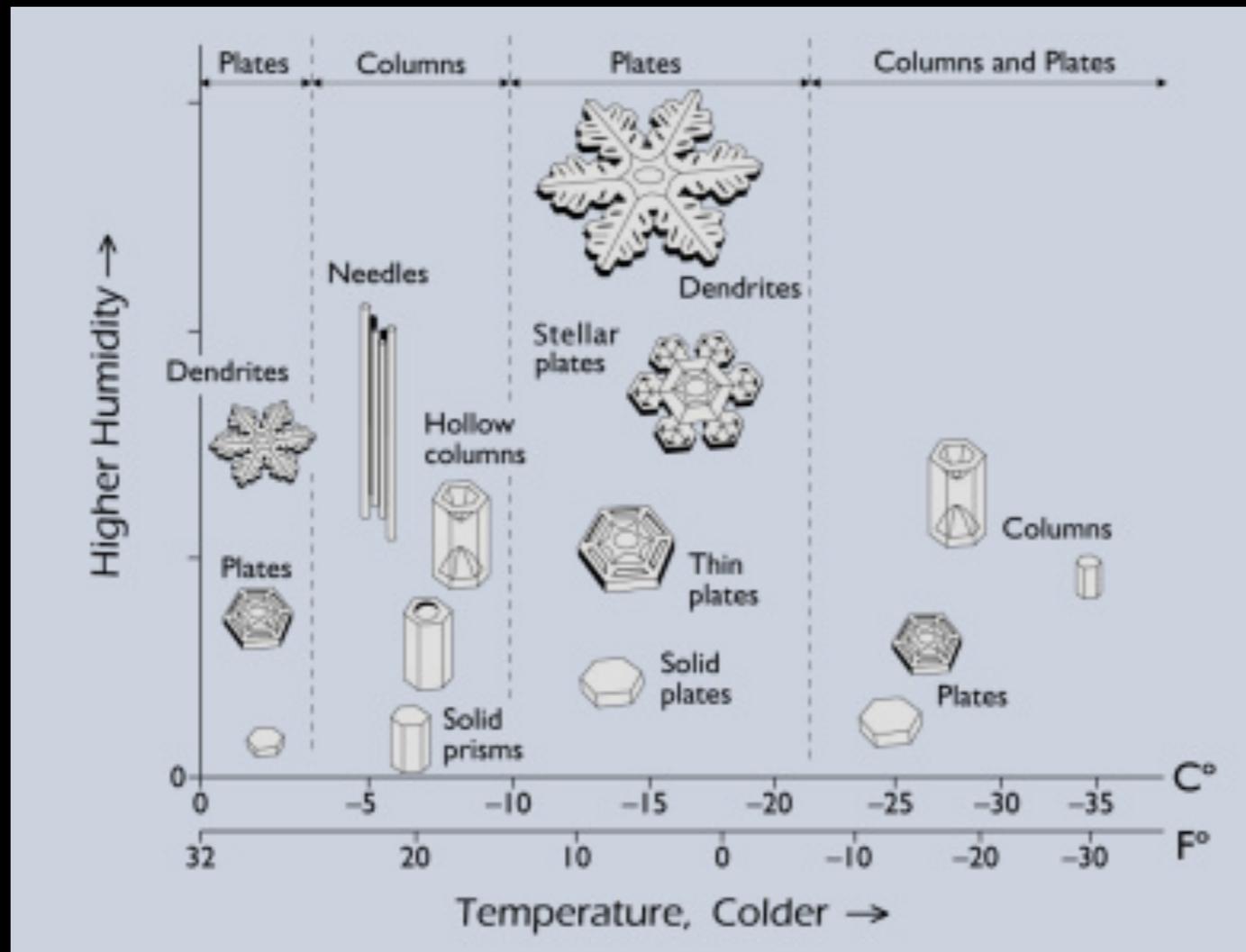
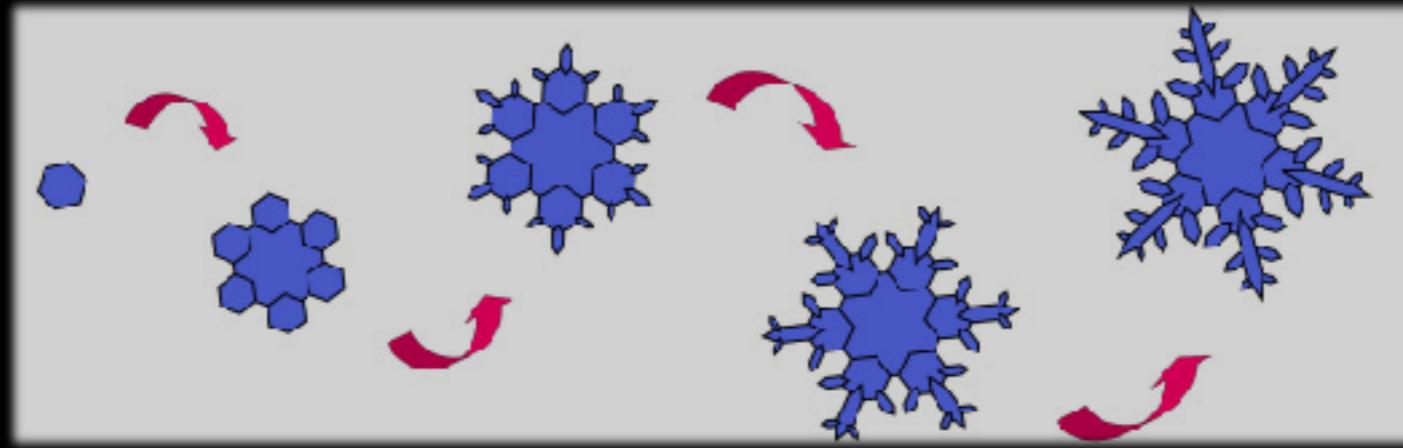
Circolo paraelico si forma nei cirri quando la luce solare è riflessa dalle facce esagonali dei cristalli verticali.

Per riflessione non ci sono colori. Ha centro nello zenit.

L'alone 22 gradi si forma per rifrazione da cristalli a forma di matita (prismi 60 gradi) con diversi orientazioni.



La Roja, Argentina, feb.2019





L'arco di Parry, a Red River, New Mexico (2600 m)
dopo il passaggio di correnti artiche sugli USA (9 jan 2015)



Drawn & Engraved by W. Bristall, J.R.S. from a Sketch by Edw. Arner

*Situation of U. S. S. Hecla & Gryper.
Sept. 20th 1819.*

Published by John Murray, London, March 6th 1820



*Captⁿ W. E. Parry R.N.
Commander of the Arctic Expedition
1819-1820-21-22-23-24-25-27*

L'ammiraglio William Edward Parry compì tre spedizioni artiche alla ricerca del Passaggio NW, tra la Groenlandia e il Canada.

Nella seconda, fu intrappolato con due navi nei ghiacci dal settembre 1819 al luglio 1820 con un inverno durissimo. Osservò e disegnò gli aloni del Sole, la vita degli Inuit



La Gloria ?

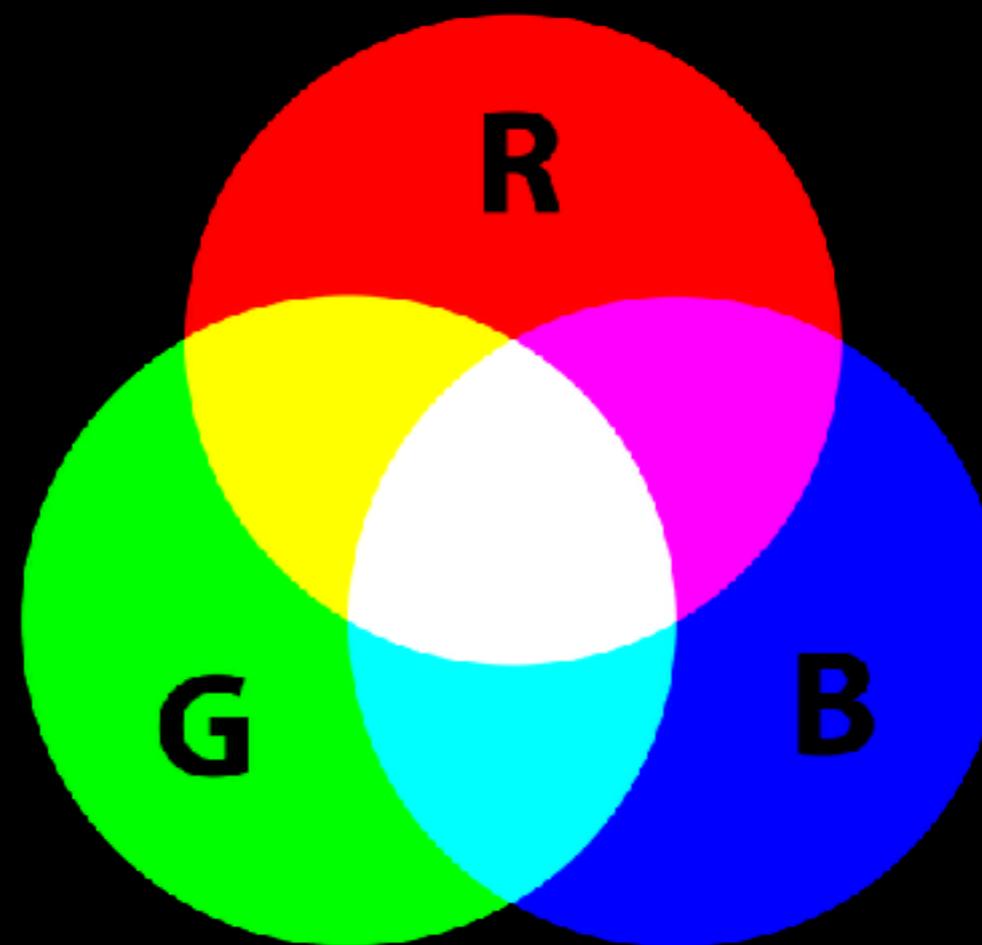


I colori della luce





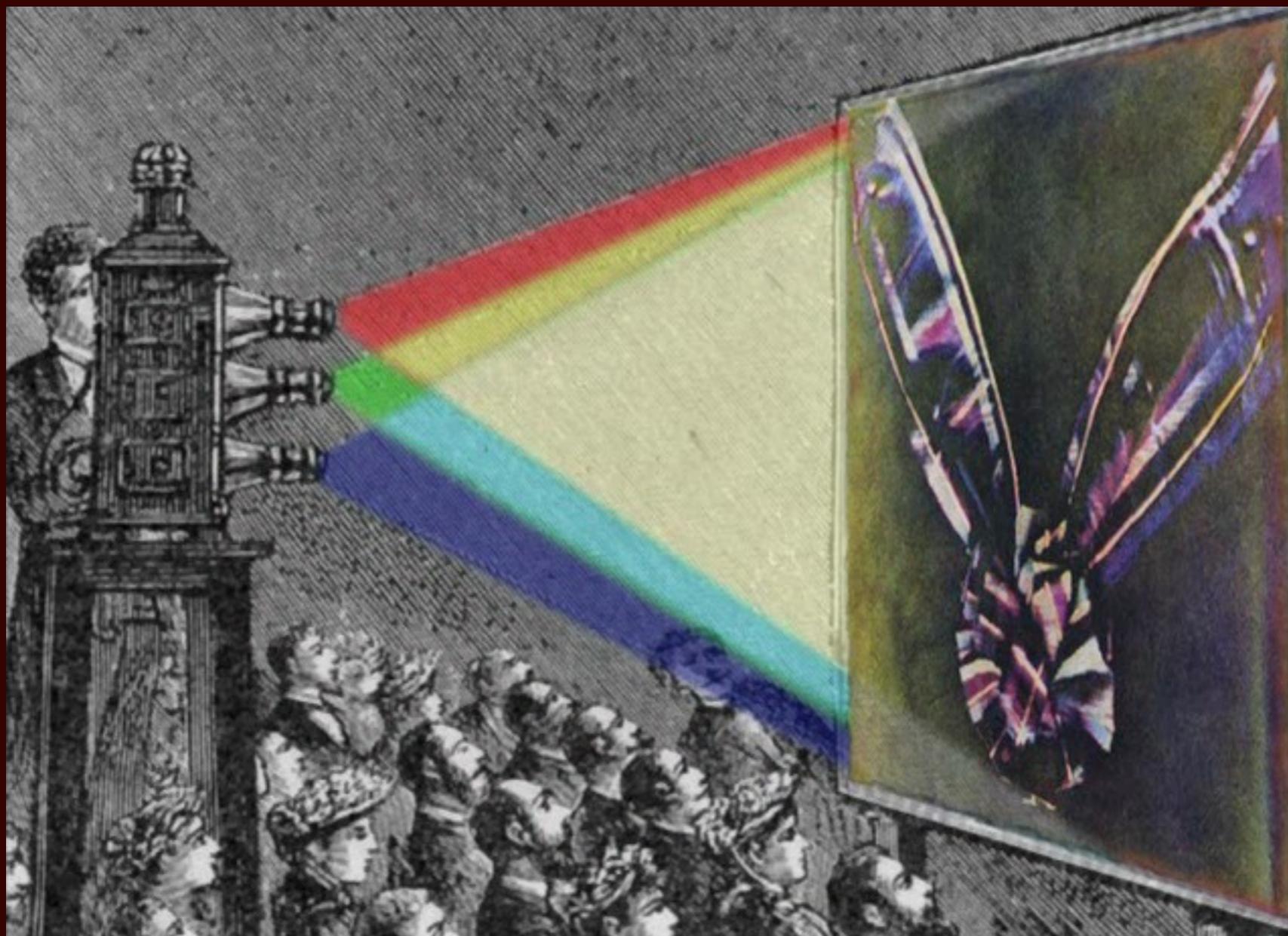
Ogni colore e` ottenibile
sovrapponendo 3 colori
primari (rosso, verde, blu)
Cio' si collega ai 3 tipi di
cellule fotosensibili
nella retina



I colori primari

La prima fotografia a colori (1861)

James C. Maxwell



TARTAN RIBBON
eseguita da un
fotografo con filtri
rosso verde blu

La retina umana e' rivestita di cellule foto-sensibili:

- 90 milioni di BASTONCELLI (luce fioca)
- 6 milioni di CONI sensibili a rosso (L) verde (M) blu (S) concentrati nella macula, singolarmente connessi al nervo ottico

alamy stock photo

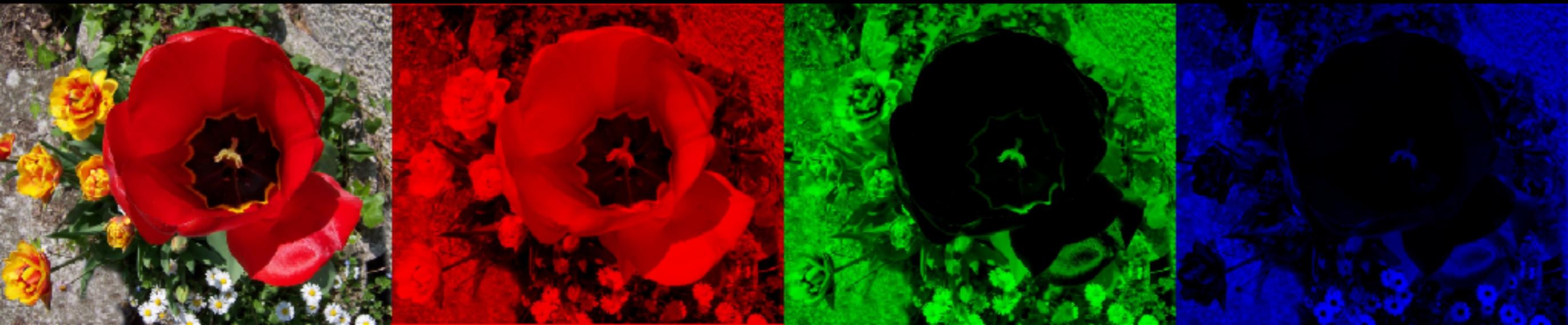
Giallo: i coni L sono stimolati poco piu` dei coni M.

Rosso: stimolo di coni L assai maggiore dei coni M.

Blu e viola i coni S hanno lo stimolo maggiore.

Rivestimento di coni della retina centrale. I piu' grandi sono i coni blu

TRICROMIA RGB



I tre tipi di cellule cono rispondono alla luce **rossa (570 nm)**, **verde (540 nm)**, **blu (440 nm)**

La differenza nei segnali ricevuti dai tre tipi permette al cervello di differenziare una tavolozza di colori, centrati sul verde-giallo e alle differenze di tonalità nella regione verde-arancione.



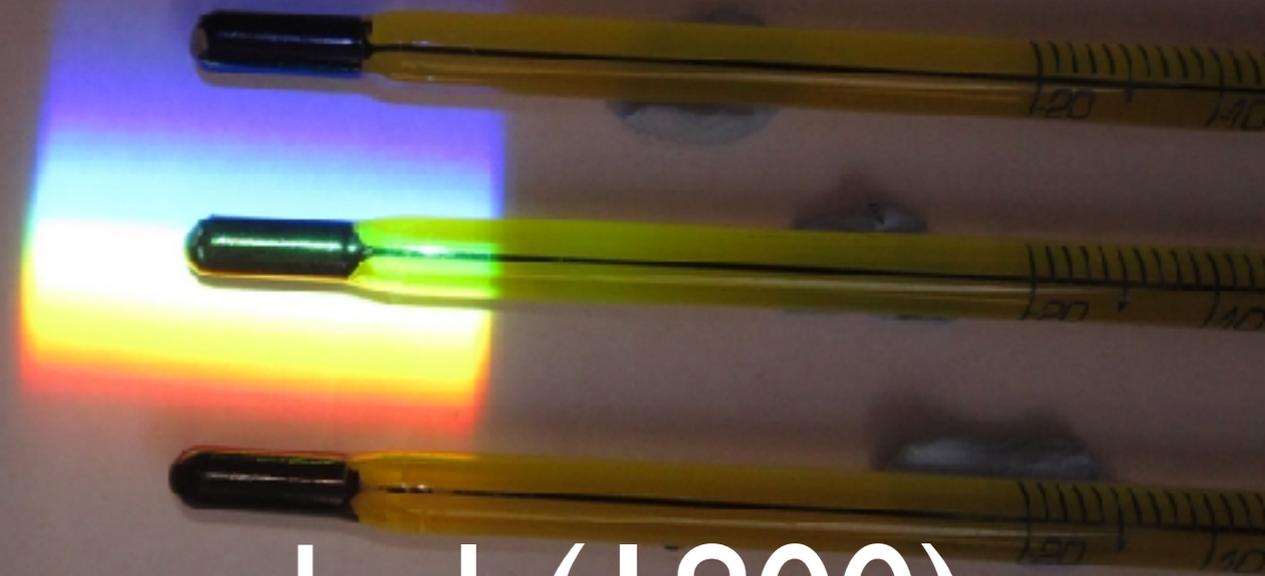
Georges Seurat, *Un dimanche apres-midi a l'île de la Grand Jatte* (1883-1885);
olio su tela, 207,6×308 cm, The Art Institute, Chicago



Angelo Morbelli (1915)
(Artgate Fondazione Cariplo)

Colori che
non vediamo



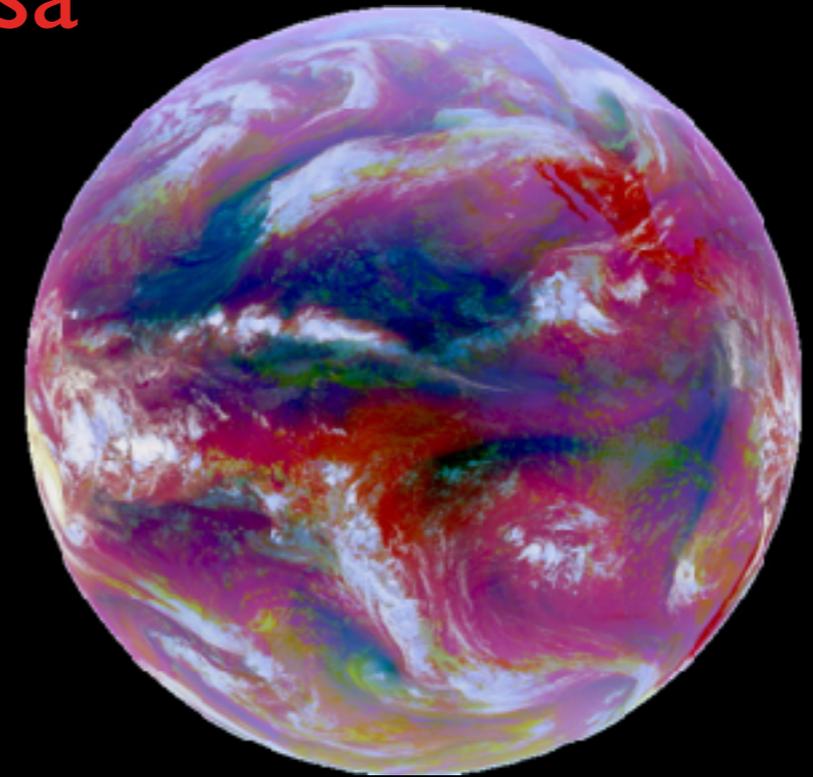


L'esperienza di Herschel (1800)

la radiazione infrarossa

Luce e calore radiante sono forme dello stesso fenomeno

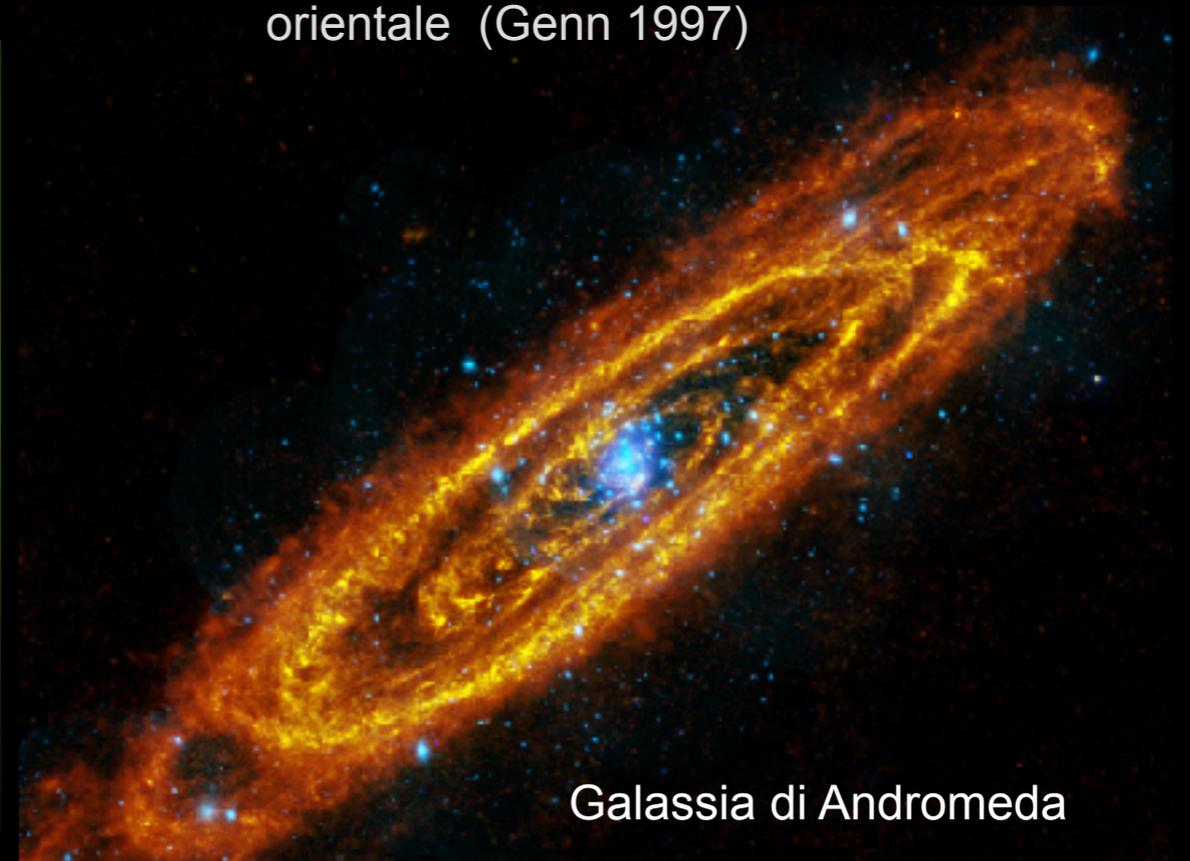
Visione infrarossa



GOES 9 satellite meteo 35,000 km
sull'equatore e Oceano Pacifico
orientale (Genn 1997)

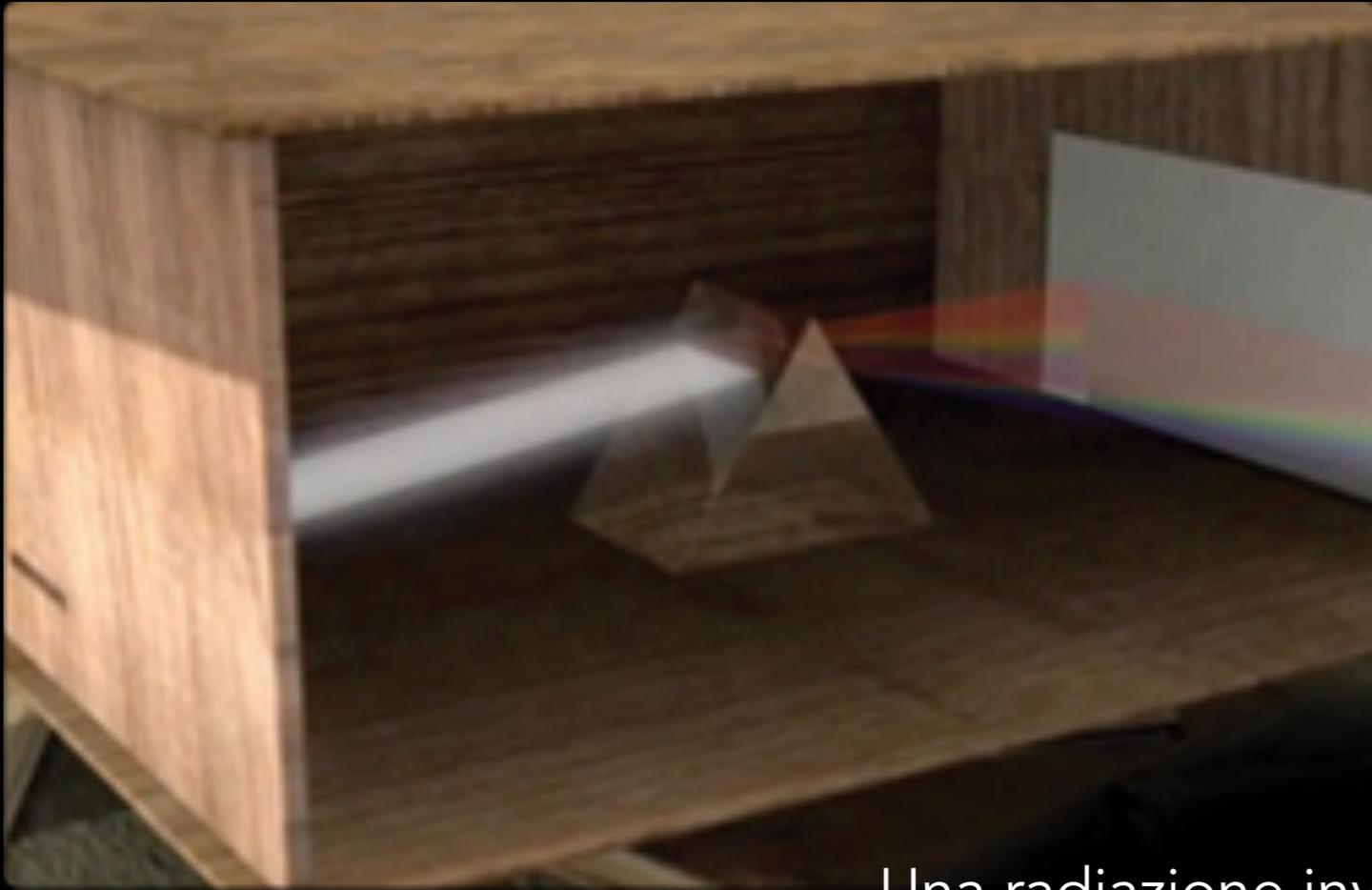


Pitone verde - fossette
termosensibili $\lambda=10\mu$

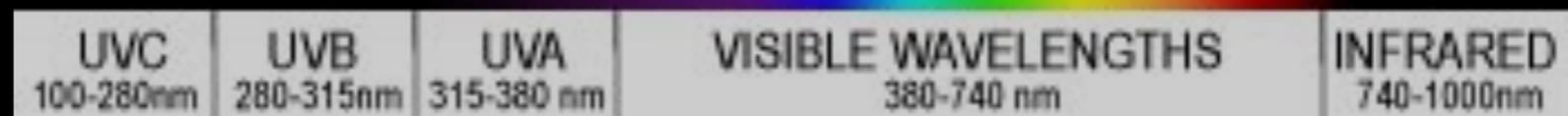


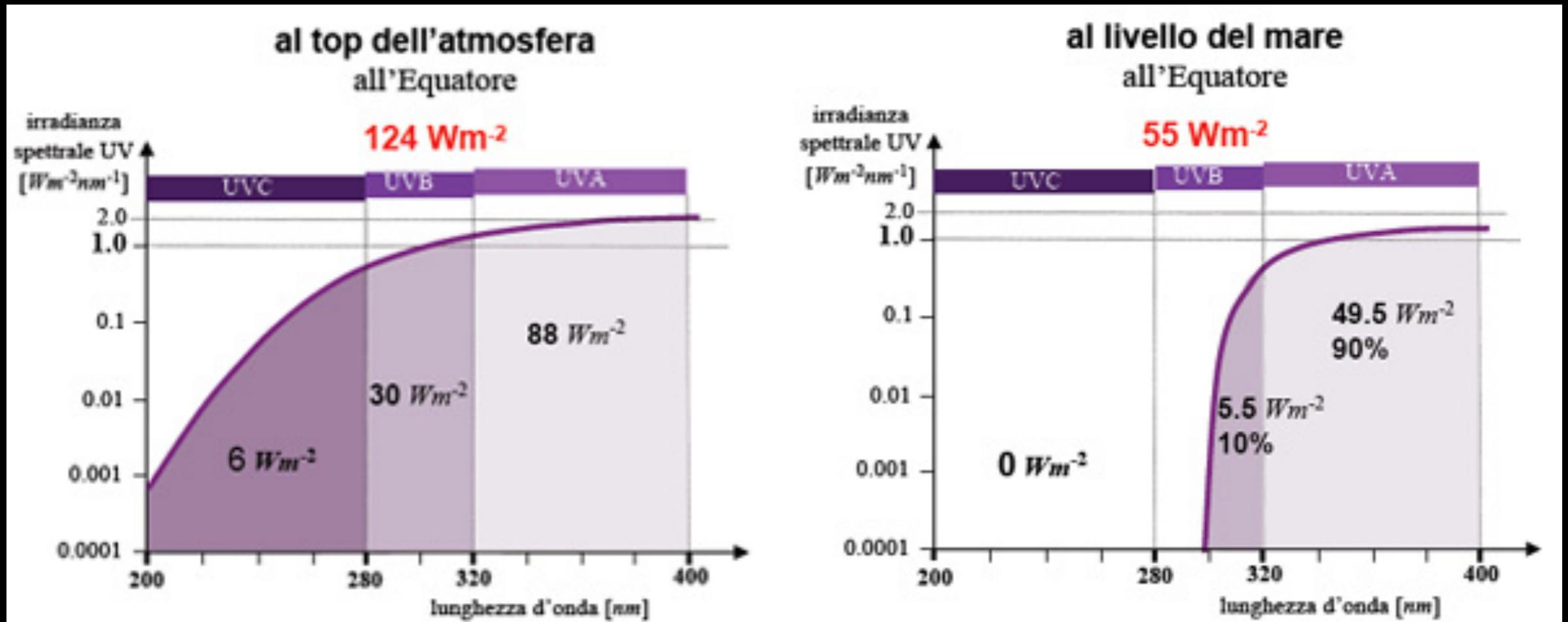
Galassia di Andromeda

L'esperimento di Ritter (1801) la radiazione ultravioletta



Una radiazione invisibile oltre il violetto
impressiona carta impregnata con sali d'argento
(piu` che la radiazione violetta)





UV Index

11+ Extreme

8,9,10 Very High

6,7 High

3,4,5 Moderate

1,2 Low

Sun protection is generally not needed unless outside for extended periods

5 ways to protect yourself



Slip on sun-protective clothing



Slop on SPF30+ sunscreen. Reapply every 2 hours



Slap on a broad brimmed hat



Seek shade

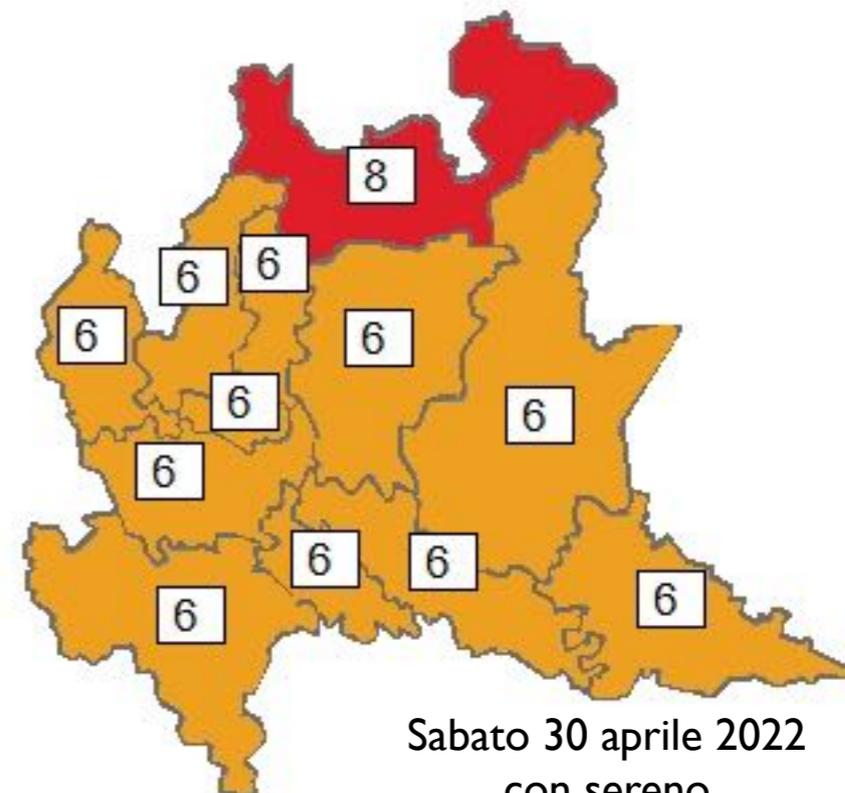


Slide on wrap-around sunglasses

INDICE UV

Da 1 a 11 (previsioni ARPA riferite alle 4 h centrate sul mezzogiorno solare) 6-7 alto, 8-9-10 molto alto, 11 estremo

Ogni 1000 m di alt. i livelli UV crescono del 10-12% (Ist Sup Sanita`)

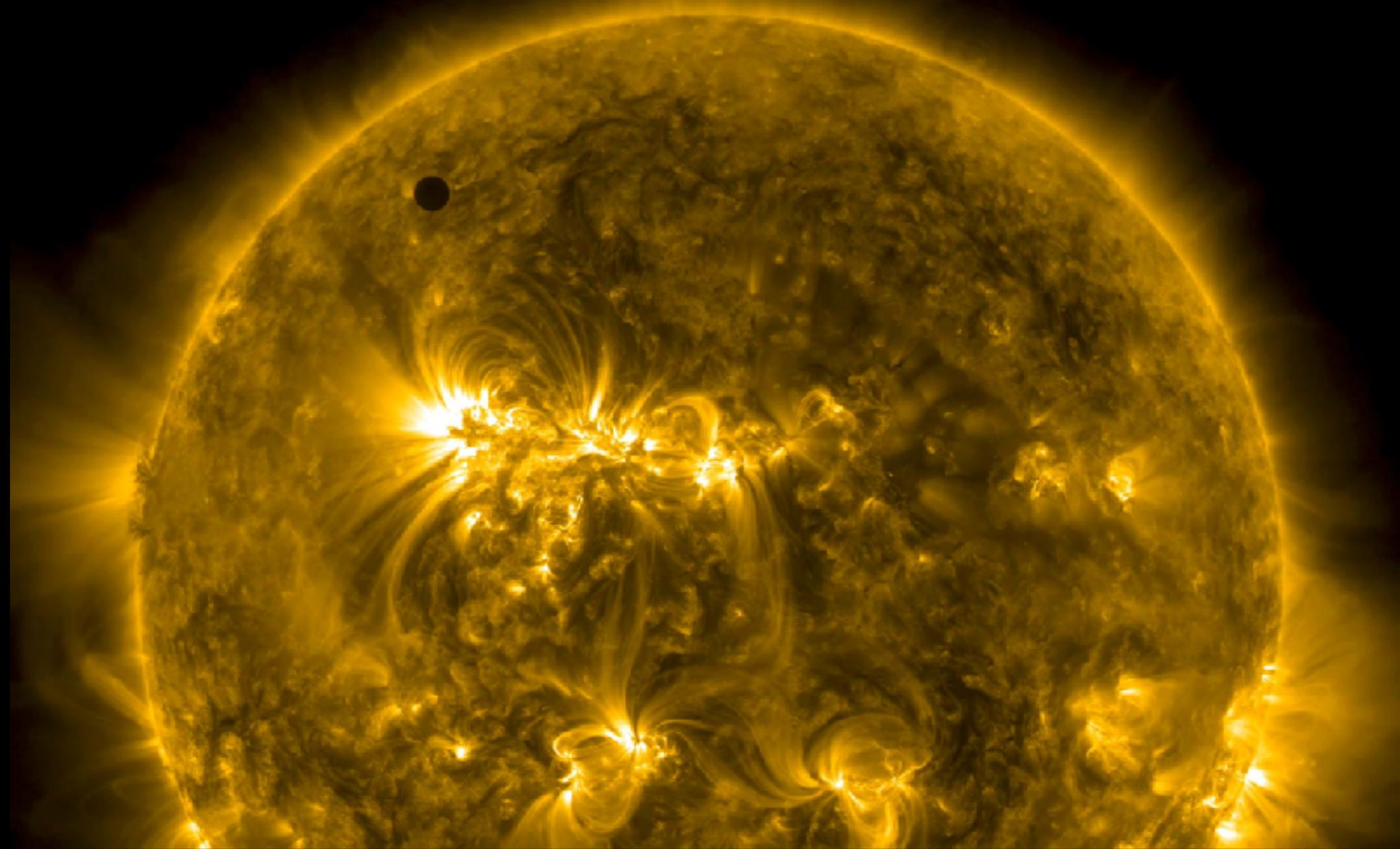


UVA penetrates deep into the skin causing damage like wrinkles and discolouration. Exposure to UVB causes sunburn. Sunburn, whether severe or mild, can cause permanent skin damage.

Le renne dell'artico vedono fino all'**UVA**, per distinguere cibo e predatori nell'inverno artico. Mentre l'occhio umano percepisce lunghezze d'onda fra 700 nm (rosso) e 400 nm (violetto), le renne sono in grado di vedere fino a 350-320 nm senza danno.



Per buona parte dei mammiferi, cornea e cristallino ostacolano gli UV. In presenza di UV intensi, (alte latitudini e neve) cornea e cristallino possono rimanere temporaneamente 'bruciati' e divenire opachi. La cecità da neve è dolorosa ma solitamente reversibile, e protegge la retina da un danno potenziale.



Sole in UV e transito di Venere (2012)

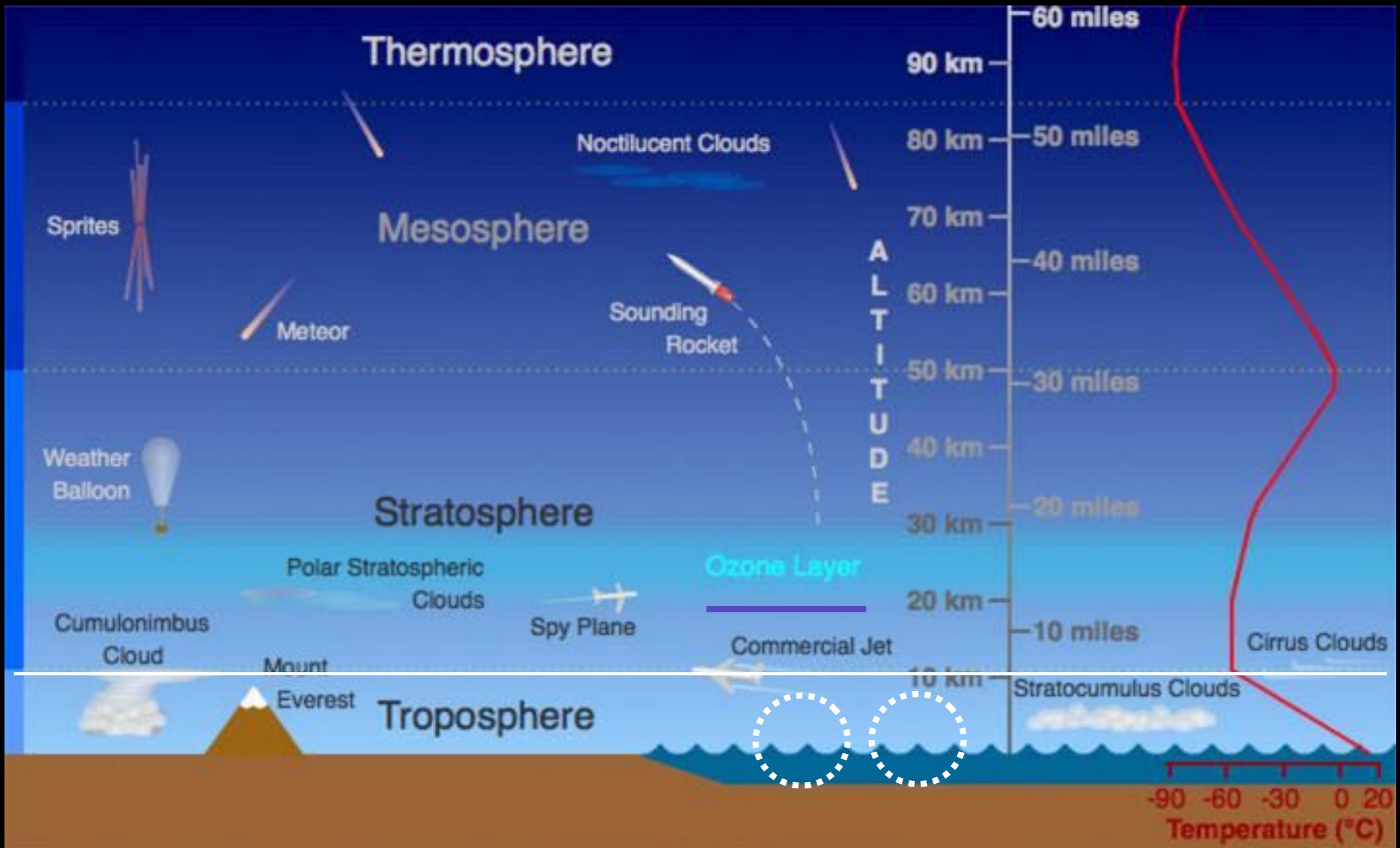
SolarDynamicsObservatory (NASA)

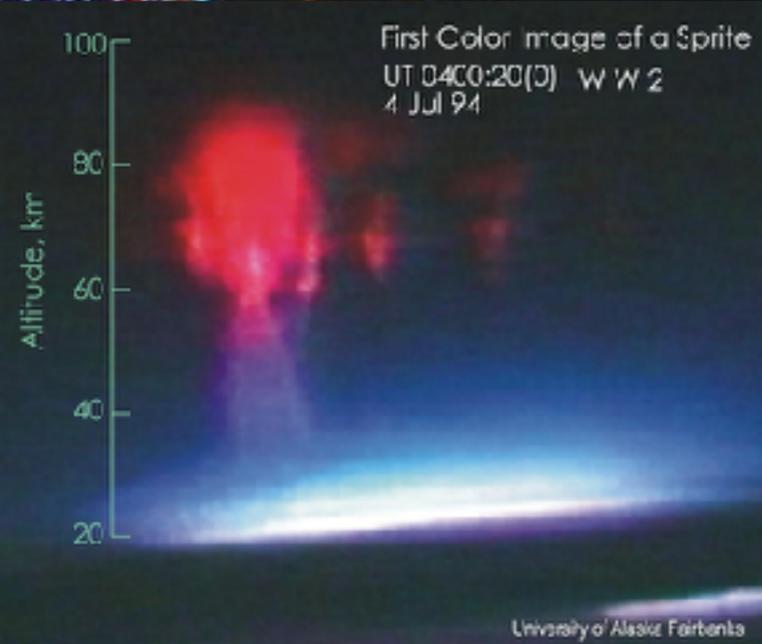
Stratosfera $h=14 - 64$ km

Troposfera $h=\text{min } 6 \text{ km (polo)} - \text{max } 17 \text{ km (eq)}$

75% massa d'aria, 99% vapore







Una scarica **sprite**



La velocità della luce

$$c = 299.792,458 \text{ km/s}$$

Ganimede



Europa



Io



Giove



Callisto



Ole Roemer

(1644-1710)

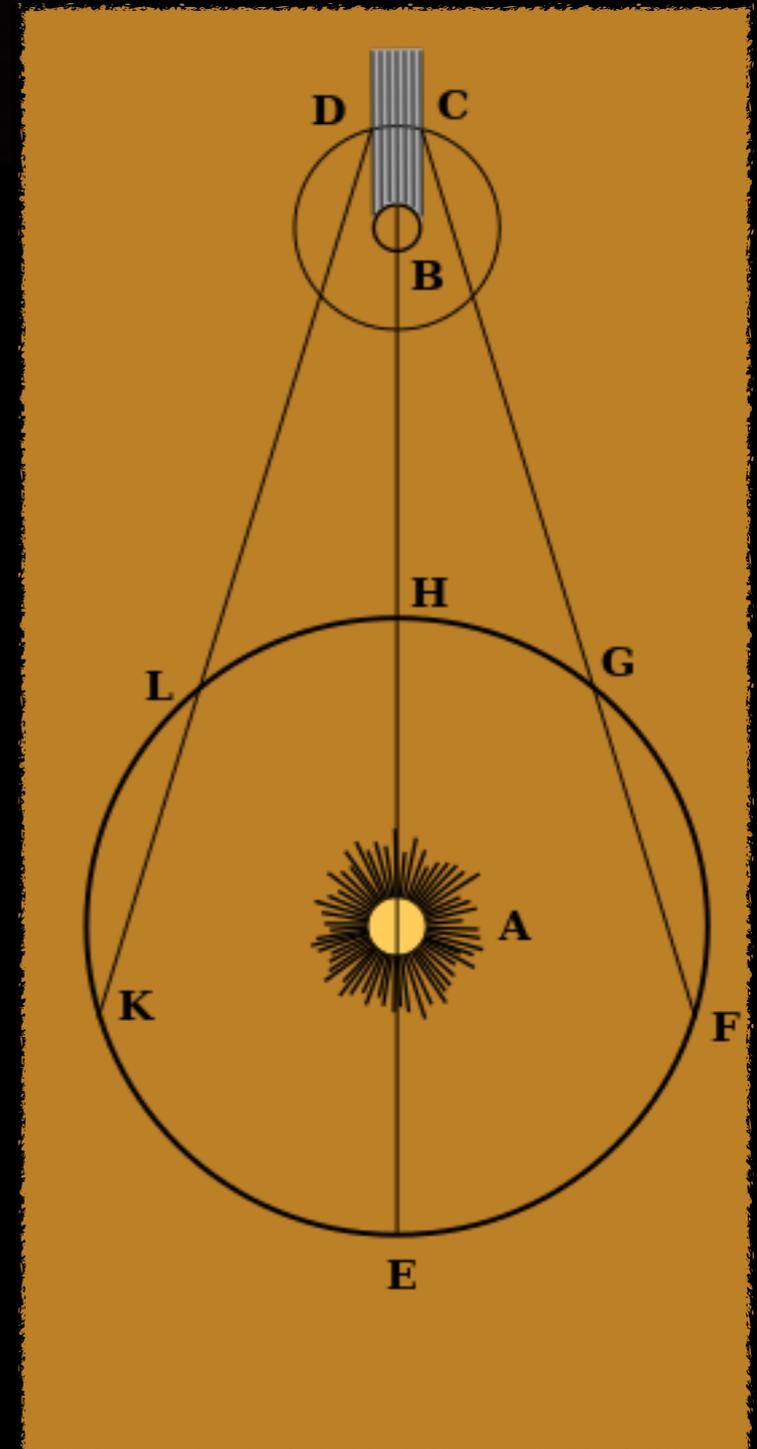


Io
1g 18h



la prima montatura equatoriale per seguire il moto delle stelle

Misuro` i tempi di 140 eclissi, a Uraniburg dove Tycho Brahe aveva il suo osservatorio.





Il cammino della luce

Segantini

Il principio di Fermat (1662)



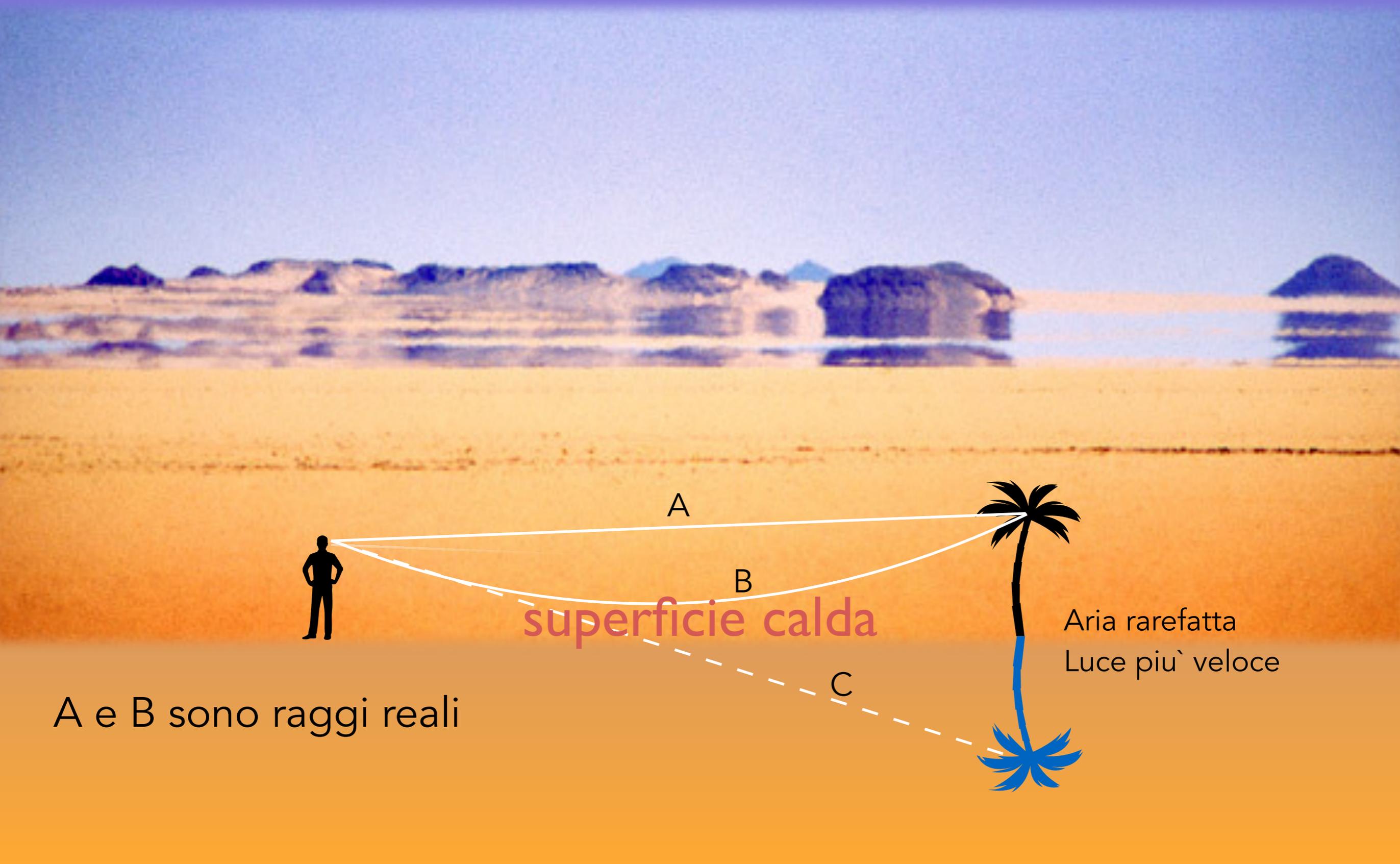
Il raggio di luce
compie il tragitto con
tempo MINIMO

HELP!



Richard Feynman
1918-1988

Il miraggio



A

B

superficie calda

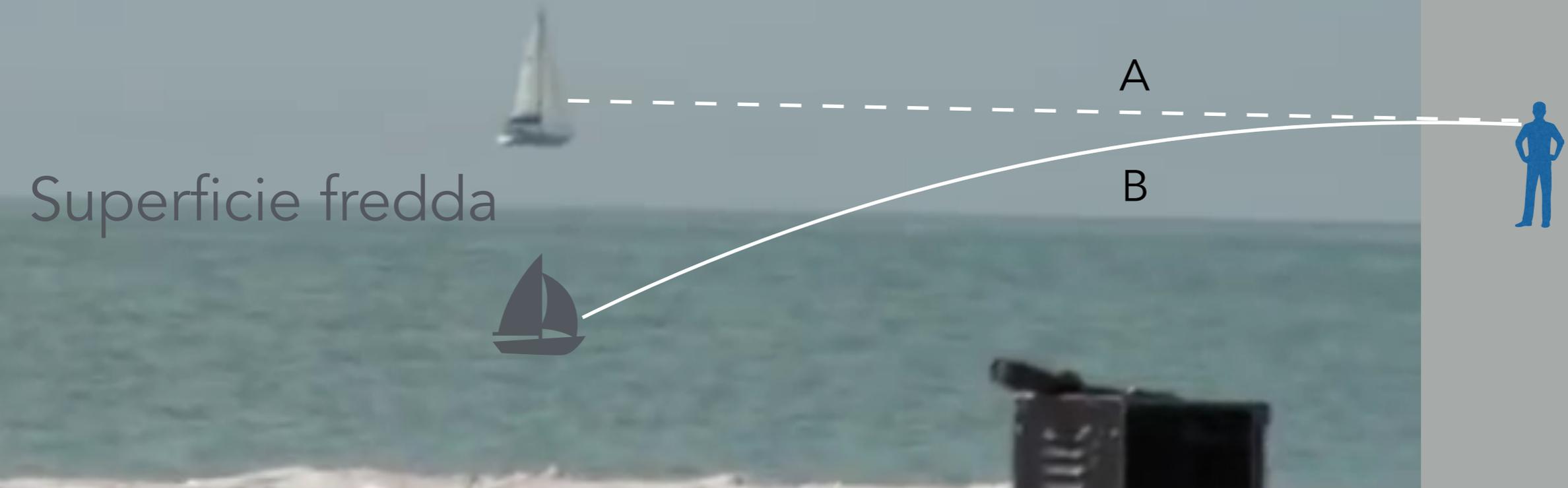
C



Aria rarefatta
Luce piu` veloce

A e B sono raggi reali

La Fata Morgana



Superficie fredda

B e` il raggio reale
da oltre l'orizzonte





COSIMO PEZZULLA
FOTOGRAFIA

Cosimo Pezzulla,

Montagne d'Albania dal Salento



Sorolla, Bañistas, 1905





Joaquín Sorolla (1863-1923)

Cosa e' la luce ?



Un evento storico per l'ottica

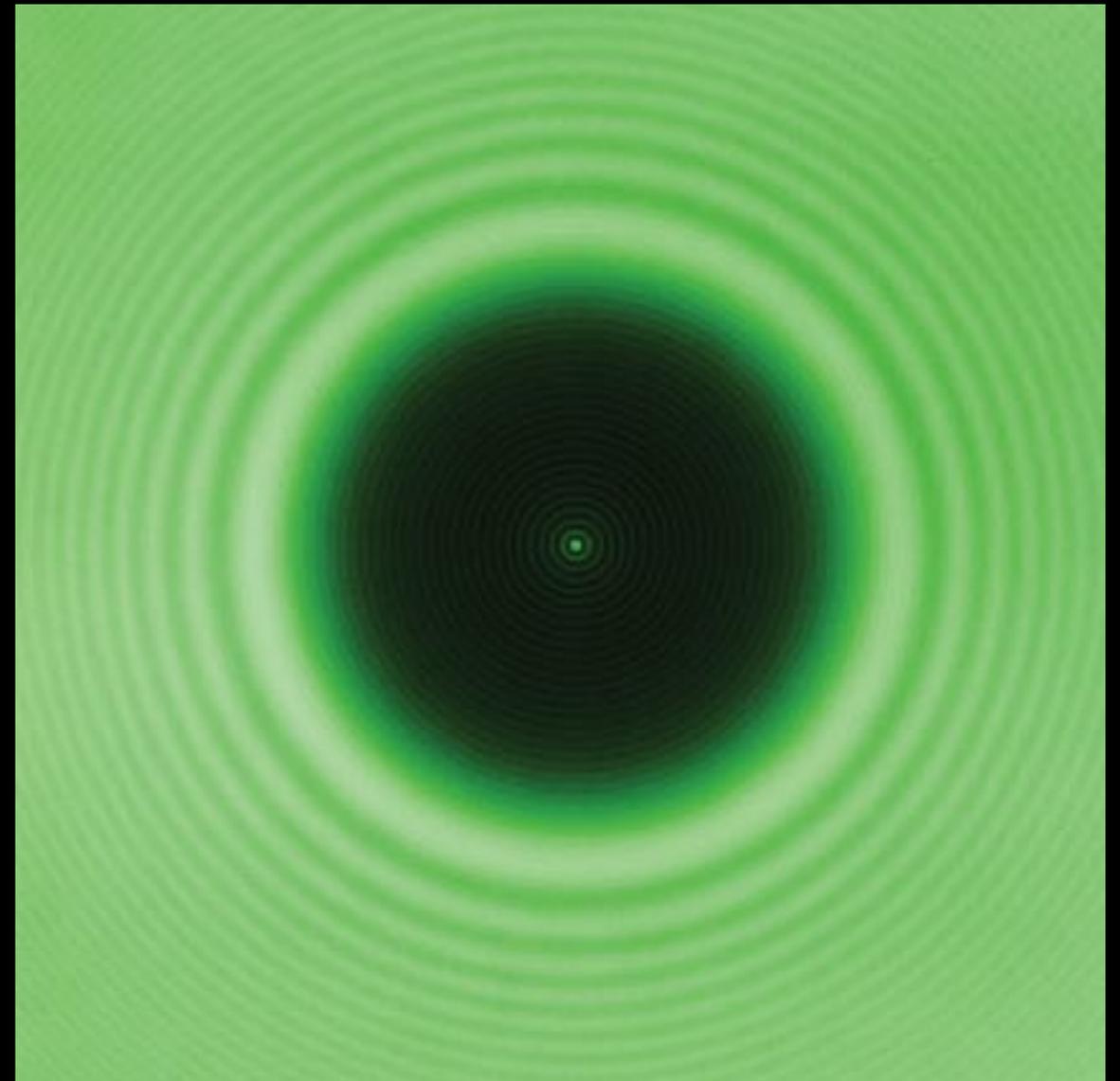
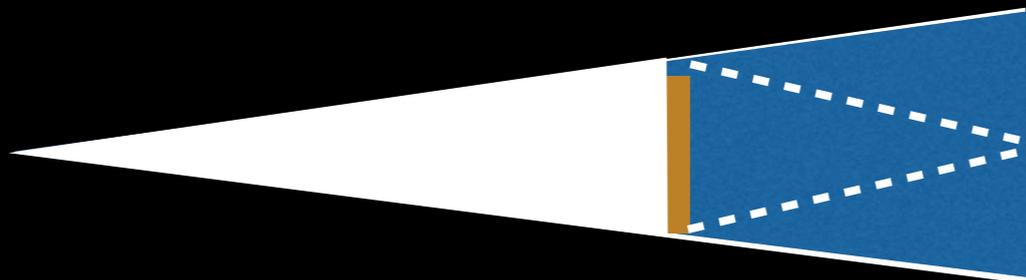
1818 L'Accademia delle Scienze francese indice un Gran Prix per spiegare la natura della luce (gli esperimenti di Young del 1807 erano poco noti).

Commissione: Arago, Ampere, Laplace, Poisson, Biot, ...

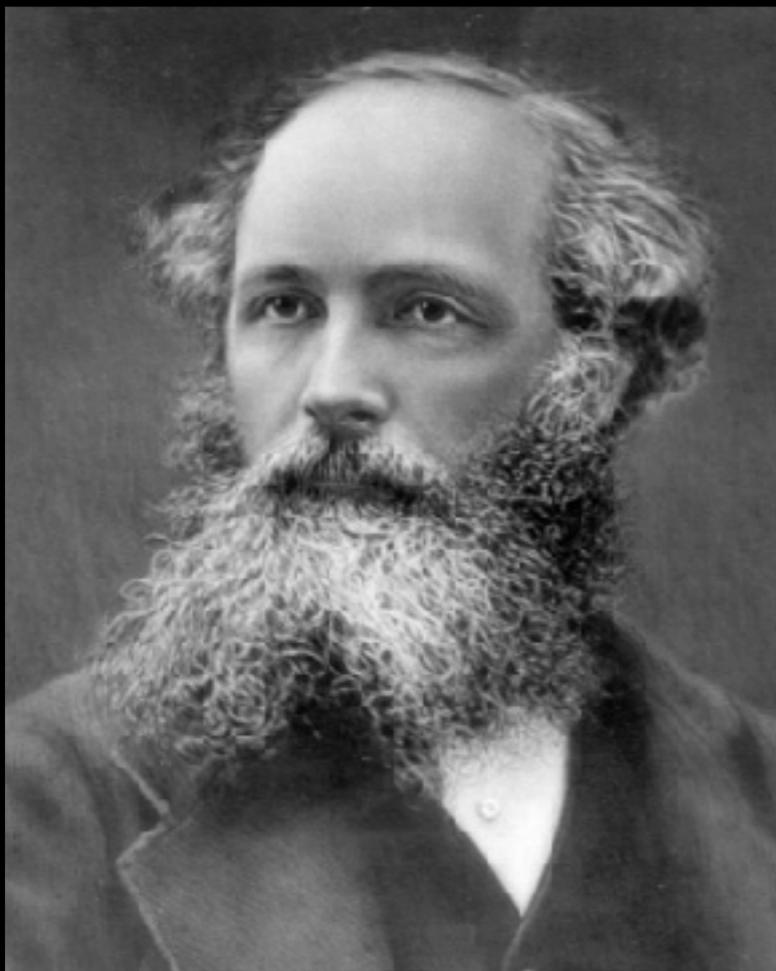
Il trentenne **Pierre Fresnel** propose una teoria ondulatoria.

Poisson, per screditarla, calcolo` che si doveva produrre un punto di luce al centro dell'ombra di un disco (Fresnel spot)

Arago esegui` l'esperimento



JAMES CLERK MAXWELL



1831-1879

$$\nabla \cdot E = 4\pi\rho$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \times B = 4\pi J + \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t}$$

1865

LA LUMINOSA SCOPERTA

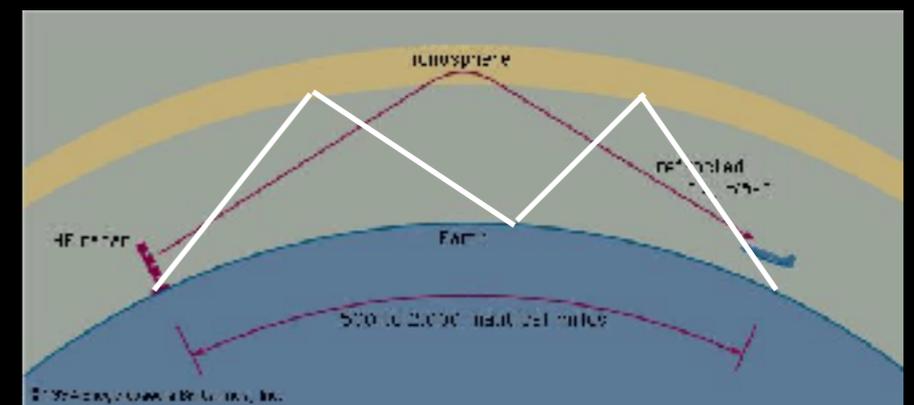
" La velocità delle onde elettromagnetiche è circa uguale a quella della luce ... questa è una buona ragione per concludere che la luce sia, in qualche modo, un disturbo elettromagnetico che propaga secondo le leggi dell' elettromagnetismo "

1864, "Dynamical theory of the electromagnetic field"
discorso alla Royal Society, pubblicato nel 1865

Guglielmo Marconi



Nel novembre 1901 costruì in Cornovaglia un grande trasmettitore. Poi andò in Terranova, a oltre 3.000 chilometri dove il 12 dicembre 1901 fu trasmesso il primo segnale radio transoceanico: . . . (S in codice Morse) che giunse dopo due riflessioni sulla ionosfera (100-400 km).



Premio Nobel per la Fisica 1909

PERCHE' IL CIELO
E' AZZURRO?

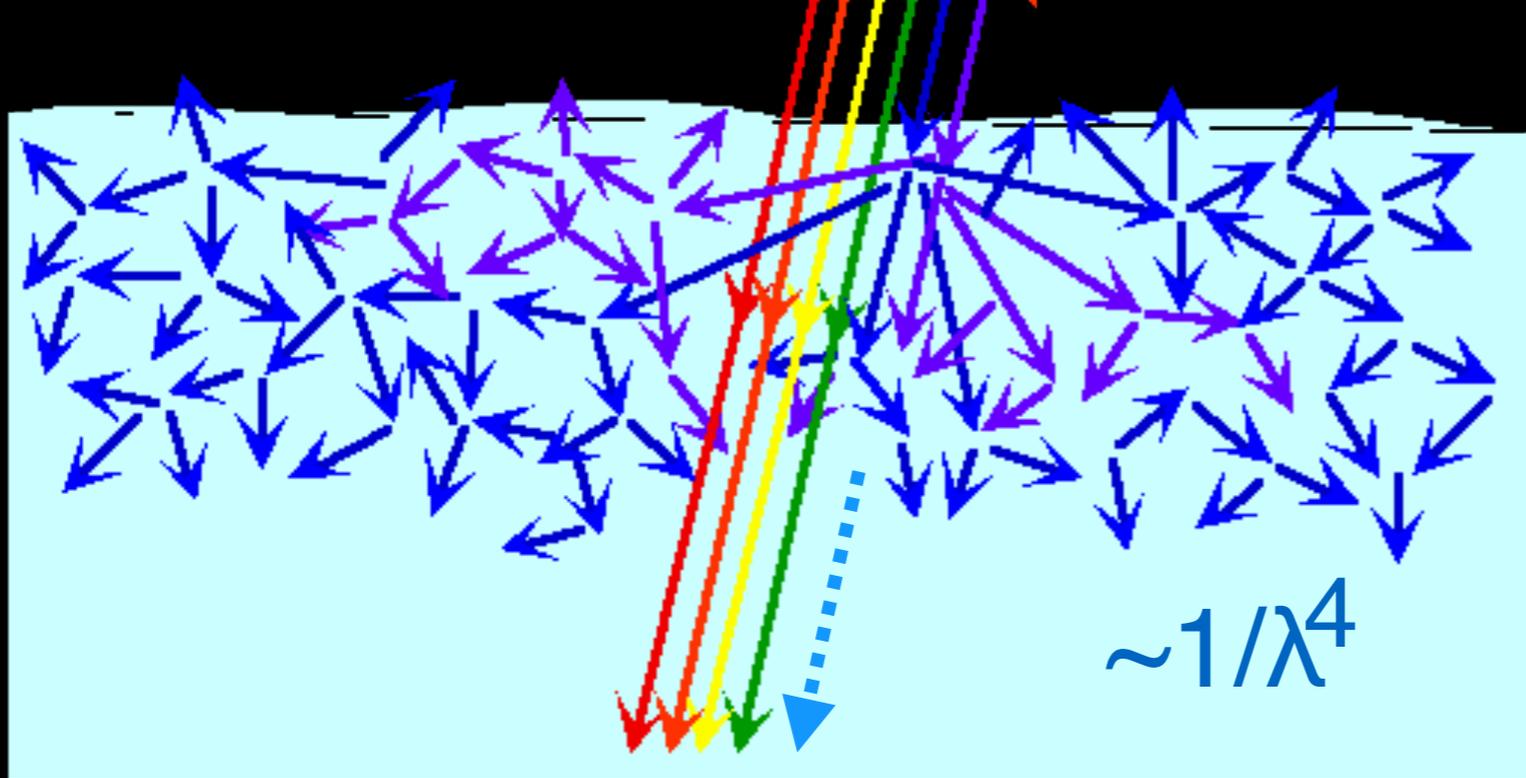




Majid Gholroodi

Il cono d'ombra della Terra (Iran, monti Alborz, 4000 m)
Si allunga nello spazio per 1.400.000 km.

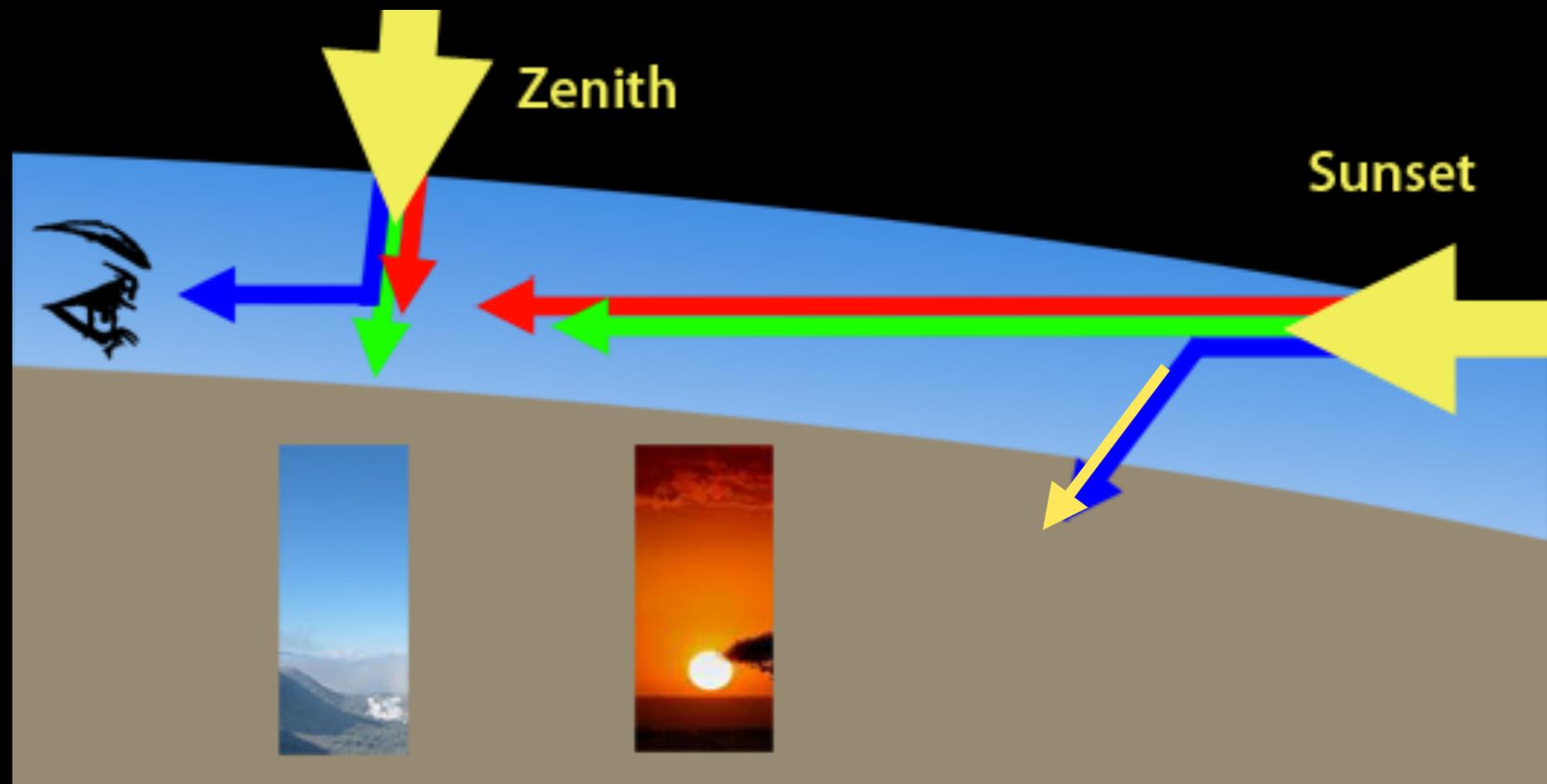




Diffusione di Rayleigh

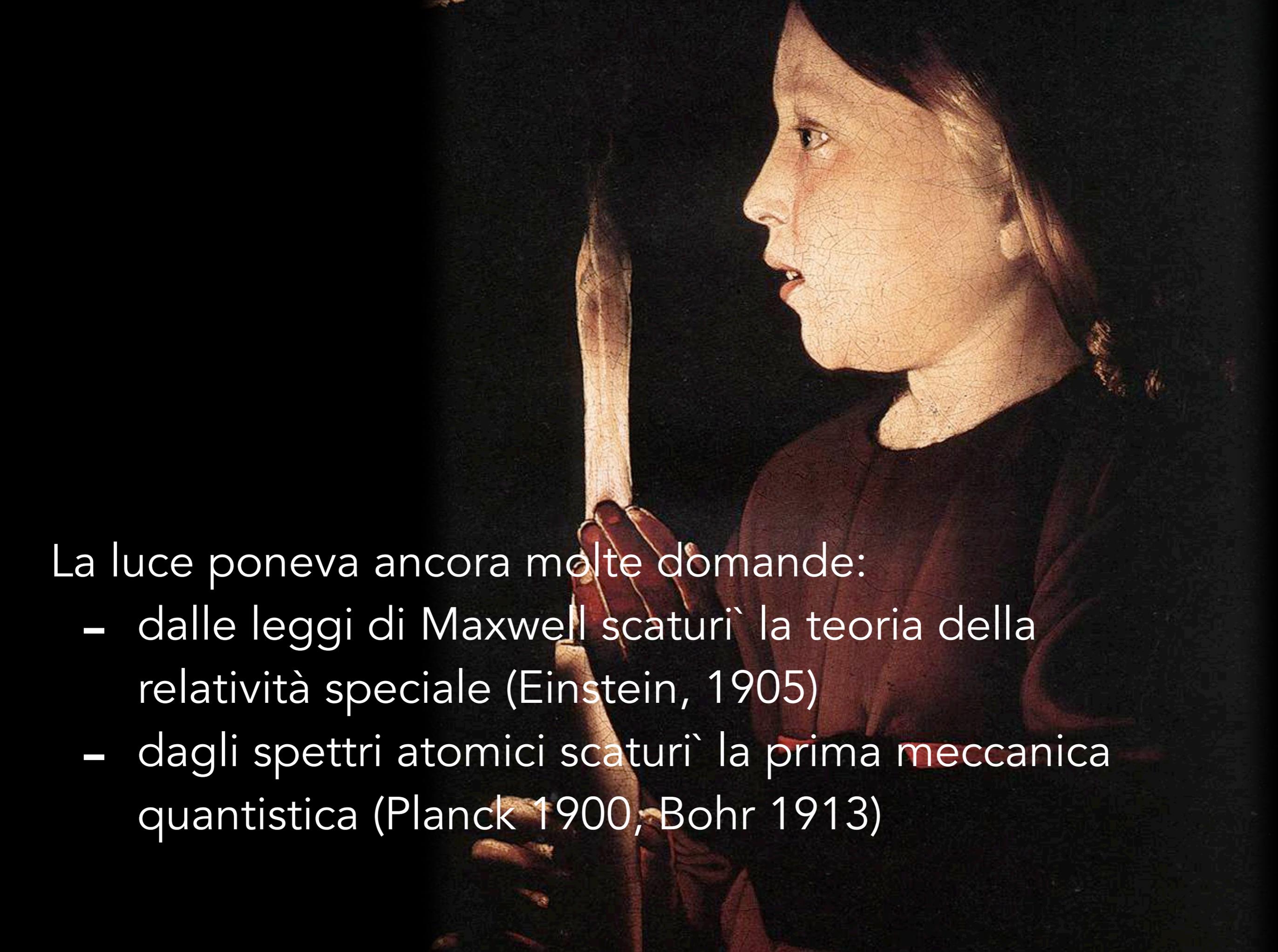
Le molecole in aria si polarizzano e oscillano emettendo fotoni con stessa frequenza, ma in direzioni diverse

A 1 atm per ogni metro di cammino, l'azoto diffonde 1 fotone su 100mila, in particolare i fotoni blu







A woman with dark hair, wearing a dark, high-collared garment, is shown in profile from the chest up. She is holding a long, thin, glowing vertical rod with both hands. The rod has a bright, yellowish-white light emanating from its top and bottom, with a darker, textured middle section. The background is dark, and the lighting is dramatic, highlighting the woman's face and the glowing rod.

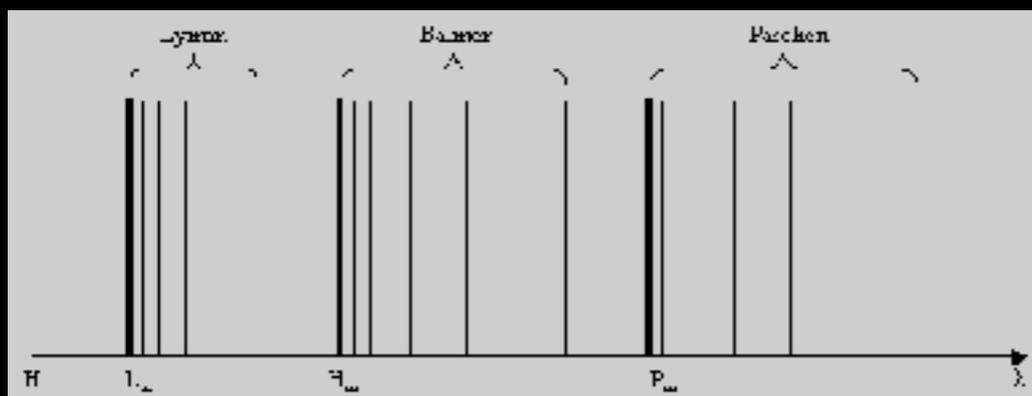
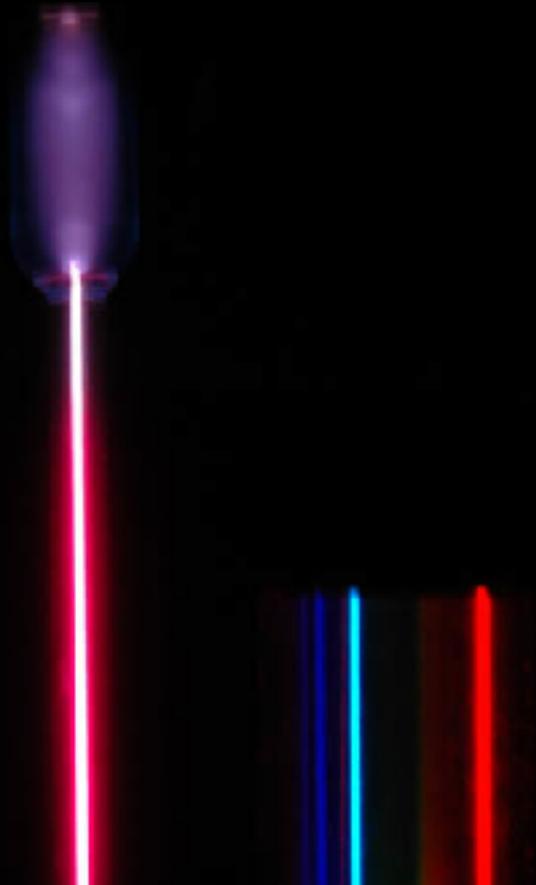
La luce poneva ancora molte domande:

- dalle leggi di Maxwell scaturì la teoria della relatività speciale (Einstein, 1905)
- dagli spettri atomici scaturì la prima meccanica quantistica (Planck 1900, Bohr 1913)

Le serie spettrali dell'idrogeno

Balmer (1885)

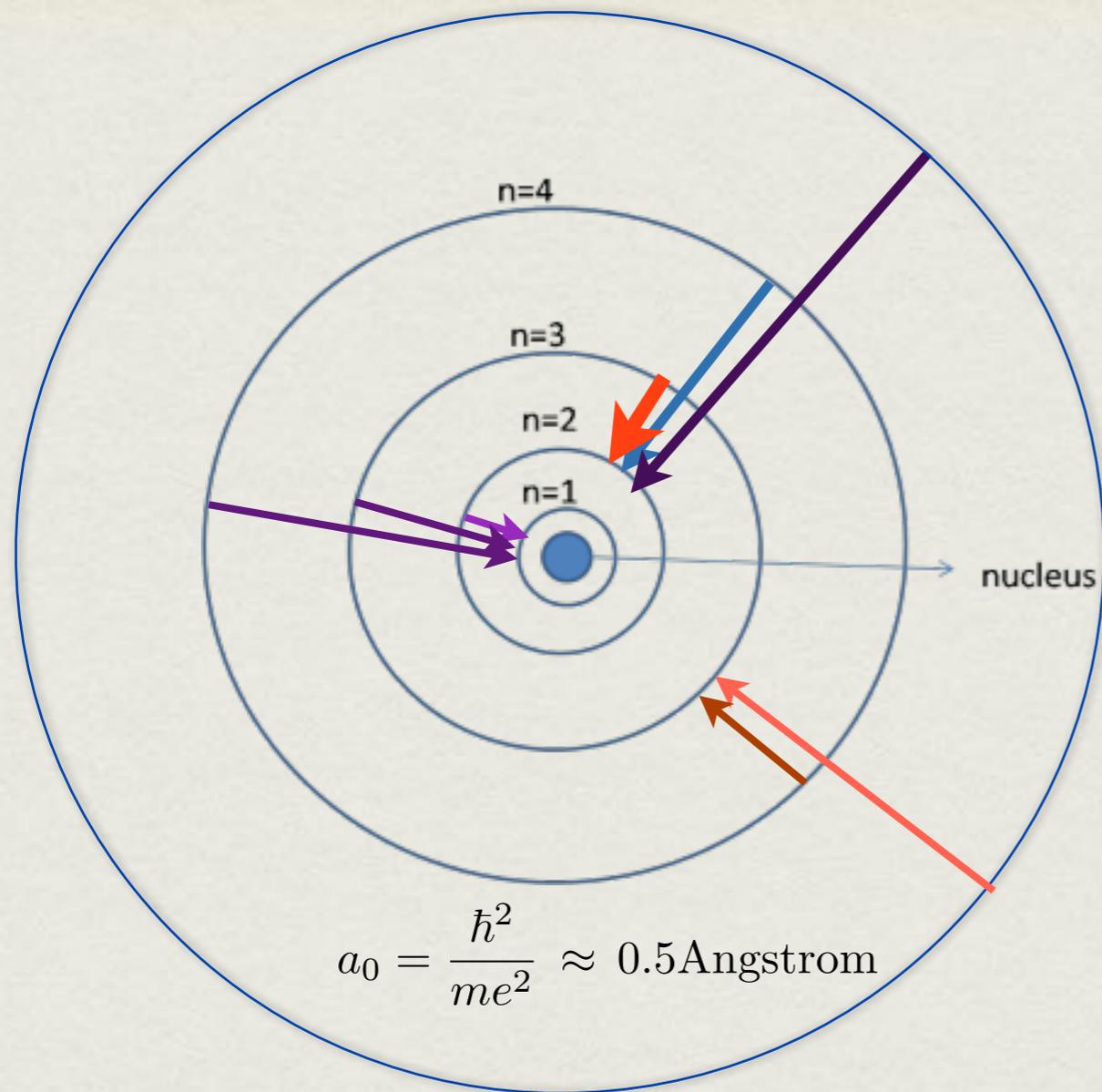
$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right] \quad n = 3, 4, 5, \dots$$



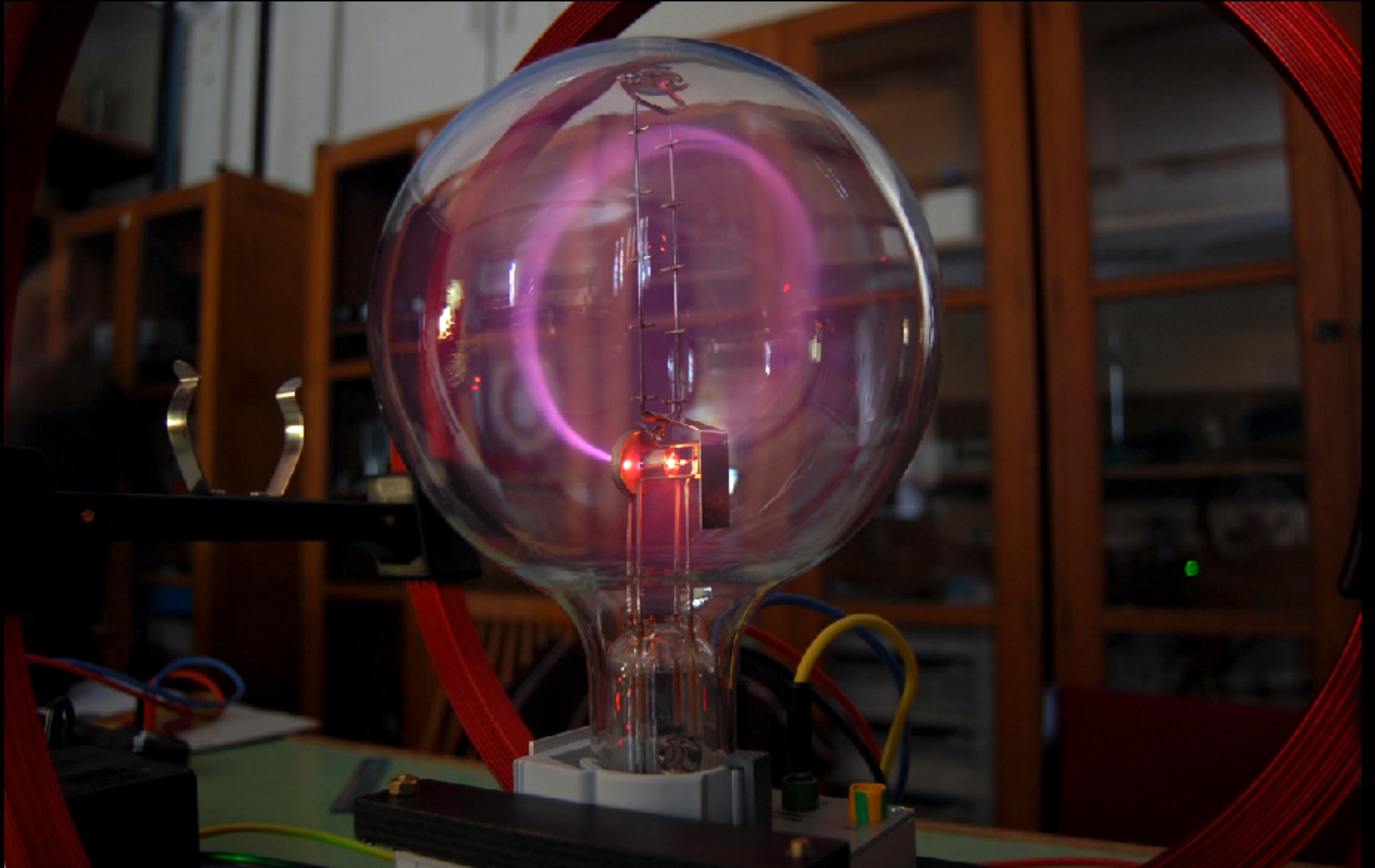
Lyman UV (1906)

Paschen IR (1908)

L'ATOMO DI BOHR (1913)



Niels Bohr
Premio Nobel 1922



Gli elettroni in campo magnetico compiono moto circolare e collidono con le molecole del gas nell'ampolla, che emettono luce



*Luci del
Nord*



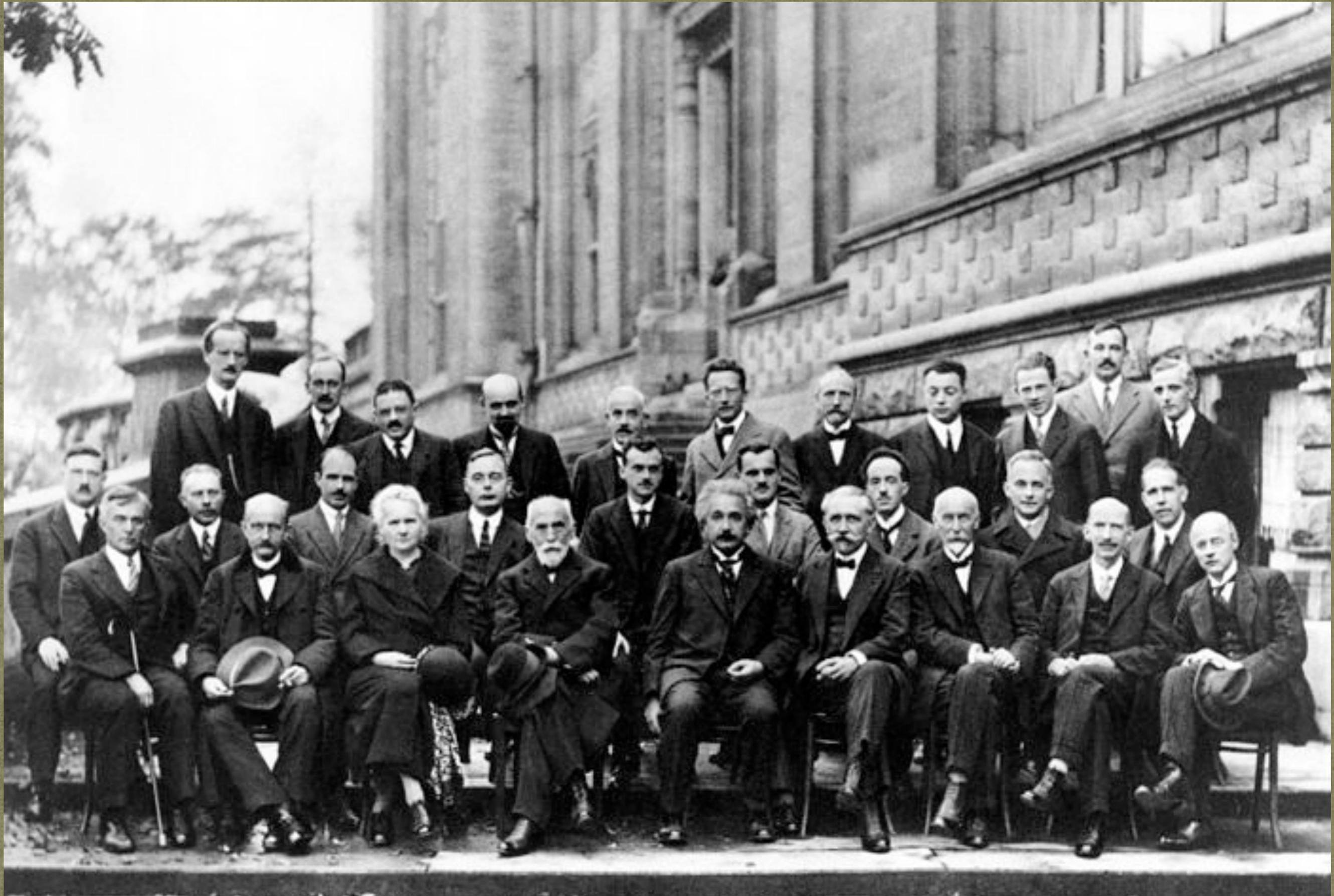


<https://www.nasa.gov/aurora>

Perche' il vetro
e' trasparente,
e un metallo
e' riflettente?
E, riflettente;



LA NUOVA MECCANICA QUANTISTICA





Grazie per l'attenzione

J. Sorolla

(si e` sempre piccoli davanti alla bellezza)