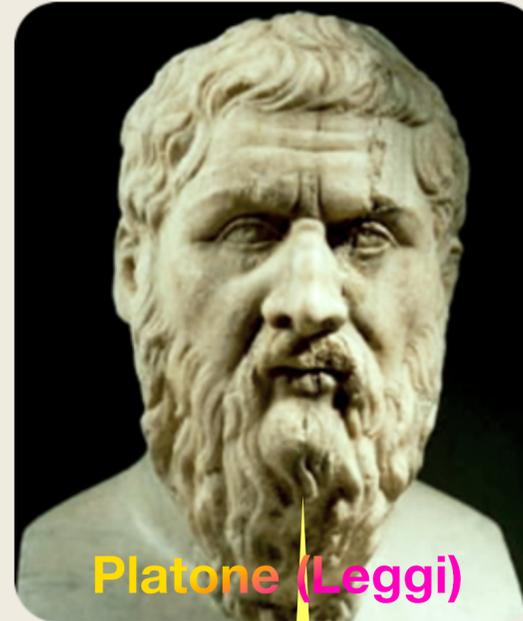


La lunga avventura di come abbiamo compreso il Sole

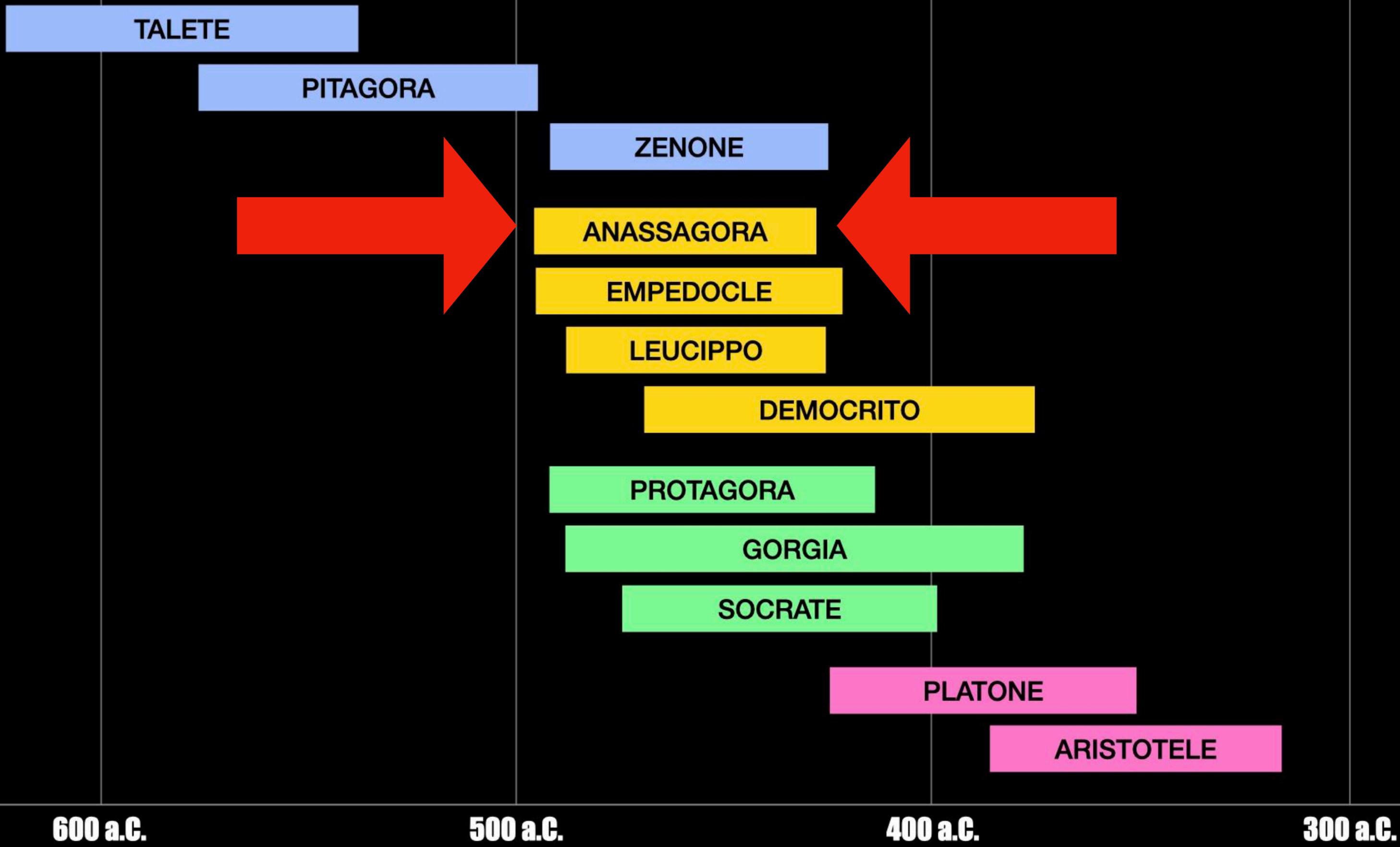
- 1) Evoluzione e persistenza delle idee sulla composizione del Sole*
- 2) Come abbiamo ipotizzato quale fosse la sorgente di energia del Sole*
- 3) Cosa è il misterioso neutrino e perché ci è servito tanto*

**1:- evoluzione e persistenza delle
idee sulla composizione del Sole**



Platone (Leggi)

**“Se anche noi esibissimo le prove dell’esistenza degli dèi,
citando come esempio di realtà divine il Sole, la Luna, gli astri e la Terra,
quei sapientoni risponderebbero che queste cose non son altro che
terra e pietra”**





Anassagora

di Giorgio Stabile - Enciclopedia Dantesca (1970)

Crea un ebook con questa voce | Scaricalo ora (0)

Condividi   

Anassagora. - Filosofo greco, nato a Clazomene tra il 500 e il 496 a.C. Ad Atene, dove si era trasferito, entrò in contatto con Socrate e fu maestro di Euripide e Pericle, per la cui amicizia fu coinvolto in un processo (432 circa). Accusato di empietà per aver sostenuto che Luna e Sole non erano divinità, ma terra e pietra, fu condannato, riuscendo però a riparare a Lampsaco,

sulle stelle (1835)

“ne determiniamo forme, distanze, dimensioni, movimenti;

ma non riusciremo mai a studiarne
la composizione chimica”



Auguste Comte

colore degli elementi chimici sulla fiamma



LITIO
(fucsia)



STRONZIO
(rosso)



POTASSIO
(rosa)



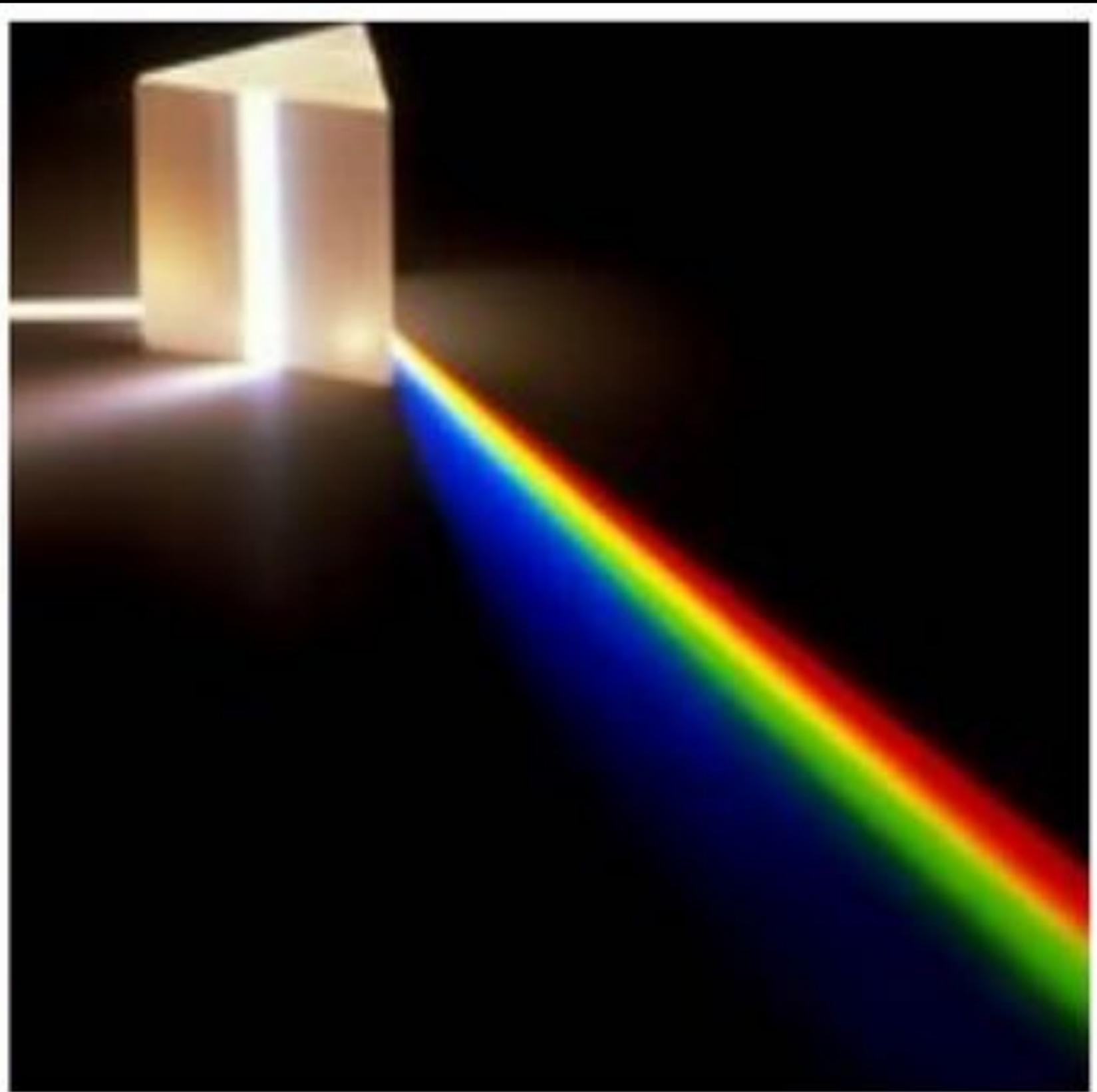
SODIO
(giallo)



CALCIO
(arancione)



RAME
(verde)



la luce può essere scomposta (Newton, 1672)

**CIASCUN ELEMENTO
EMETTE SOLO I SUOI
COLORI CARATTERISTICI**

1 H																	2 He															
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne									
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar									
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr															
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe															
55 Cs	56 Ba																	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra																	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

ma... ancora nel 1914 si crede che il Sole sia fatto “di terra e pietra”!!!

Science / Vol. 39, No. 1013, May 29, 1914 /
The Solar Spectrum and the Earth's Crust

Science
AAAS

JOURNAL ARTICLE [OPEN ACCESS](#)
The Solar Spectrum and
the Earth's Crust

Henry Norris Russell



Science
New Series, Vol. 39,
No. 1013 (May 29,
1914), pp. 791-794 (4
pages)

Published by:
American Association
for the Advancement
of Science

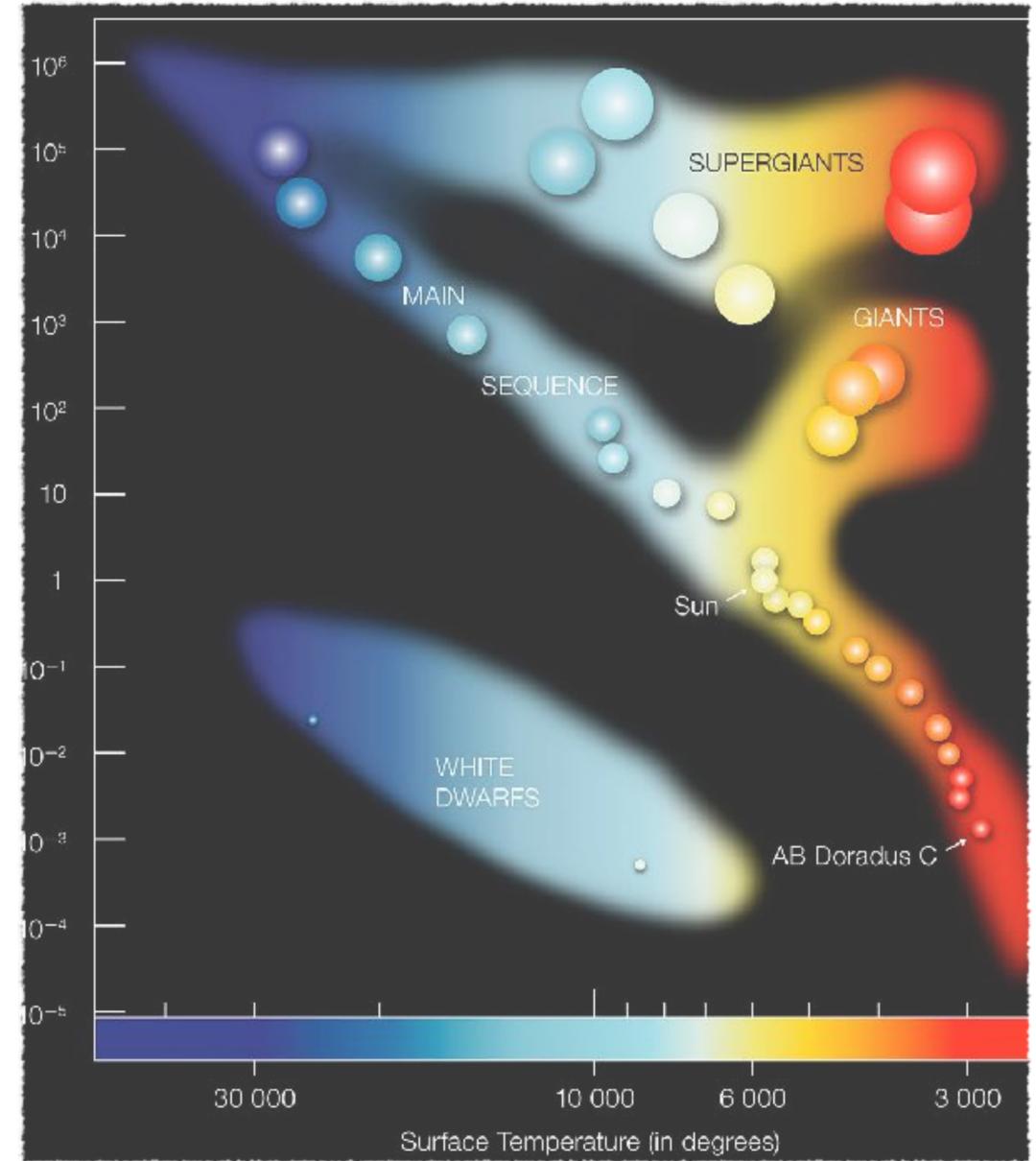
THE SOLAR SPECTRUM AND THE EARTH'S CRUST

PROFESSOR ROWLAND'S list of the elements whose lines appear in the solar spectrum has long been a classic work of reference among astronomers, and Dr. F. W. Clarke's summary of the chemical composition of the earth's crust occupies a similar position among geologists. Each list has been thoroughly discussed, by various writers, from the standpoint of the science to which it belongs; but little attention seems to have been called to the striking resemblances between the two.

if the earth's crust should be raised to the temperature of the sun's atmosphere, it would give a very similar absorption spectrum. A moderate admixture of meteoric material would make the similarity even closer.

It is of interest in this connection that potassium, alone among the more common elements, is slightly radio-active. If this indicates that its atoms are relatively unstable, they might break down under solar conditions; but this is a highly speculative consideration. The lines of the more strongly radio-active elements do not appear at all in the solar spectrum; but this may be accounted for by their extreme rarity (on earth, at least) and their

non-metallic elements, with the exception of carbon and silicon, are scarcely if at all represented in the solar spectrum.



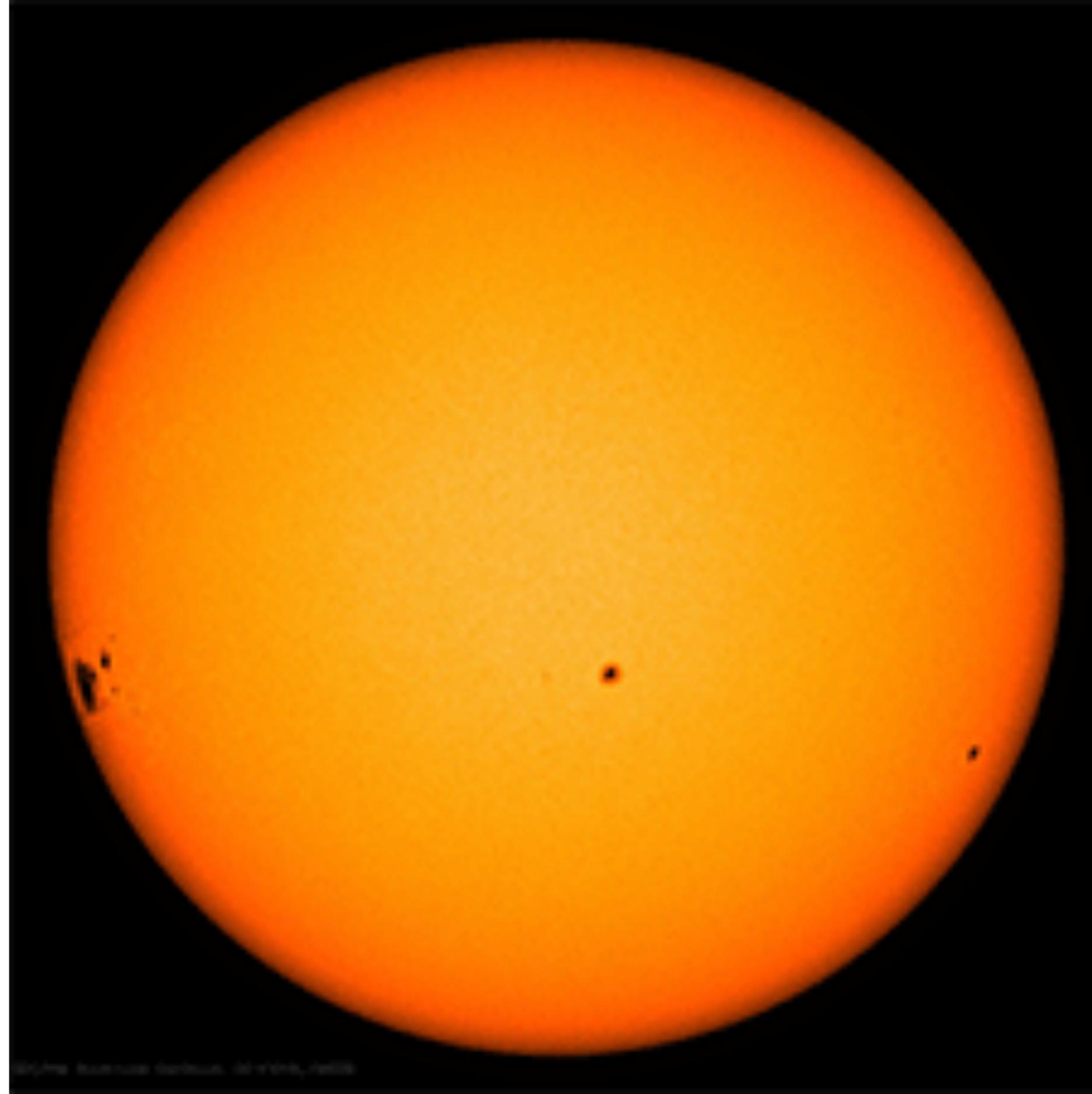
il Sole è fatto principalmente di idrogeno ed elio

ma fu compreso solo nel 1925 da C. Payne-Gaposchkin - un risultato sottovalutato fino agli anni '30 e oltre.

2:- le ipotesi sulla sorgente di energia del Sole

IL Sole

*come funziona?
quanto durerà?*



E = *L* × *T*

**energia
spesa dal Sole**

E

=

L

×

T

**età
del Sole**

**potenza erogata
(luminosità solare)**

ipotesi sulla natura dell'energia del Sole

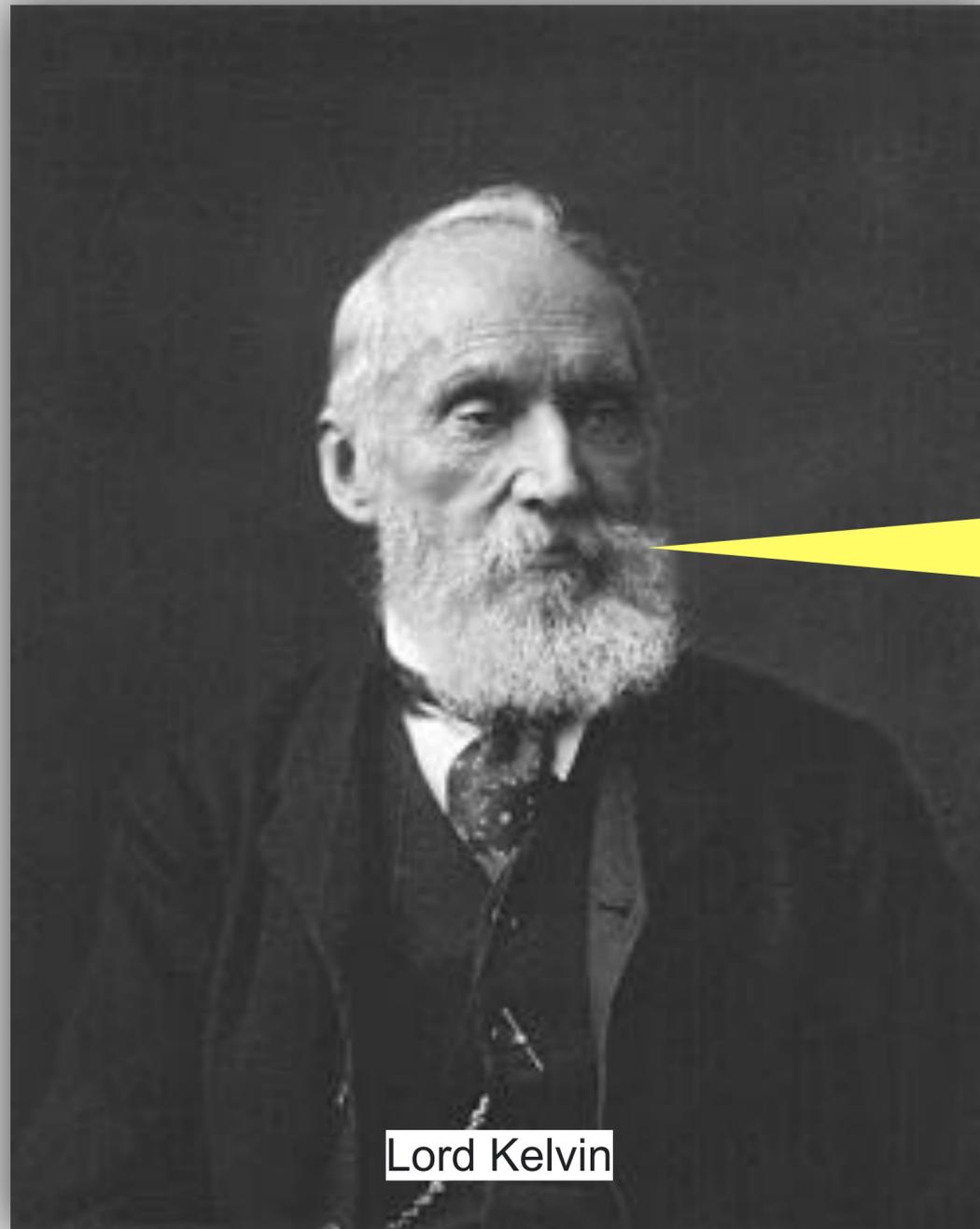
- se il Sole letteralmente **bruciasse** - p.e., benzina e ossigeno - l'età non supererebbe qualche migliaio di anni

ipotesi sulla natura dell'energia del Sole

- se il Sole letteralmente **bruciasse** - p.e., benzina e ossigeno - l'età non supererebbe qualche migliaio di anni
- se il calore del Sole venisse da **comete e meteore**, come pensava Kelvin nell'800, potrebbe avere una età nell'ordine di decine di milioni di anni

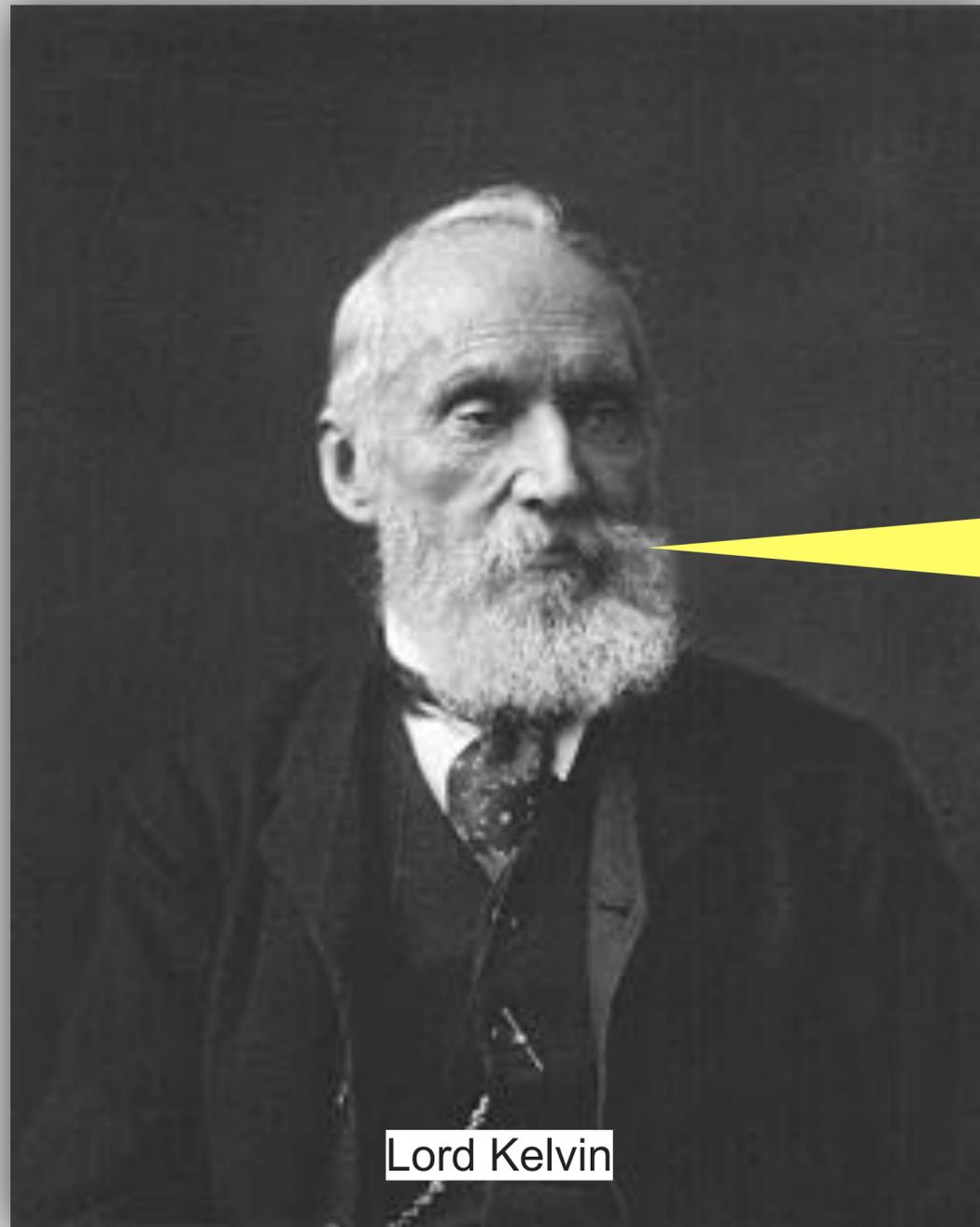
ipotesi sulla natura dell'energia del Sole

- se il Sole letteralmente **bruciasse** - p.e., benzina e ossigeno - l'età non supererebbe qualche migliaio di anni
- se il calore del Sole venisse da **comete e meteore**, come pensava Kelvin nell'800, potrebbe avere una età nell'ordine di decine di milioni di anni
- ma, a detta di Darwin, i processi geologici e biologici sulla Terra hanno impiegato non meno di **300 milioni** di anni



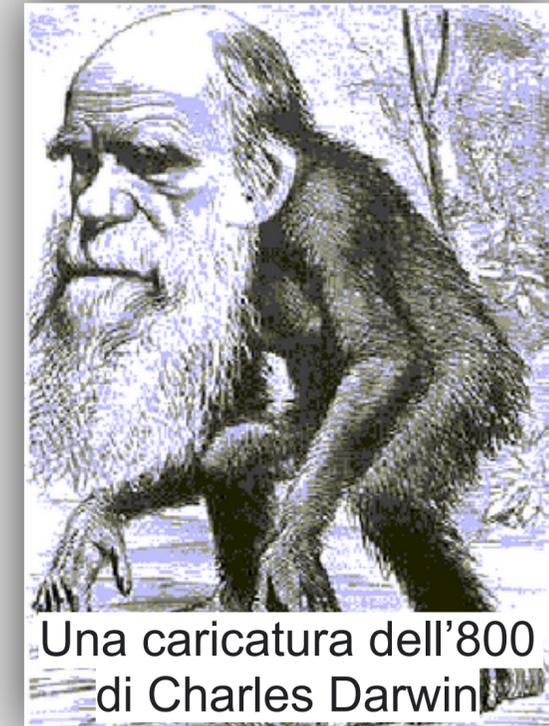
Lord Kelvin

Cosa dovremmo
pensare quindi di **quelli**
che credono che la
Terra abbia almeno 300
milioni di anni?



Lord Kelvin

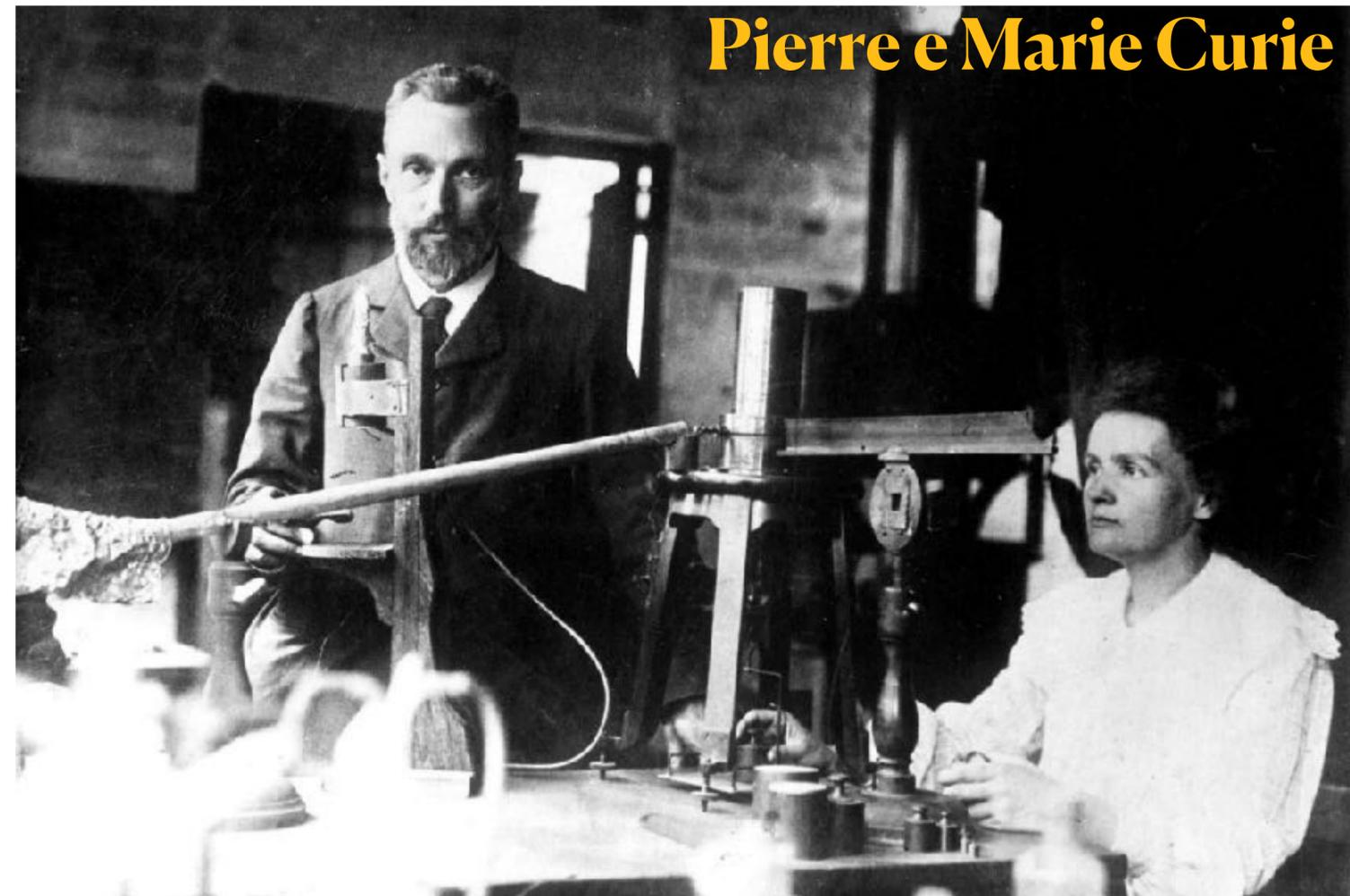
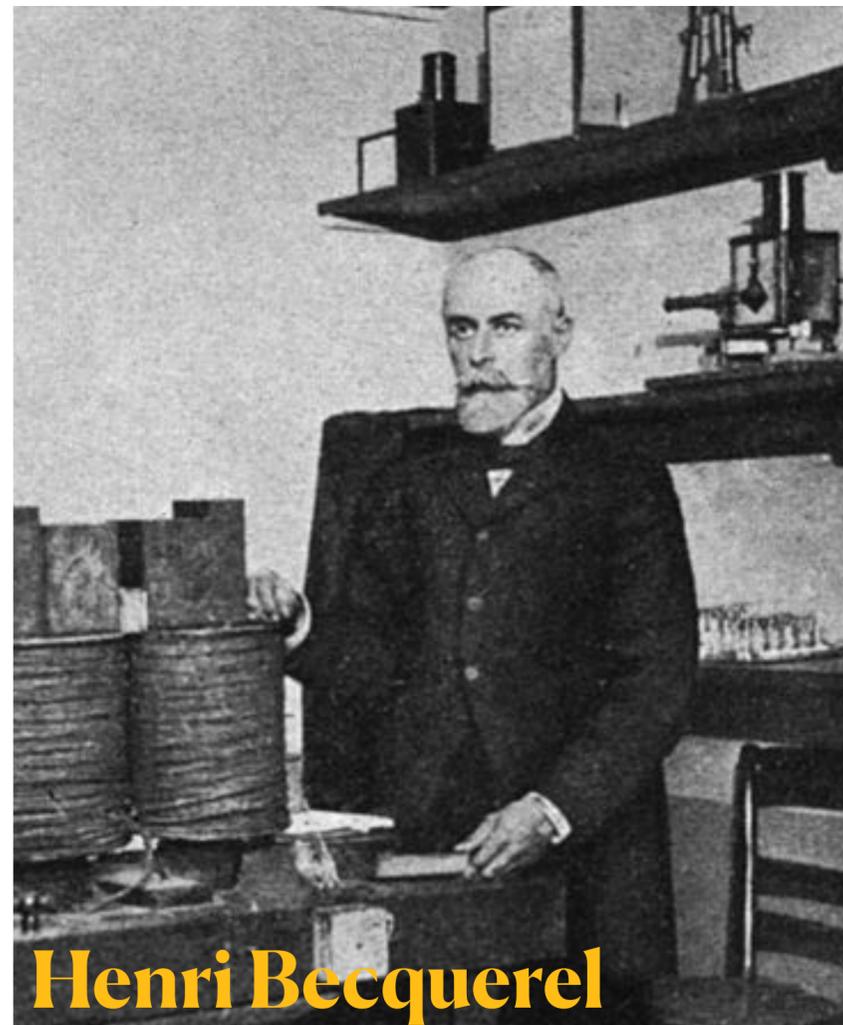
Cosa dovremmo pensare quindi di **quelli** che credono che la Terra abbia almeno 300 milioni di anni?



Una caricatura dell'800 di Charles Darwin

Il naturalista, intimidito, espunse quella affermazione dalle edizioni aggiornate dell' "Origine delle specie": è solo nella prima.

**ma a fine '800 si scoprono i fenomeni radioattivi
che hanno energie enormemente superiori a quelle chimiche**



ipotesi sulla natura dell'energia del Sole

- se il Sole letteralmente bruciasse - p.e., benzina e ossigeno - l'età non supererebbe qualche migliaio di anni
- se il calore del Sole venisse da comete e meteore, come pensava Kelvin nell'800, potrebbe avere una età nell'ordine di decine di milioni di anni
- ma, a detta di Darwin, i processi geologici e biologici sulla Terra hanno impiegato non meno di diverse centinaia di milioni di anni
- la radioattività dimostra una **enorme** sorgente di energia nel cuore della materia

ipotesi sulla natura dell'energia del Sole

- se il Sole letteralmente bruciasse - p.e., benzina e ossigeno - l'età non supererebbe qualche migliaio di anni
- se il calore del Sole venisse da comete e meteore, come pensava Kelvin nell'800, potrebbe avere una età nell'ordine di decine di milioni di anni
- ma, a detta di Darwin, i processi geologici e biologici sulla Terra hanno impiegato non meno di diverse centinaia di milioni di anni
- la radioattività dimostra una **enorme** sorgente di energia nel cuore della materia

e si capisce che Darwin aveva ragione - e Kelvin torto

“Doomsday postponed” (Rutherford)

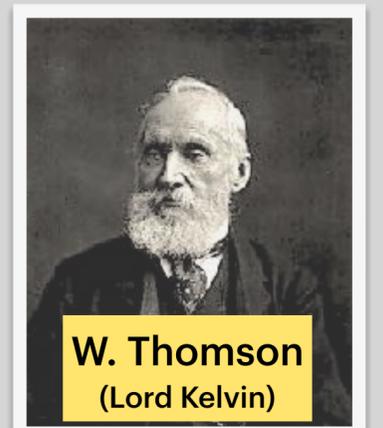
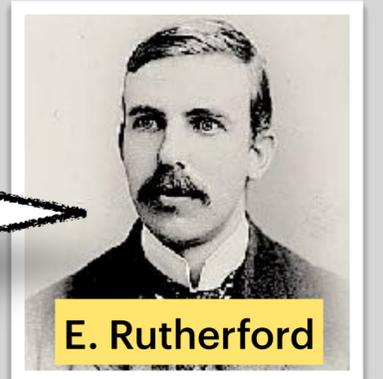
The New York Times

DOOMSDAY POSTPONED.

Prof. RUTHERFORD, in his article in the February Harper's Magazine on "Radium—the Cause of the Earth's Heat," says that Lord KELVIN's remark that inhabitants of the earth cannot continue to enjoy the light and heat essential to their life for many million years longer became "almost prophetic" when KELVIN added, "unless sources now unknown to us are prepared in the great storehouse of creation." Previous to the discovery of radium Lord KELVIN showed that ordinary chemical action was not sufficient to explain the presence of the in-

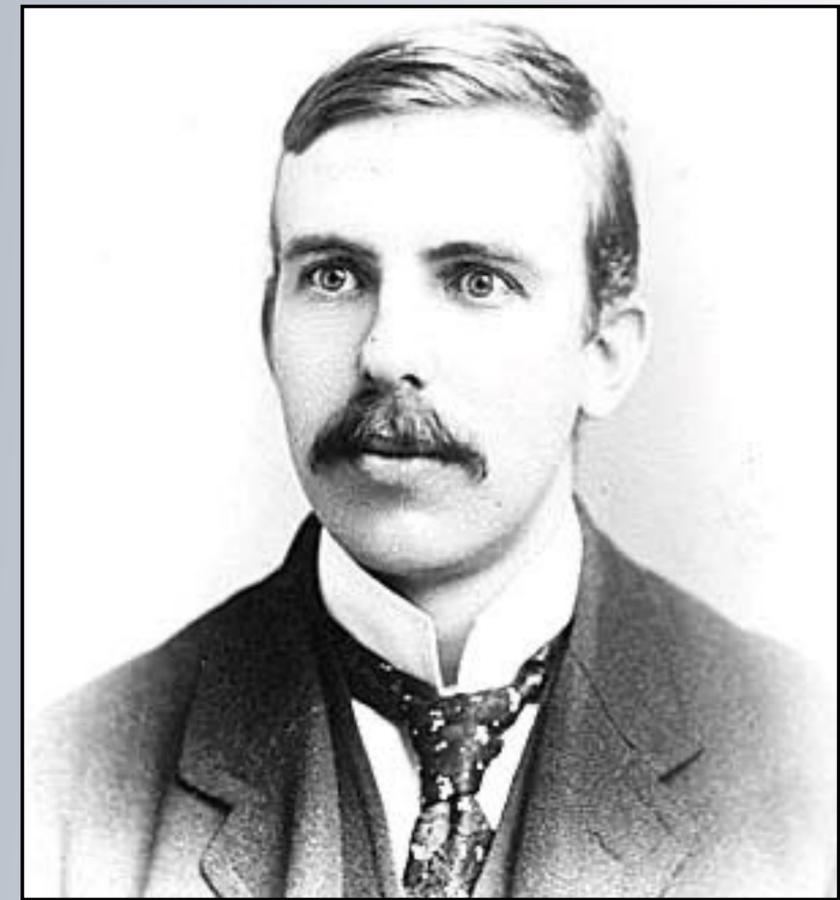
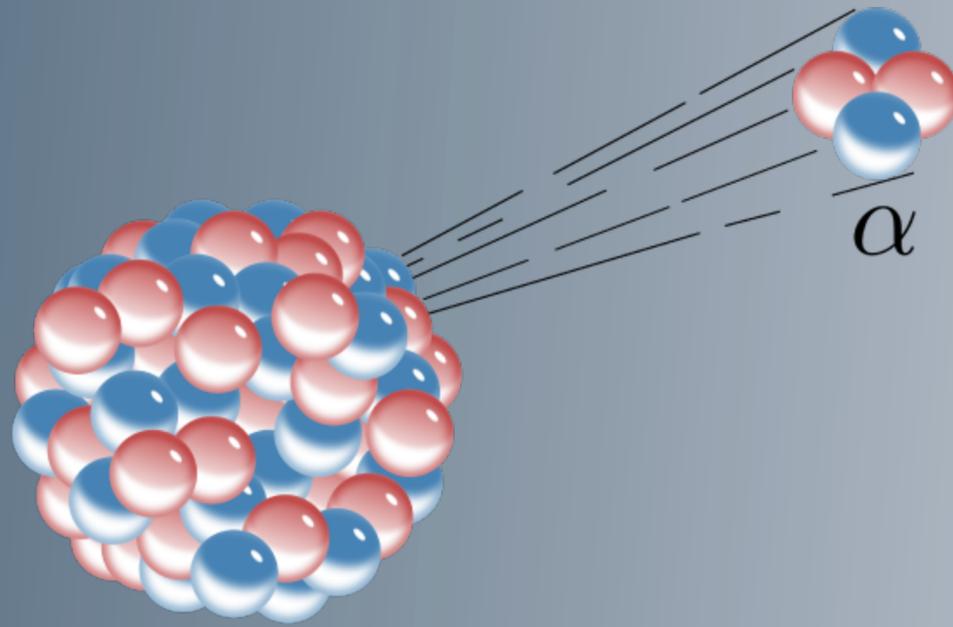
Jan 29, 1905

Le parole di Lord Kelvin per cui non potremo continuar a godere di luce e calore per molti milioni di anni, diventano quasi profetiche quando aggiunge *“a meno che non siano state approntate fonti d'energia sconosciute nel grande scrigno della creazione”*.





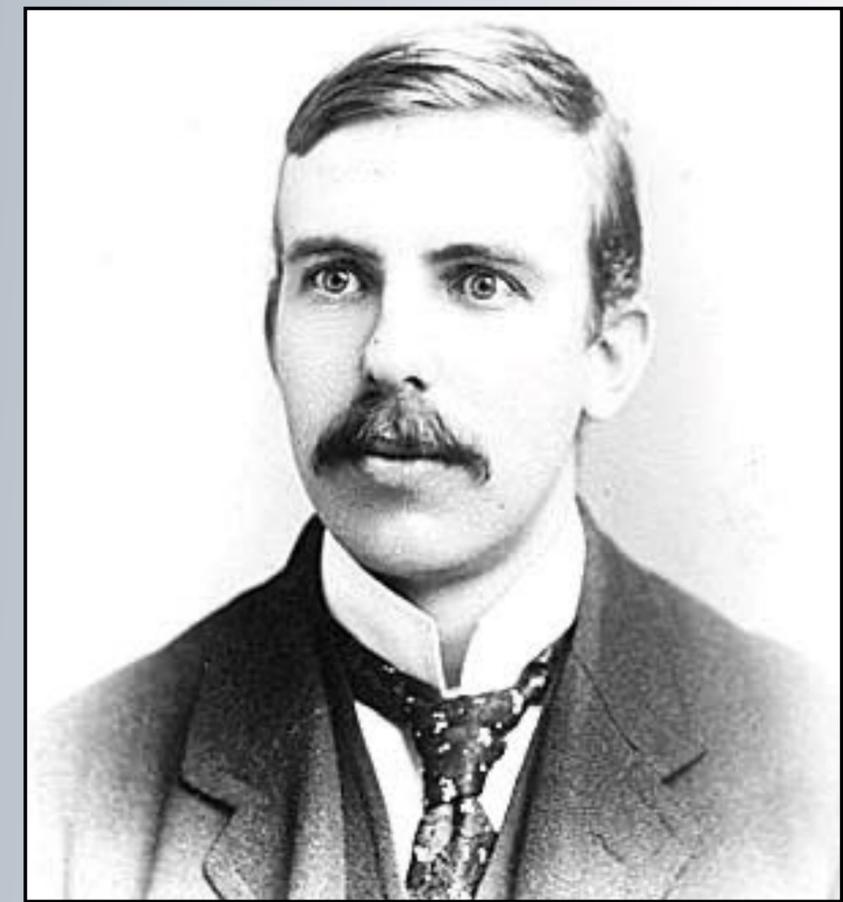
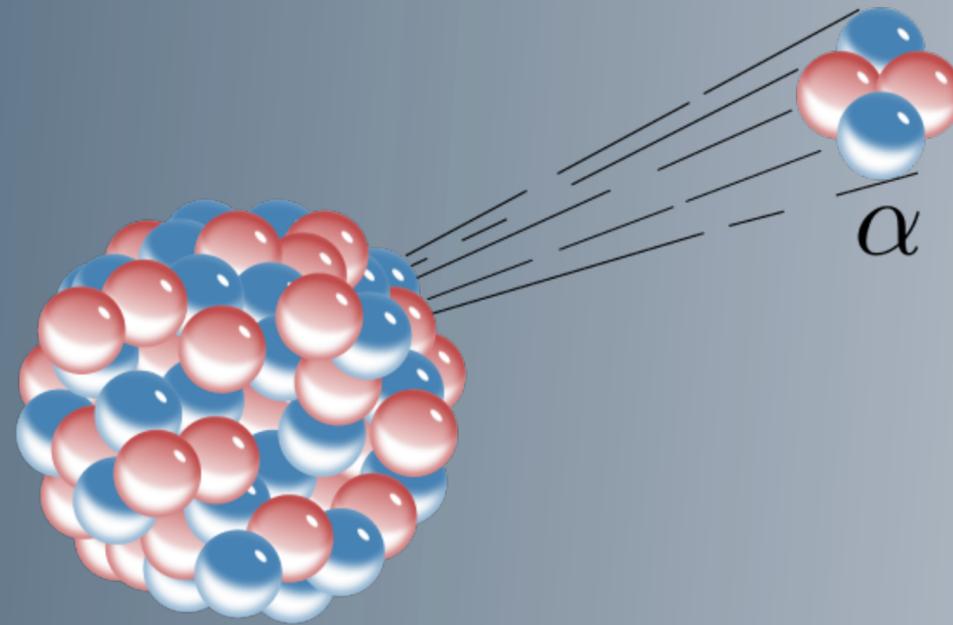
F. Soddy



E. Rutherford



F. Soddy

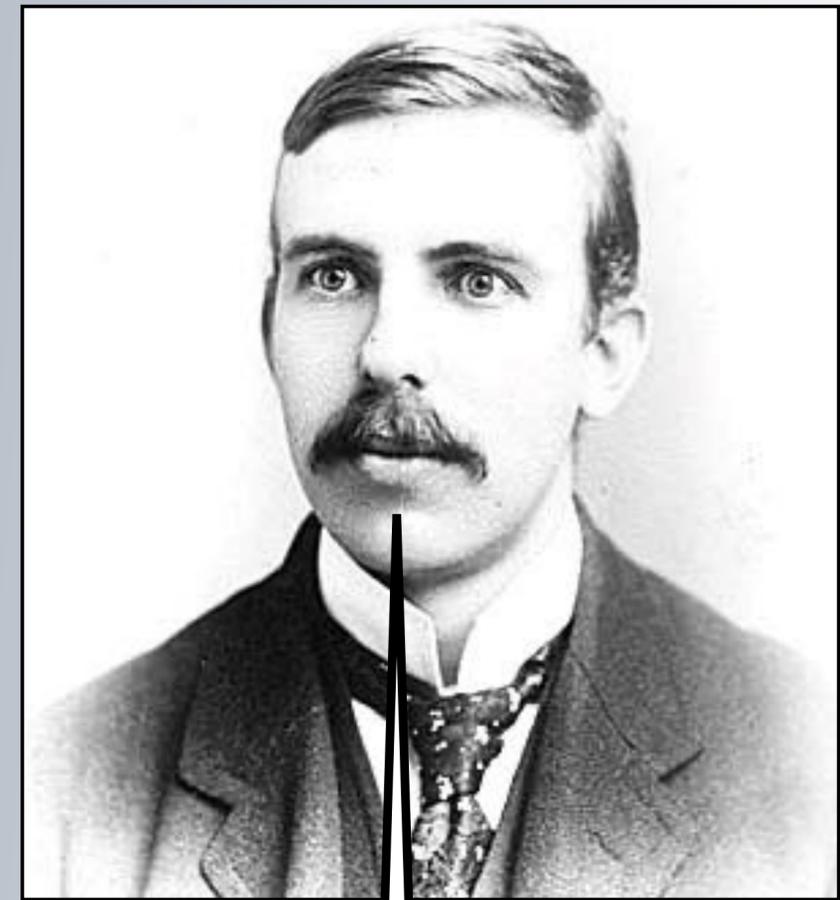
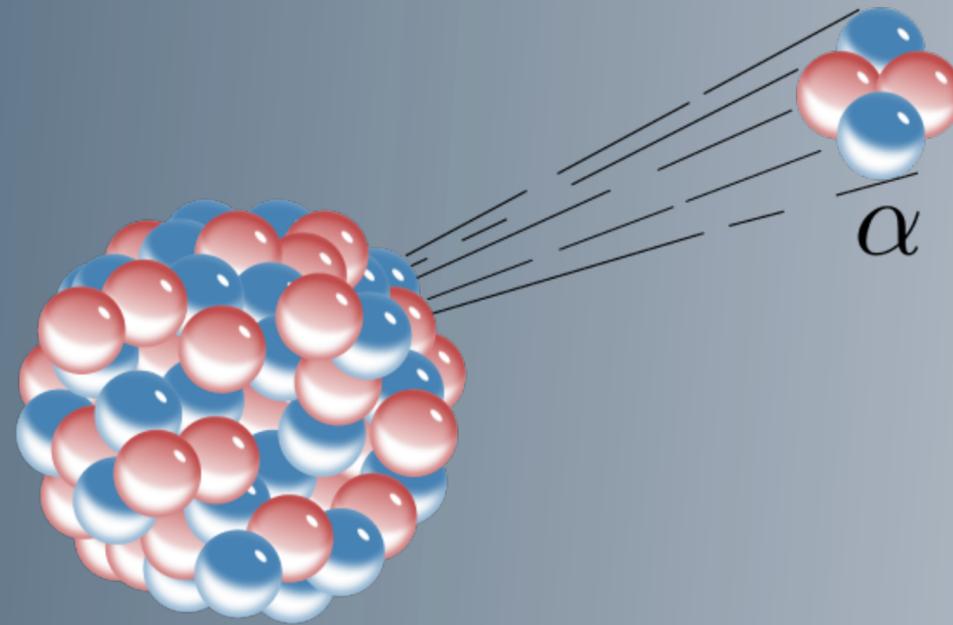


E. Rutherford

“Rutherford, ma
questa è una
trasmutazione!”



F. Soddy



E. Rutherford

“Rutherford, ma questa è una trasmutazione!”

“Non chiamarla così, Soddy, per la miseria. Ci chiameranno *alchimisti* e ci faranno fuori!”

The
**NEWER
ALCHEMY**

BY
LORD
RUTHERFORD

The TRANSMUTATION OF ELEMENTS, how it
has been accomplished, and what it means

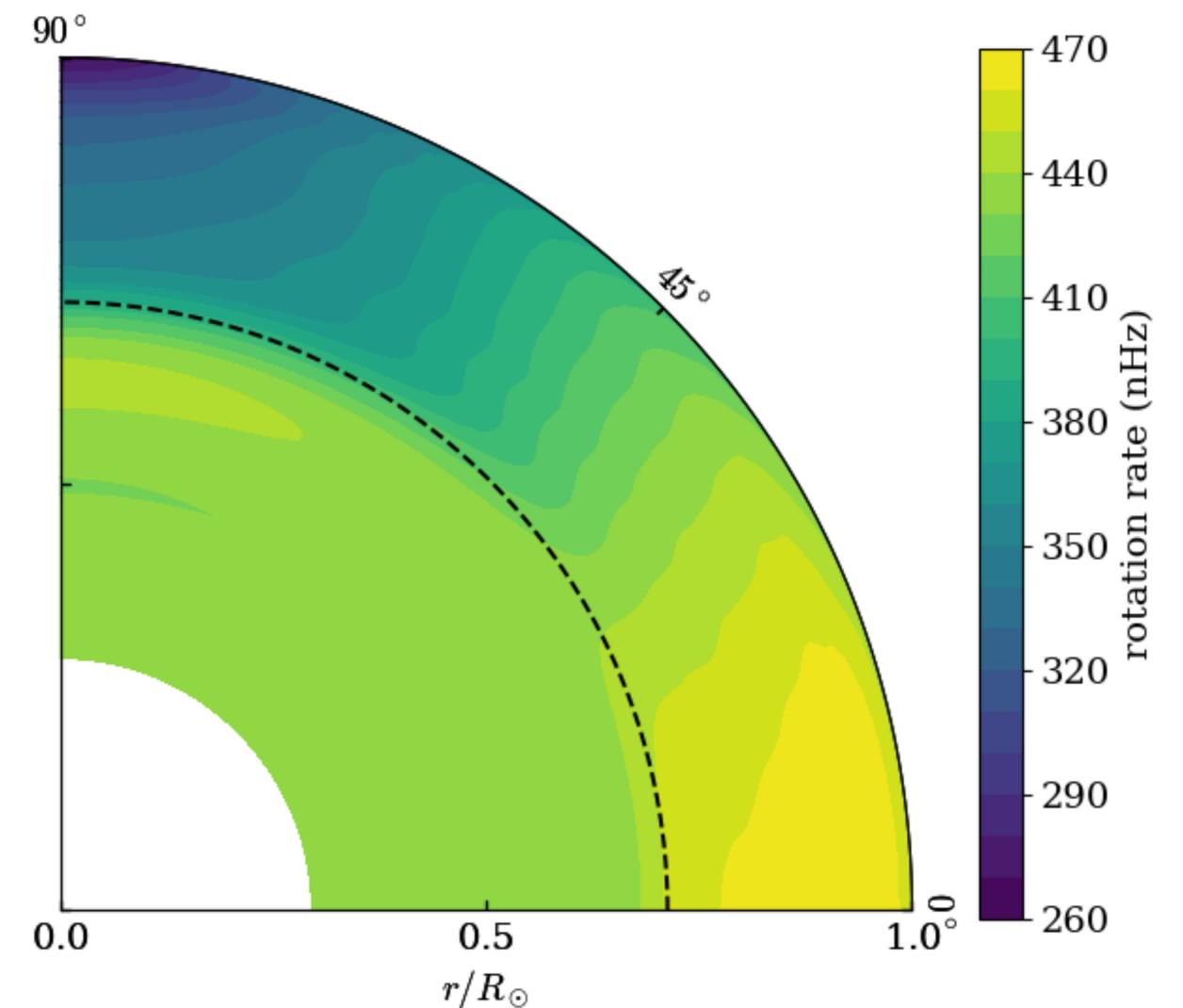
CAMBRIDGE

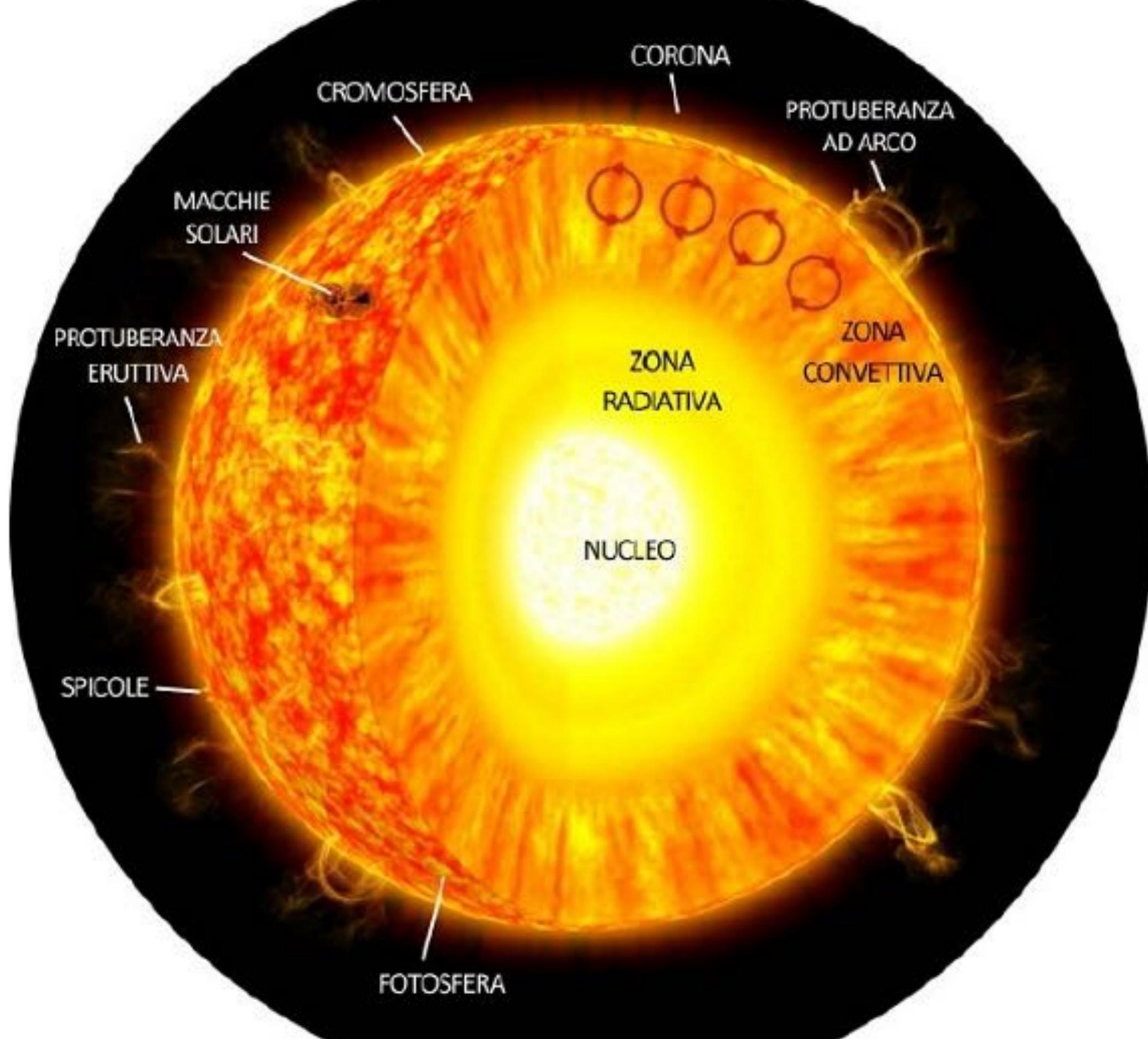
1937

**3:- il modello teorico del Sole,
le sue verifiche in laboratorio**

sotto la superficie del Sole

- Dagli anni '60 abbiamo imparato che il Sole vibra.
- Lo studio di queste vibrazioni ha permesso di investigare l'interno del Sole (*eliosismologia*), un po' come si fa con i terremoti, oppure in medicina con l'ecografia.
- In questo modo si è visto che ad una certa profondità il Sole gira in blocco. È il **nucleo**!





Modello teorico del Sole.

Si ritiene che nel **nucleo del Sole** avvengano le trasformazioni tra **nuclei atomici**: quelle che producono luce e calore.

Il modello del Sole

Combinando la scienza del nucleo e l'astrofisica è stato sviluppato un modello teorico del centro del Sole.

Il modello di John Bahcall (anni '60) ha svolto un ruolo di guida e consentito ulteriori verifiche.



Il modello del Sole

Combinando la scienza del nucleo e l'astrofisica è stato sviluppato un modello teorico del centro del Sole.

Il modello di John Bahcall (anni '60) ha svolto un ruolo di guida e consentito ulteriori verifiche.



AUG 26 1964

BNL 8217

MASTER

On the Problem of Detecting Solar Neutrinos

JOHN N. BAHCALL*

California Institute of Technology, Pasadena, California

and

RAYMOND DAVIS, JR.†

Brookhaven National Laboratory, Upton, New York

LEGAL NOTICE

This report was prepared as an account of Government sponsored work. Neither the United States, nor the Commission, nor any person acting on behalf of the Commission: A. makes any warranty or representation, expressed or implied, with respect to the accuracy, completeness, or usefulness of the information contained in this report, or that the use of any information, apparatus, method, or process disclosed in this report may not infringe on any patent rights; or B. assumes any liability with respect to the use of, or for damages resulting from the use of any information, apparatus, method, or process disclosed in this report. As used in the above, "person acting on behalf of the Commission" includes any employee or contractor of the Commission, or employee of such contractor, to the extent that such employee or contractor is, in any information prepared by him pursuant to contract with the Commission, or his employment with such contractor.

The evidence supporting the theory of nuclear energy generation in stars is indirect. This evidence is based largely upon observations of electromagnetic radiation emitted from the surface of stars and upon theoretical stellar models that have not been subject to independent experimental tests. It is interesting, therefore, to try to think of a way of testing directly the theory of stellar energy generation in stars. In order to make such a test, one would like to be able to "see"

Il modello del Sole

Combinando la scienza del nucleo e l'astrofisica è stato sviluppato un modello teorico del centro del Sole.

Il modello di John Bahcall (anni '60) ha svolto un ruolo di guida e consentito ulteriori verifiche.



AUG 26 1964

BNL 8217

MASTER

On the Problem of Detecting Solar Neutrinos

JOHN N. BAHCALL*

California Institute of Technology, Pasadena, California

and

RAYMOND DAVIS, JR.†

Brookhaven National Laboratory, Upton, New York

LEGAL NOTICE

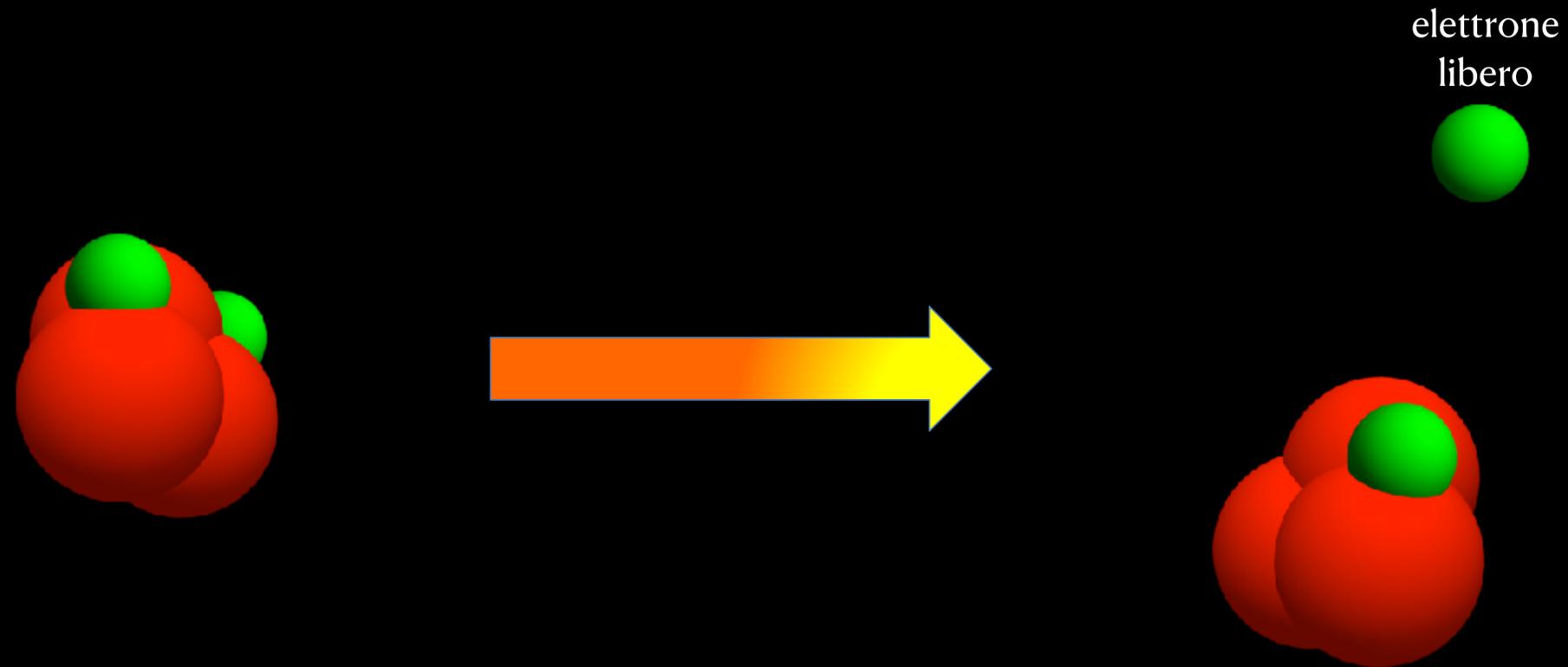
This report was prepared as an account of Government sponsored work. Neither the United States, nor the Commission, nor any person acting on behalf of the Commission: A. makes any warranty or representation, expressed or implied, with respect to the accuracy, completeness, or usefulness of the information contained in this report, or that the use of any information, apparatus, method, or process disclosed in this report may not infringe on any patent rights; or B. assumes any liability with respect to the use of, or for damages resulting from the use of, any information, apparatus, method, or process disclosed in this report. As used in the above, "person acting on behalf of the Commission" includes any employee or contractor of the Commission, or employee of such contractor, to the extent that such employee or contractor is, or purports to be, an employee of such contractor, irrespective of whether or not such employee, contractor, or subcontractor is, or purports to be, an employee of the Commission, or his employment is or was in whole or in part financed by the Commission, or his employment with such contractor.

The evidence supporting the theory of nuclear energy generation in stars is indirect. This evidence is based largely upon observations of electromagnetic radiation emitted from the surface of stars and upon theoretical stellar models that have not been subject to independent experimental tests. It is interesting, therefore, to try to think of a way of testing directly the theory of stellar energy generation in stars. In order to make such a test, one would like to be able to "see"

**cerchiamo di capire bene cosa sono questi
“neutrini” prodotti nelle reazioni nucleari**

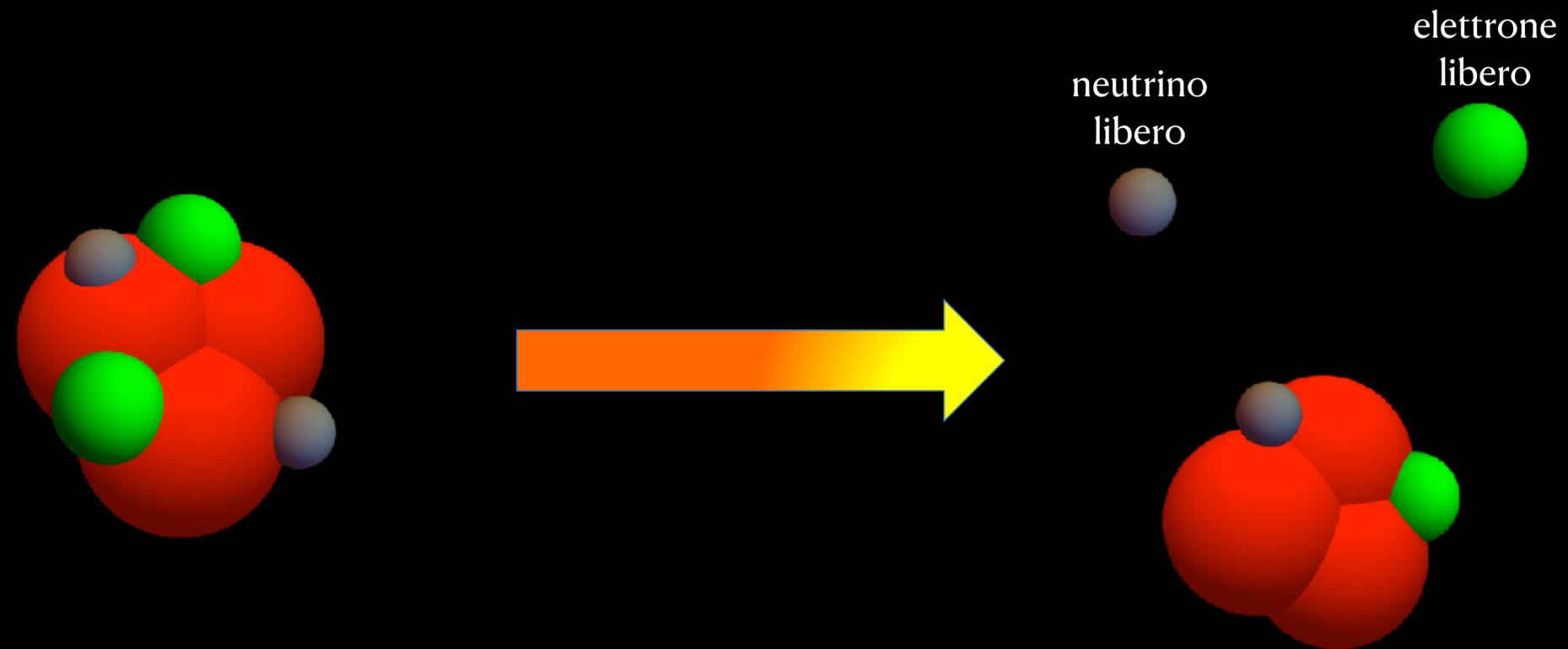
(un ultimo viaggio nella storia, in compagnia di Pauli, Fermi, Pontecorvo...)

si credeva che i nuclei degli atomi fossero fatti di **protoni** ed **elettroni**
ma all'elettrone emesso mancava dell'energia!

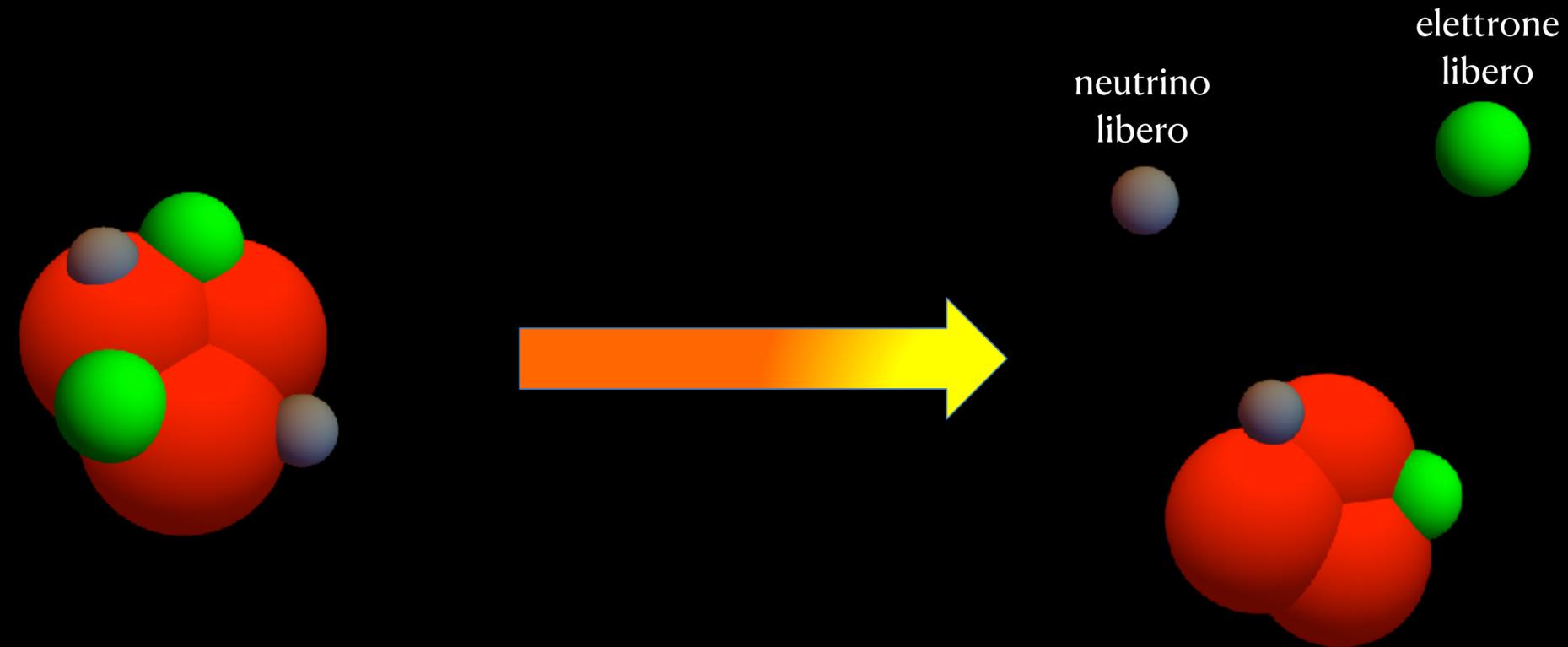


il vecchio modello dei processi di emissione di elettroni
(radioattività di tipo β)

Pauli si chiese se l'energia mancante fosse rubata da una particella quasi invisibile (1930)

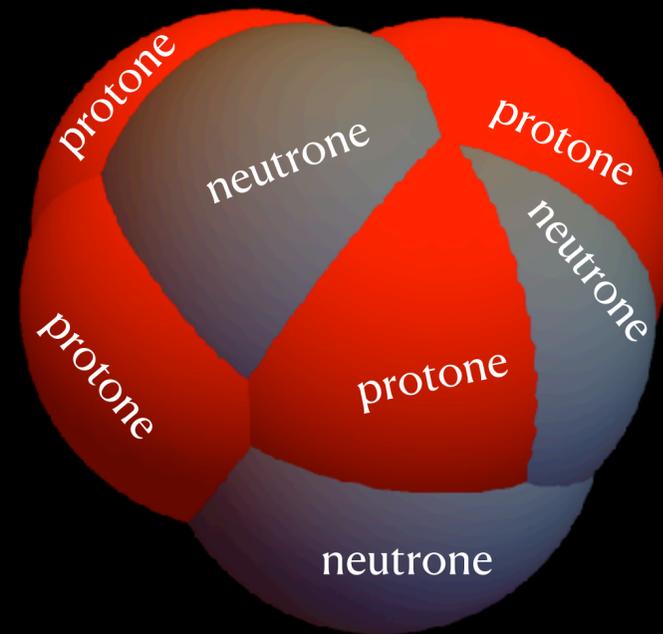


Pauli si chiese se l'energia mancante fosse rubata da una particella quasi invisibile (1930)

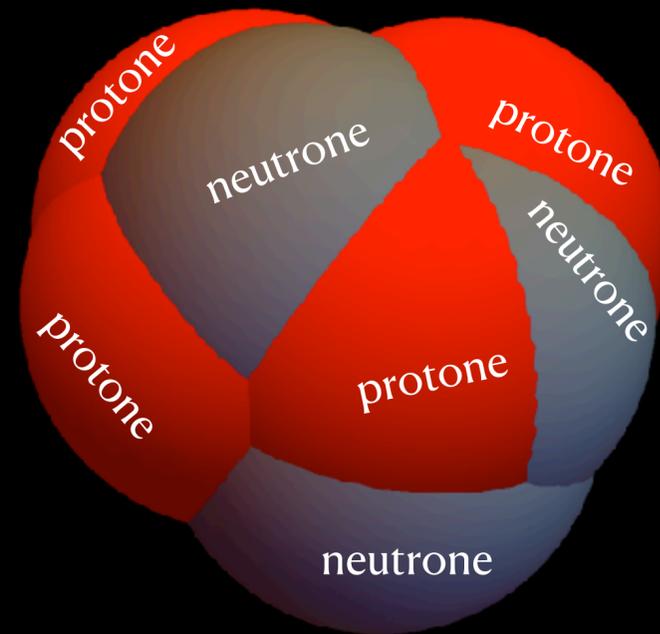


in questo modo si iniziò a parlare di neutrini
(pur nel contesto di un modello del nucleo, oggi superato)

oggi sappiamo che i nuclei sono fatti di **protoni** & neutroni

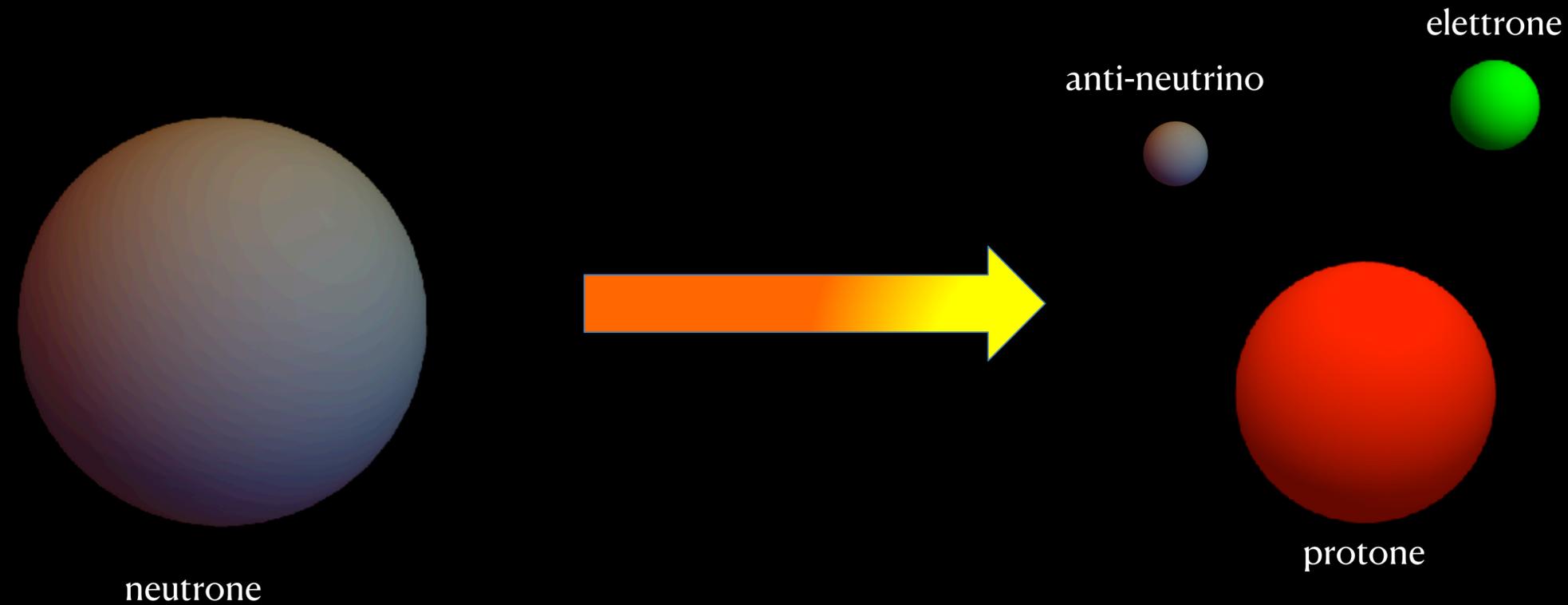


oggi sappiamo che i nuclei sono fatti di **protoni** & neutroni



(ma solo perché nel 1932 si scopre il neutrone :)

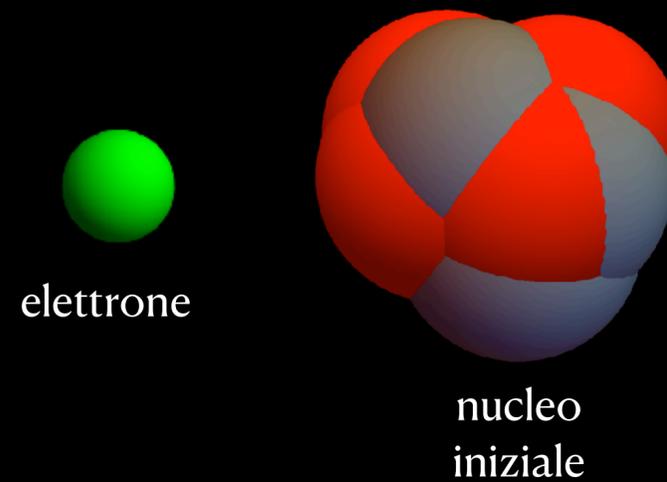
Enrico Fermi mette insieme i pezzi del puzzle (1933)



il neutrone scompare, e compaiono
un protone, un elettrone ed un (anti)neutrino

il neutrino esiste davvero!

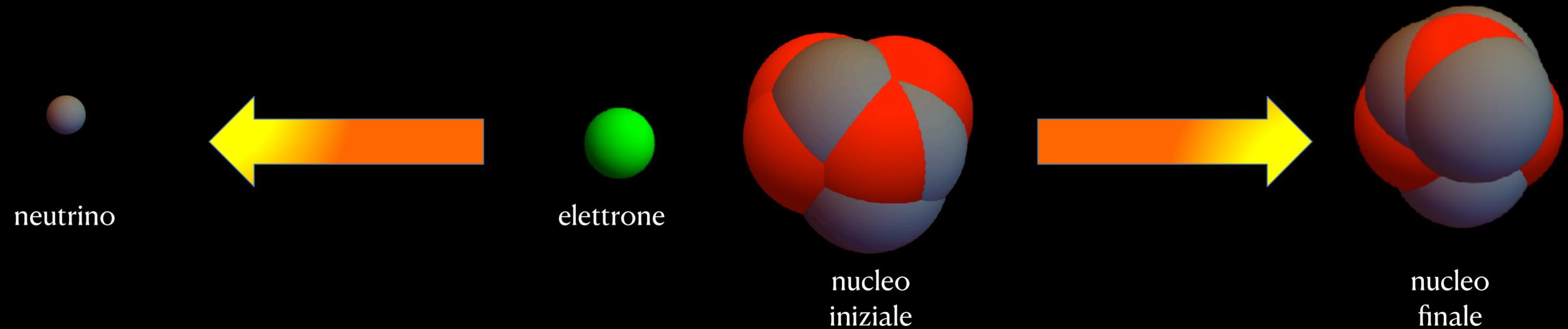
(Wick '34 & Allen '42, ... Bethe Peierls '34 & Reines & Cowan '55)



un nucleo e un elettrone si combinano...

il neutrino esiste davvero!

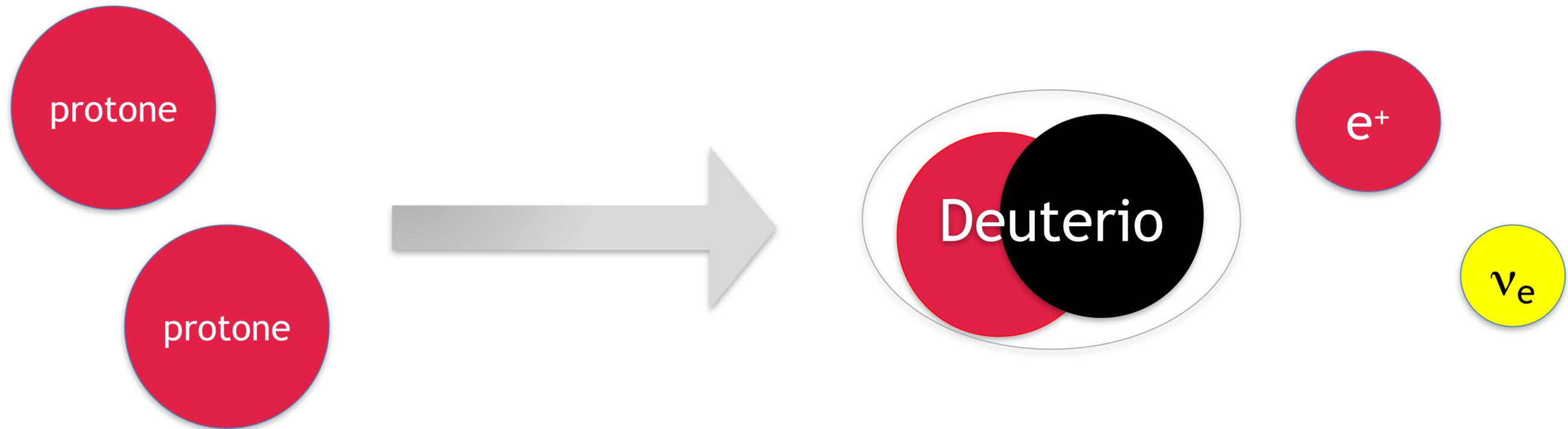
(Wick '34 & Allen '42, ... Bethe Peierls '34 & Reines & Cowan '55)



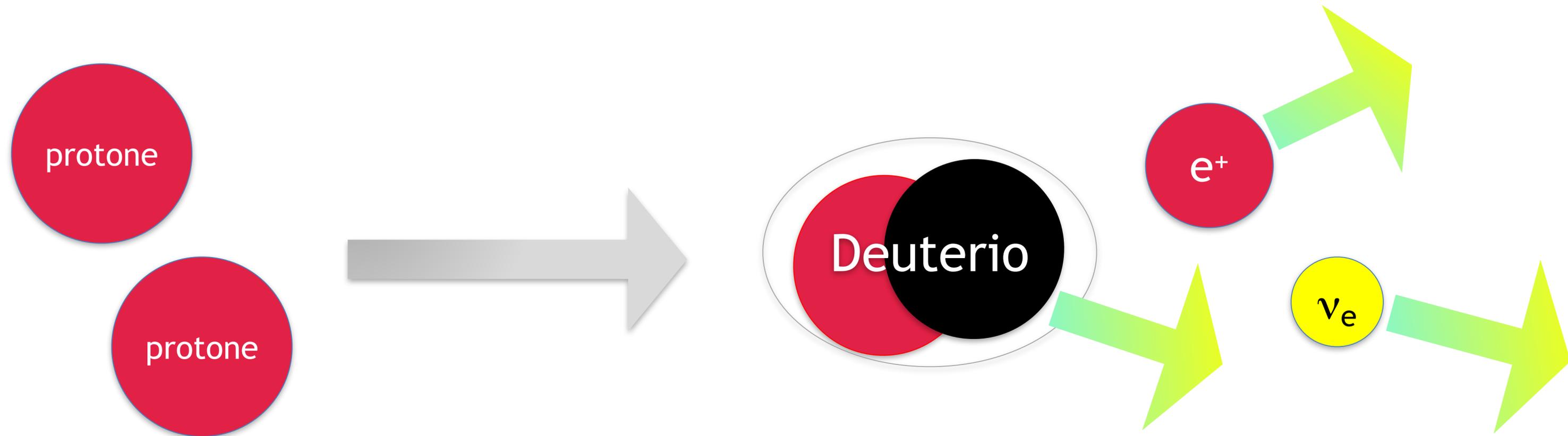
un nucleo e un elettrone si combinano...
e s trasformano in un neutrino (invisibile) ed un nucleo (visibile)

**nel nostro caso, ovvero, nel centro
del Sole, ci aspettiamo che:**

2 nuclei di idrogeno si combinano formando deuterio

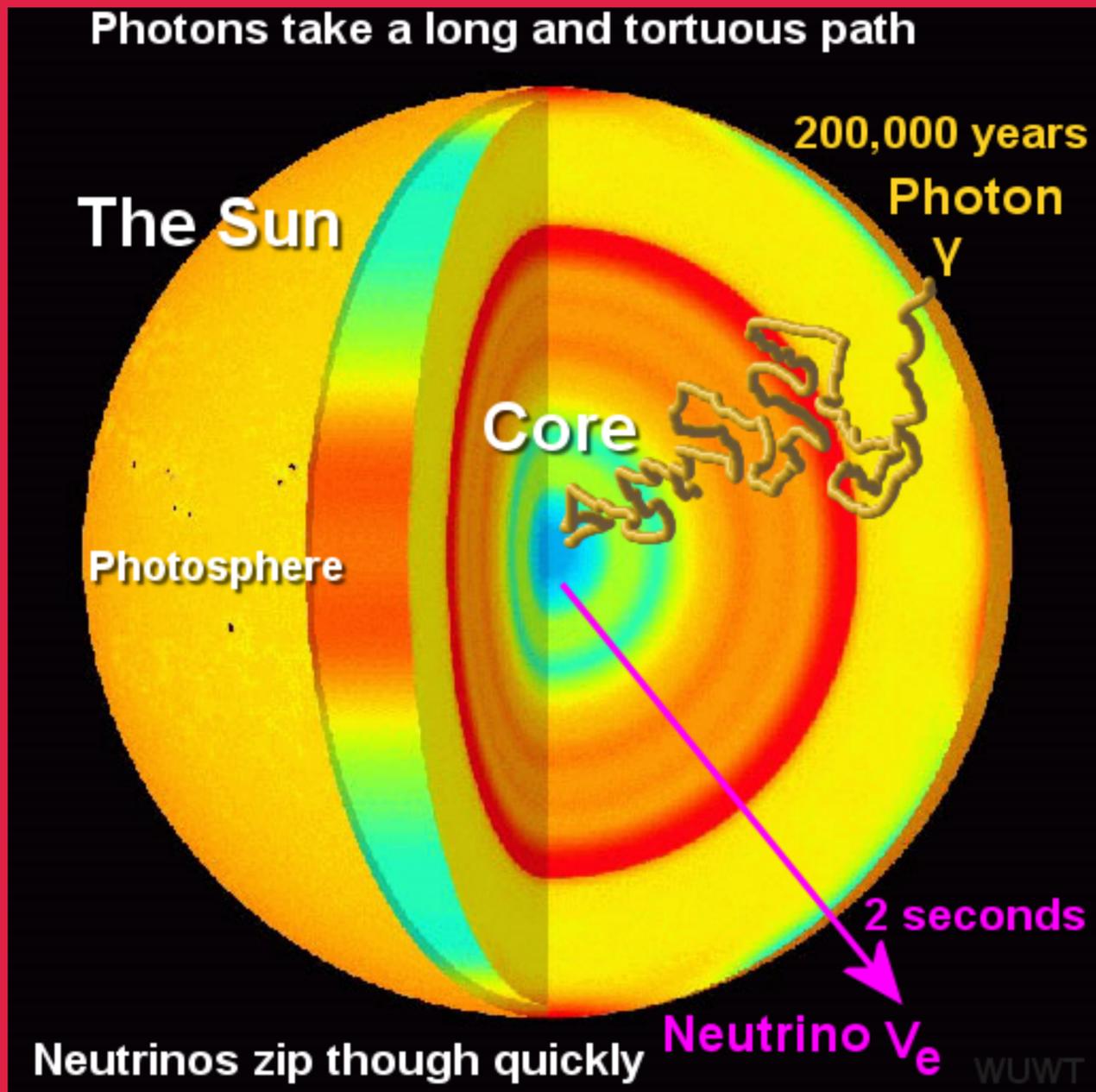


2 nuclei di idrogeno si combinano formando deuterio



ed un neutrino è inevitabilmente prodotto!!!

se il Sole è davvero un reattore nucleare, deve emettere tanta luce e tanti neutrini



4.

$^{35}_{17}\text{Cl}$ by absorption of a neutrino and emission of an electron; however, the disintegration leading to $^{35}_{18}\text{A}$ is a priori much less probable than the one leading to $^{35}_{16}\text{S}$ because the maximum energy of β -rays from $^{35}_{18}\text{A}$ is as high as 4.4 MeV.

The mean free path of neutrinos against chlorine in C Cl_4 will depend strongly on the energy of the neutrinos and on the type of the transition involved in the inverse β -ray process; actually, it is improbable⁽³⁾ that the mean free path will be much smaller than 10^{19} cm., although it might be several orders of magnitude bigger than this value. If we assume a mean free path of 10^{19} cms., the production of $^{35}_{16}\text{S}$ would be observable by using a volume of C Cl_4 of the order of cubic meters and a radioactive source having an intensity of the order of 10^{17} neutrinos per second. Such extremely intense source does not go much beyond the present technical facilities ("hot" metal from pile).

A survey of the possible "background effects", i.e. of the effects, (other than inverse β process induced by neutrinos) which might produce the radioactive atoms looked for, show that no serious trouble should arise if adequate care is taken and necessary control experiments are performed.

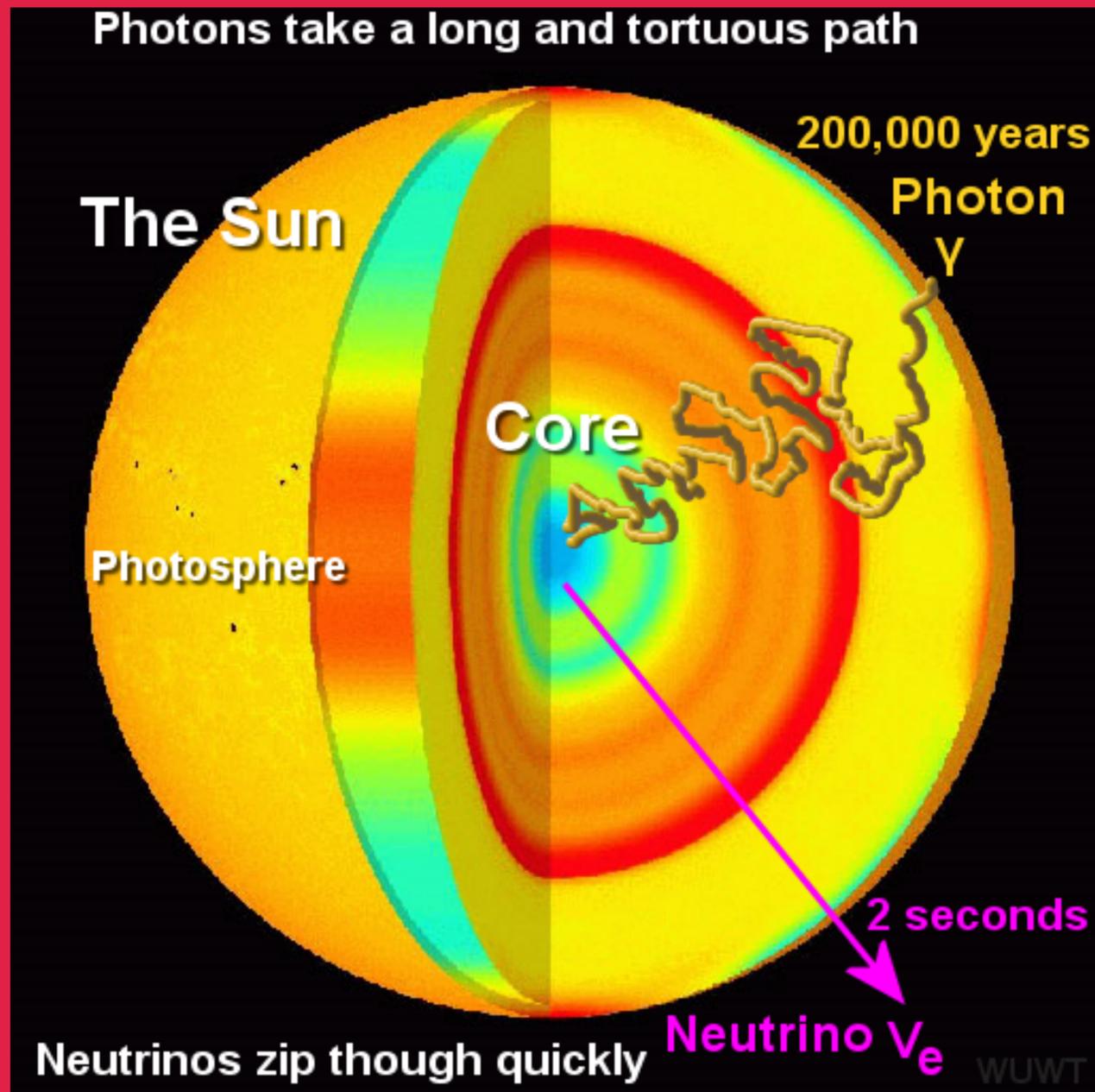
Thanks are due to Dr. Pryce for very useful discussion and advice.

B. Pontecorvo.

Note: Dr. Pryce pointed out to the author that the flux of neutrinos from the sun is quite considerable. Actually, the flux of neutrinos received from the sun at the earth's surface may be estimated to be of the order of 10^{10} neutrinos/sec./cm.², providing Bethe's carbon cycle is assumed as the source of energy of the sun.

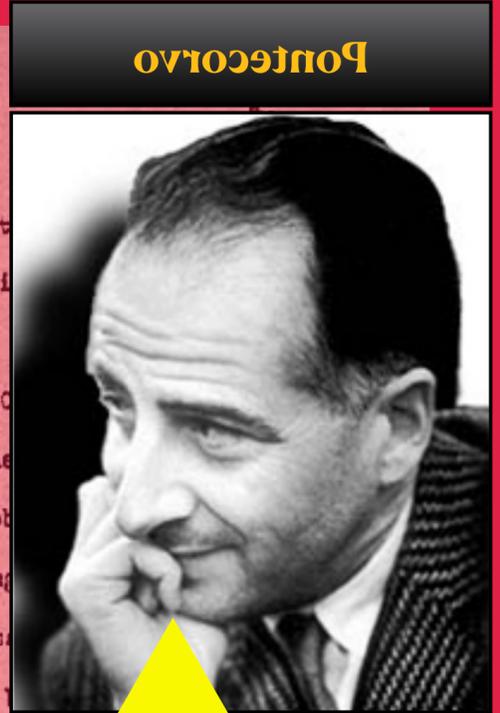
Pontecorvo (1945-1946)

se il Sole è davvero un reattore nucleare, deve emettere tanta luce e tanti neutrini



$^{35}_{17}\text{Cl}$ by absorption of a neutrino and emission of an electron
disintegration leading to $^{35}_{18}\text{A}$ is a priori much less probable
leading to $^{35}_{16}\text{S}$ because the maximum energy of β -rays from $^{35}_{18}\text{A}$
4.4 MeV.

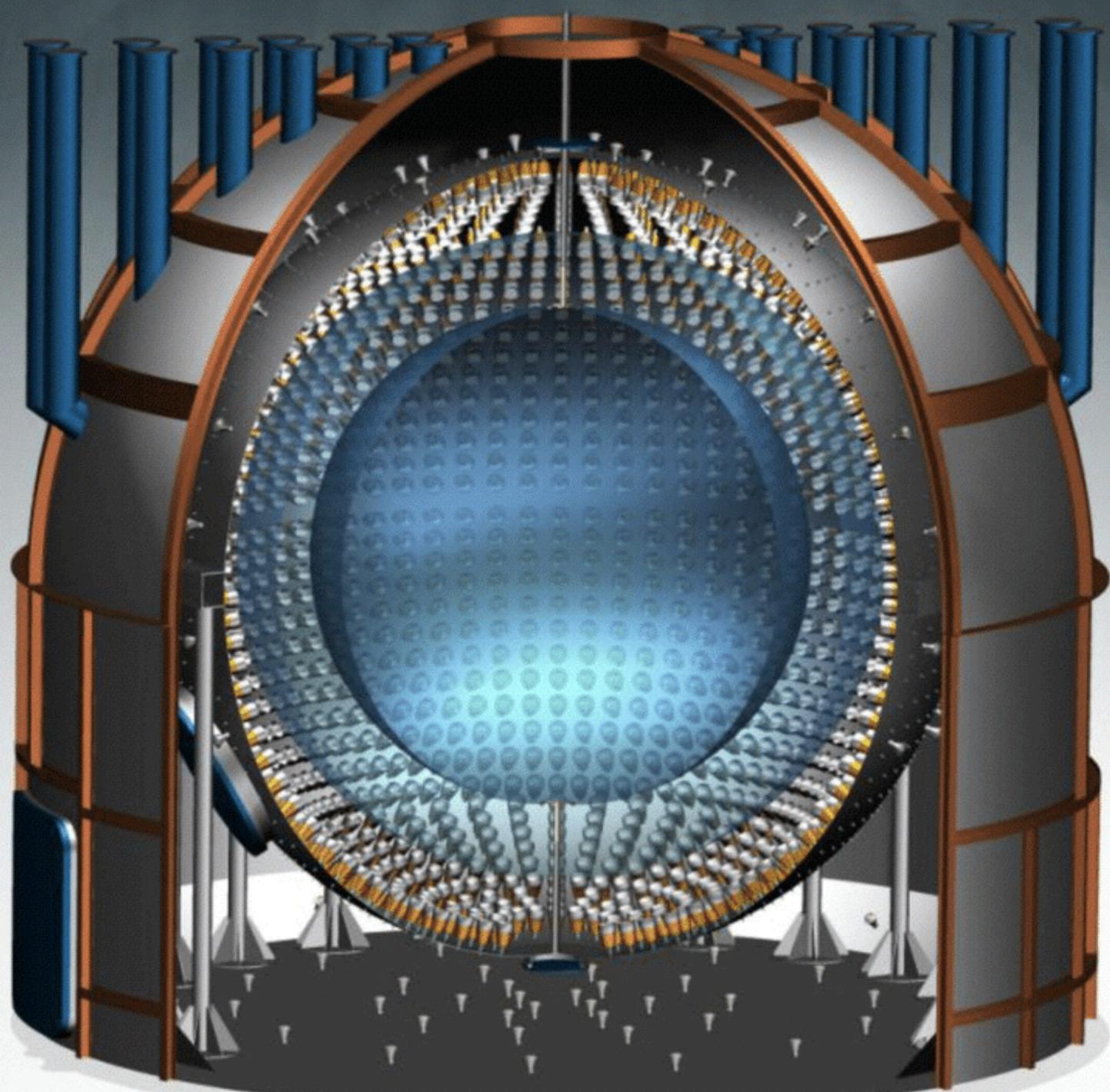
The mean free path of neutrinos against chlorine in C
strongly on the energy of the neutrinos and on the type of the
involved in the inverse β -ray process; actually, it is impro
the mean free path will be much smaller than 10^{19} cm., althoug
several orders of magnitude bigger than this value. If we as
path of 10^{19} cms., the production of $^{35}_{16}\text{S}$ would be observable



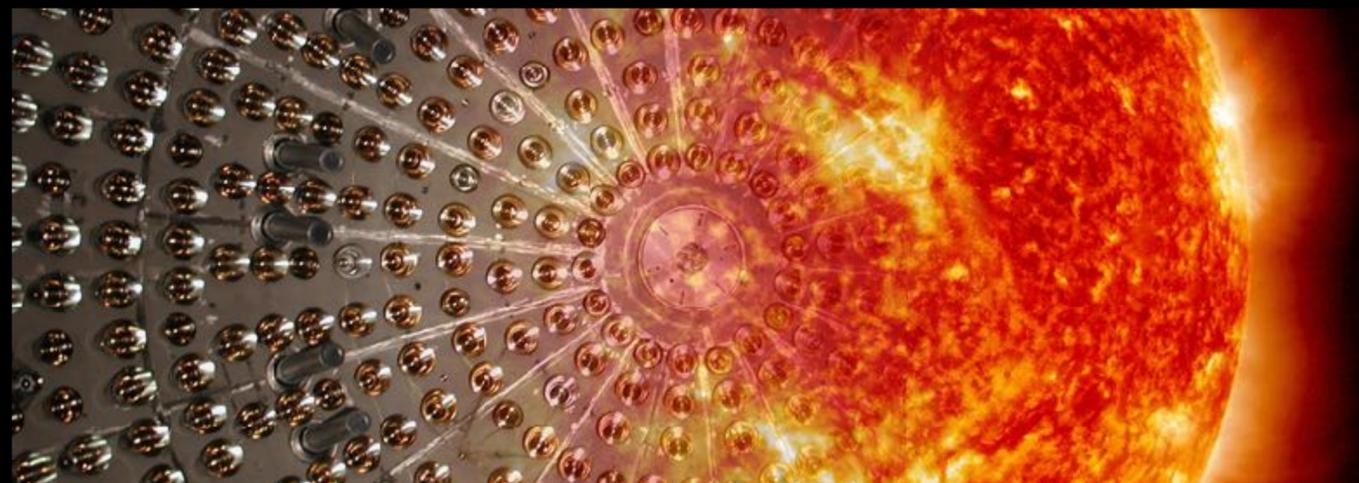
(1945-1946)

possiamo vederli?
possiamo osservare
direttamente il centro
del Sole?

Sì: l'abbiamo fatto con Borexino!!

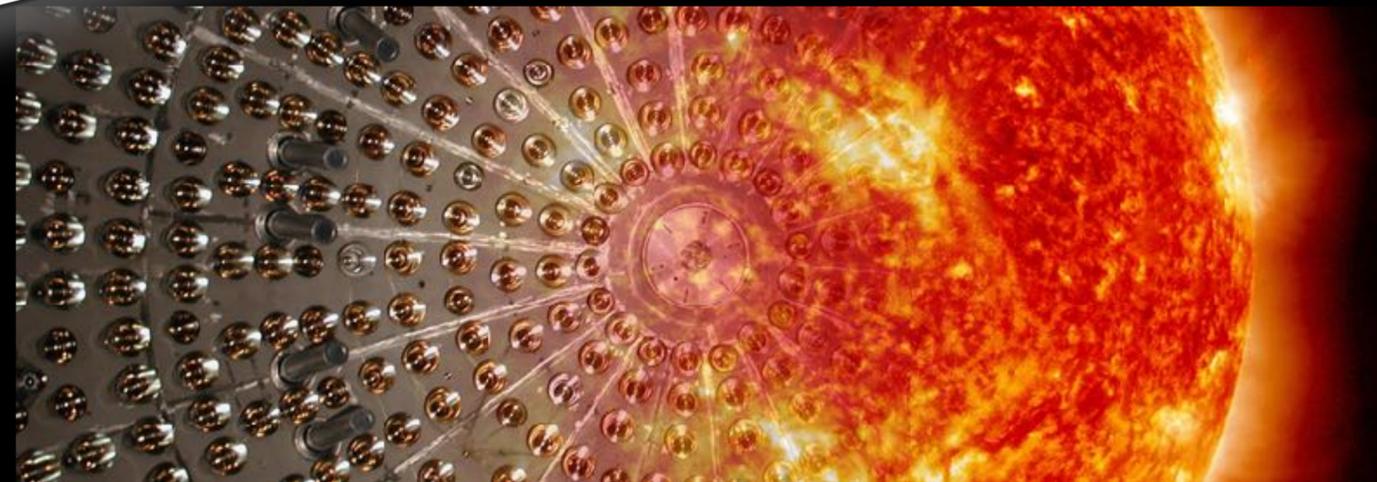


© A. Brigatti
R. Lombardi



Sì: l'abbiamo fatto con Borexino!!

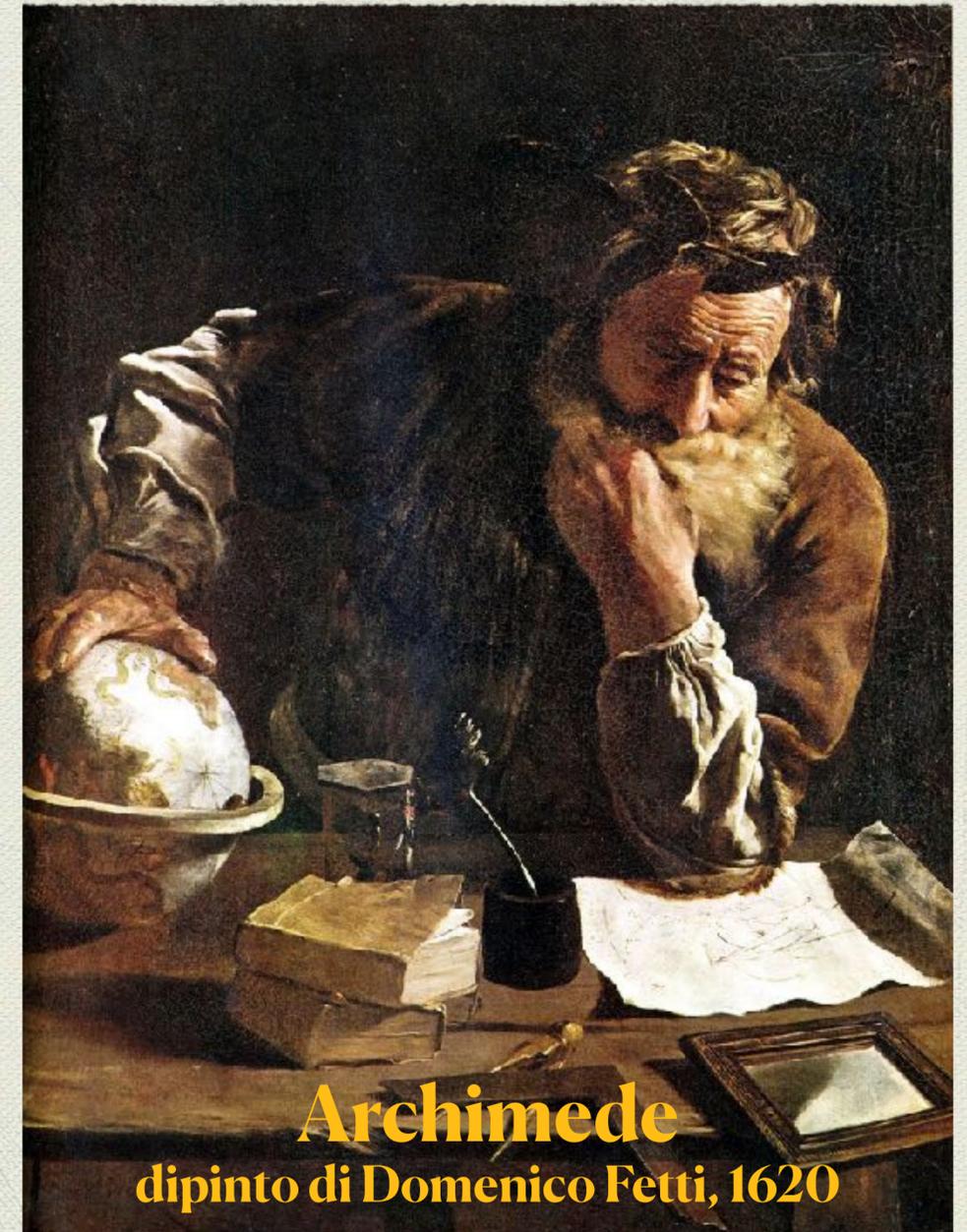
**ve ne parlerà l'amico Nicola
Rossi fra pochissimo**



Per approfondire:

Un podcast, due percorsi guidati, una spiegazione integrativa:

- ◆ <https://open.spotify.com/episode/5WeBpm7lQSgLrctANl5Jy4>
- ◆ <https://scienzapertutti.infn.it/come-funziona-il-Sole>
- ◆ <https://www.linkedin.com/pulse/last-we-know-how-sun-works-francesco-vissani/>
- ◆ <https://www.linkedin.com/pulse/le-oscillazioni-di-neutrino-non-si-possono-proprio-spiegare-vissani/>

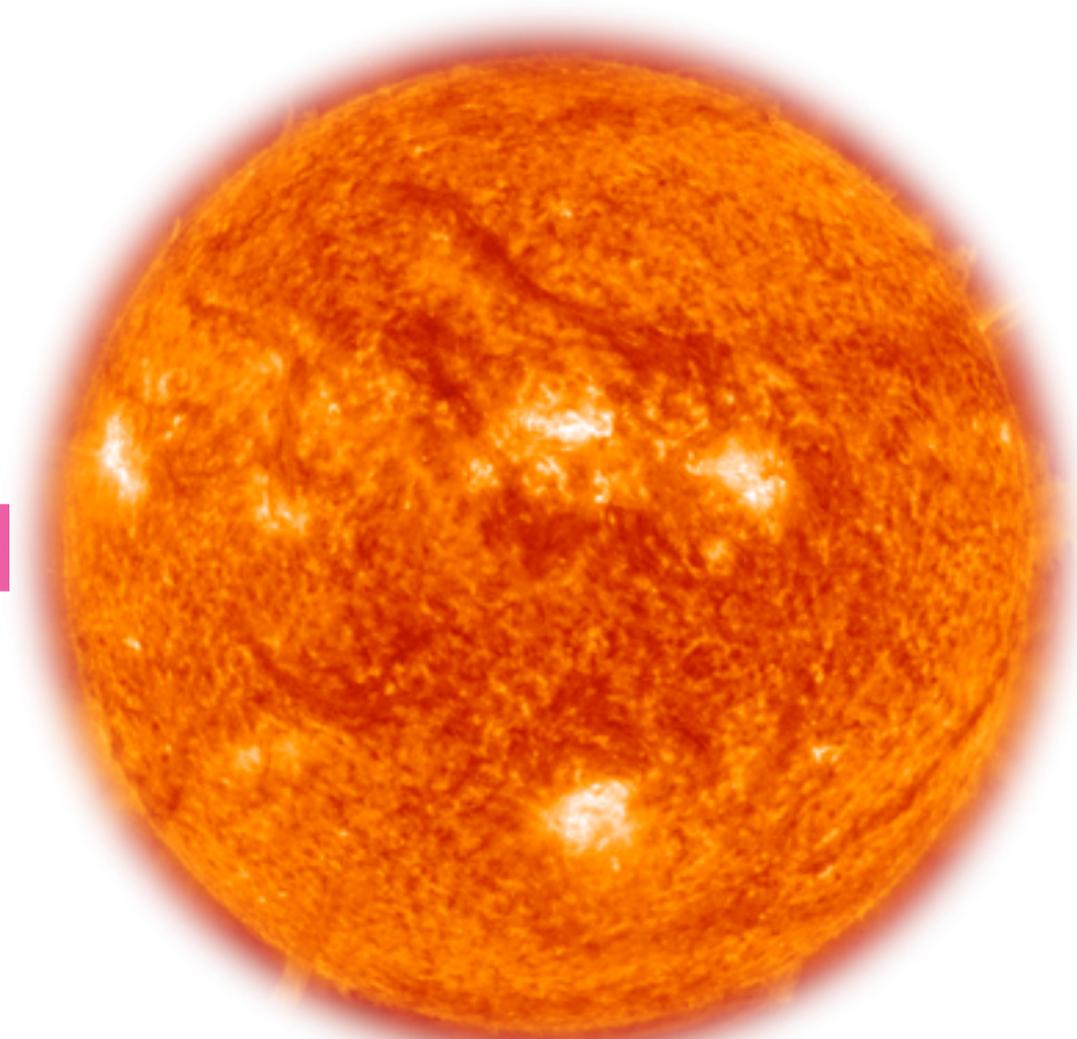


Archimede
dipinto di Domenico Fetti, 1620

**3^{bis}:- ci sarebbe un'ultima
cosa da sapere...**



dai calcoli di Bahcall ci
aspettavamo un certo numero di neutrini

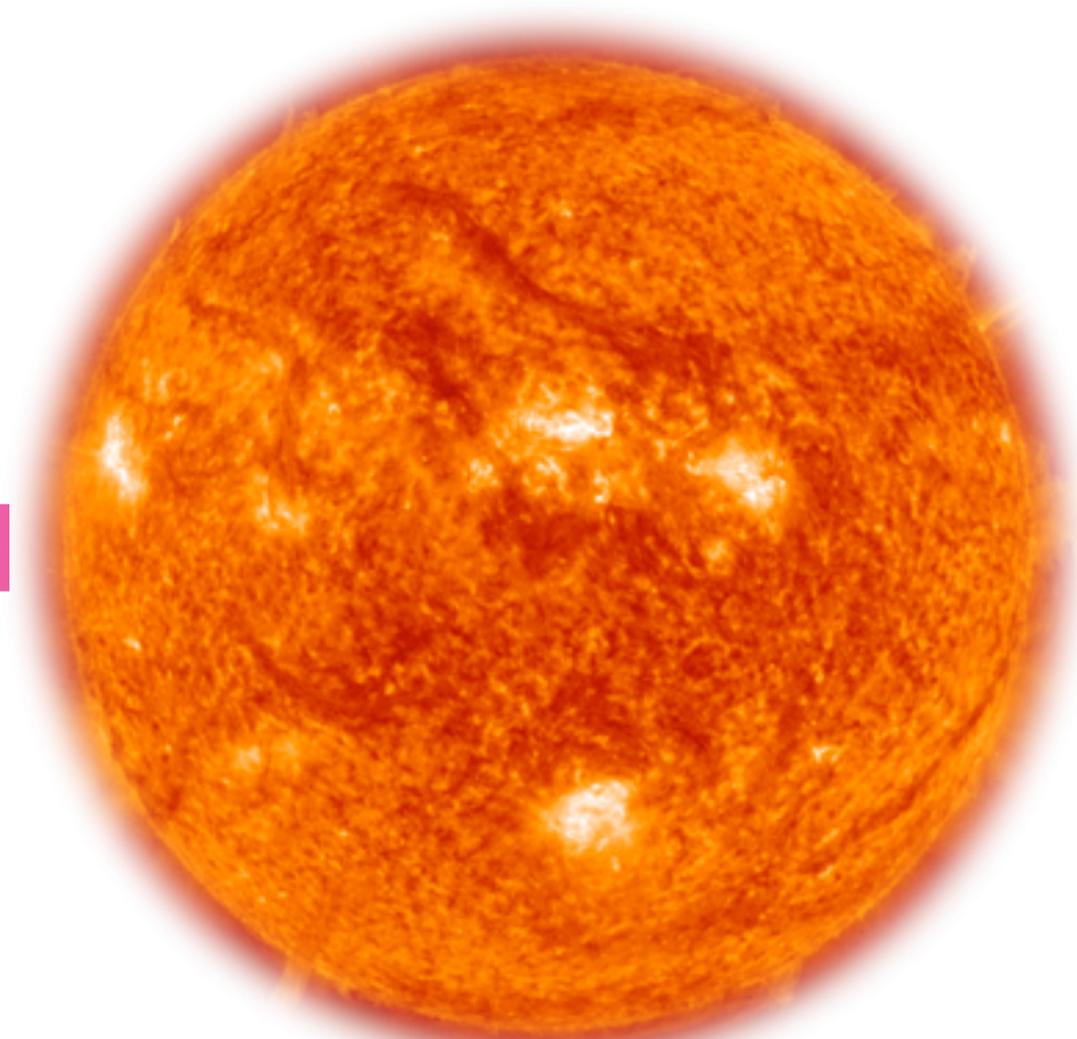




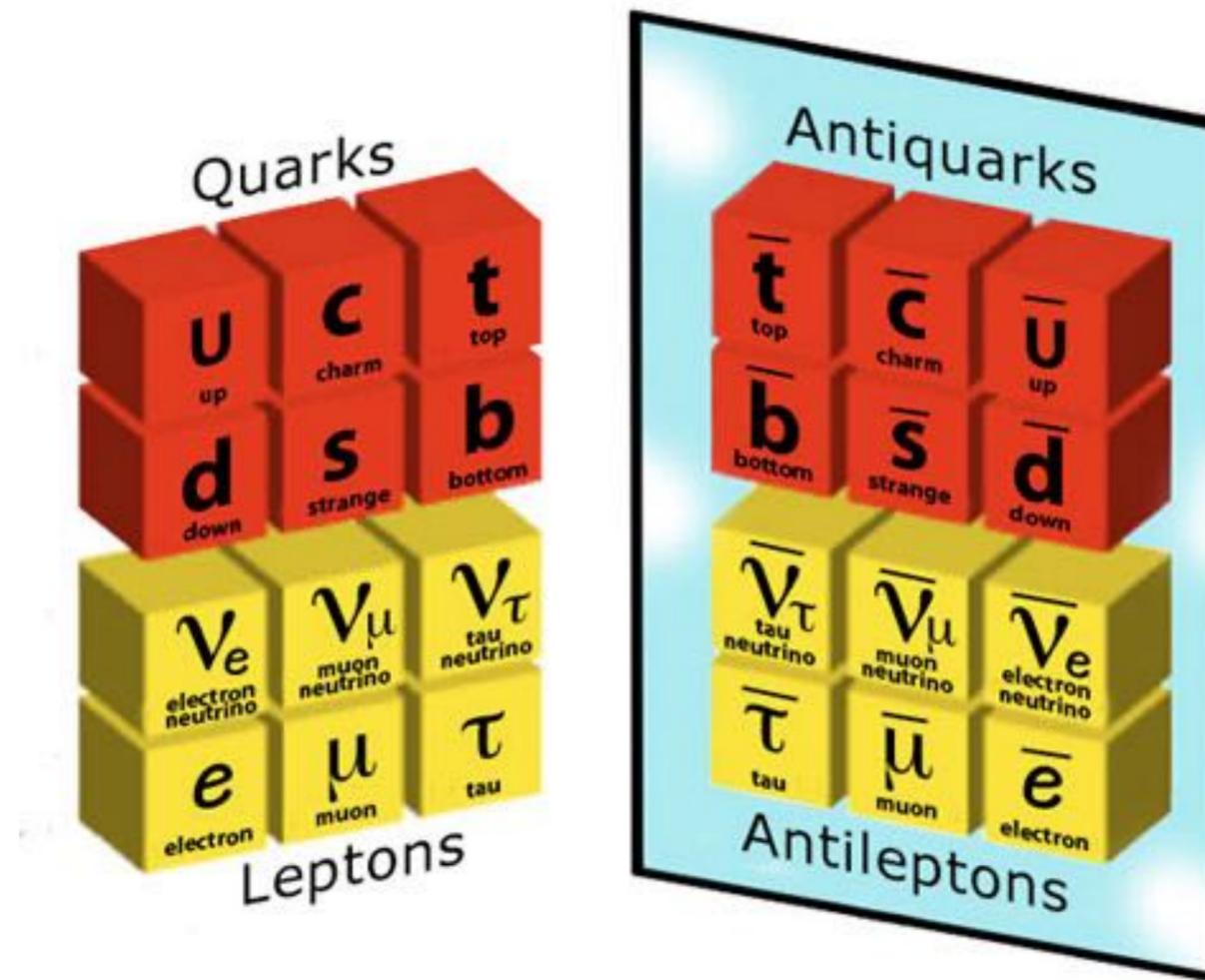
dai calcoli di Bahcall ci
aspettavamo un certo numero di neutrini



**e se ne vedevano
meno della metà!**



in effetti, non esiste solo il neutrino emesso da Sole, ovvero ν_e



ma perché mai dovremmo aspettarci dei ν_μ e ν_τ dal Sole?

motivo: i neutrini hanno una massa, seppure piccolissima

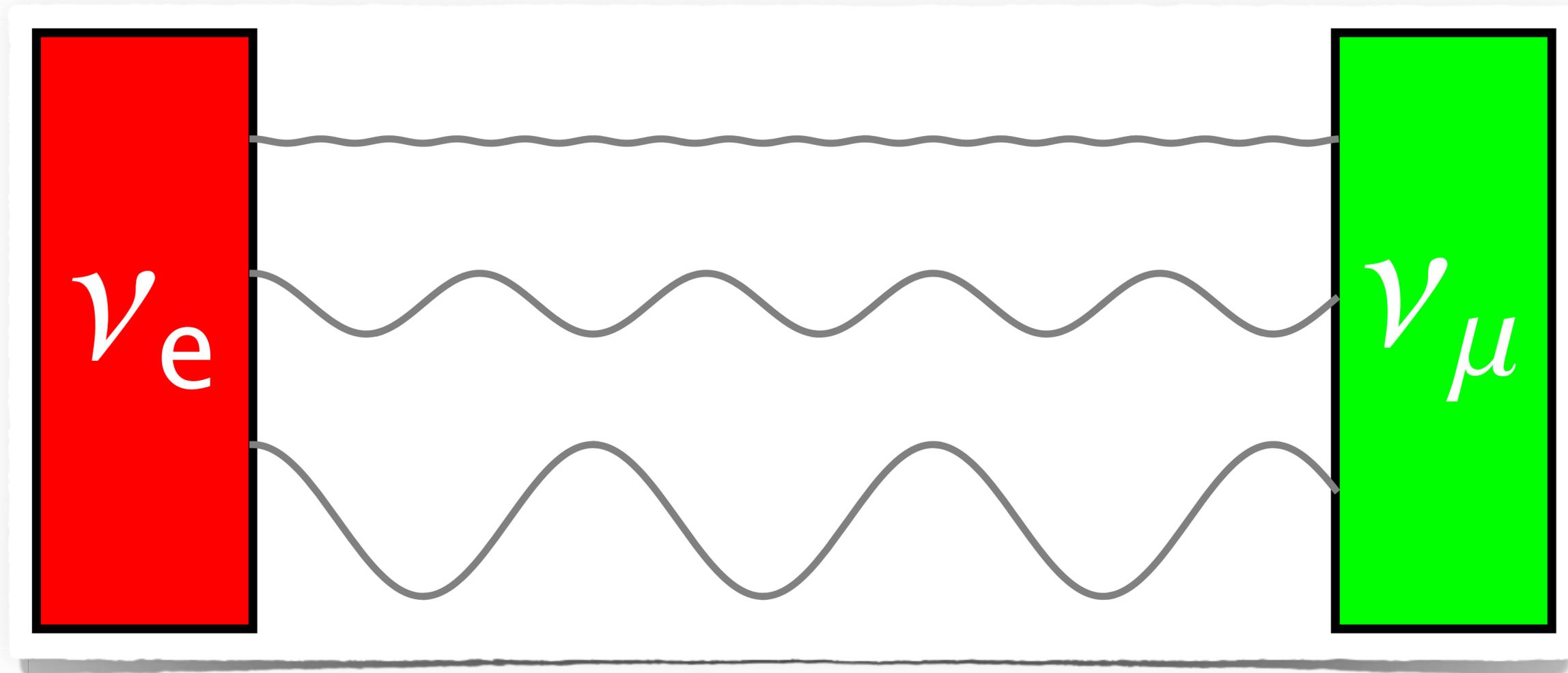
dunque, onde di neutrini di tipo diverso **si trasformano tra di loro**

teoria delle oscillazioni,
B. Pontecorvo
(1957 - 1967);
mescolamento neutrini,
Y. Katayama, K.
Matumoto, S. Tanaka, E.
Yamada (1962), Z.
Maki, M. Nakagawa, S.
Sakata (1962) M.
Nakagawa, H. Okonogi,
S. Sakata, A. Toyoda
(1963). **Premio Nobel**
in fisica 2015.



Pontecorvo

motivo: i neutrini hanno una massa, seppure piccolissima



dunque, onde di neutrini di tipo diverso **si trasformano tra di loro**



Pontecorvo

teoria delle oscillazioni, B. Pontecorvo (1957-1967); mescolamento neutrini, Y. Katayama, K. Matumoto, S. Tanaka, E. Yamada (1962), Z. Maki, M. Nakagawa, S. Sakata (1962) M. Nakagawa, H. Okonogi, S. Sakata, A. Toyoda (1963). **Premio Nobel in fisica 2015.**

materiale a supporto

sui greci

l'antica Grecia su terra e corpi celesti

Parmenide	<i>510/540 - 450 aC</i>	Terra sferica
Anassagora	<i>496 - 428 aC</i>	costituzione corpi celesti
Aristarco	<i>310 - 230 aC</i>	eliocentrismo
Eratostene	<i>267 - 194 aC</i>	misura accurata Terra
Ipparco	<i>190 - 120 aC</i>	trigonometria, astronomia

l'antica Grecia sulla materia

Empedocle	<i>V sec. aC</i>	pluralità elementi
Leucippo	<i>V sec. aC</i>	atomi (<i>arché</i>)
Euclide	<i>IV sec. aC</i>	ottica
Ctesibio	<i>III sec. aC</i>	pneumatica
Archimede	<i>287 - 212 aC</i>	idrostatica, meccanica
Filone	<i>280 - 220 aC</i>	meccanica, automi

chimica? - metallurgia, colori, corde e tessuti, tecnologie alimentari (reperimento, conservazione, distribuzione, trasformazione), medicina e farmacologia ...



Anassagora

di [Gianni Stabile](#) - [Enciclopedia Dantesca \(1970\)](#)

Crea un ebook con questa voce | Scaricalo ora (0)

Condividi   

Anassagora. - Filosofo greco, nato a Clazomene tra il 500 e il 496 a.C. Ad Atene, dove si era trasferito, entrò in contatto con Socrate e fu maestro di Euripide e Pericle, per la cui amicizia fu coinvolto in un processo (432 circa). Accusato di empietà per aver sostenuto che Luna e Sole non erano divinità, ma terra e pietra, fu condannato, riuscendo però a riparare a Lampsaco,

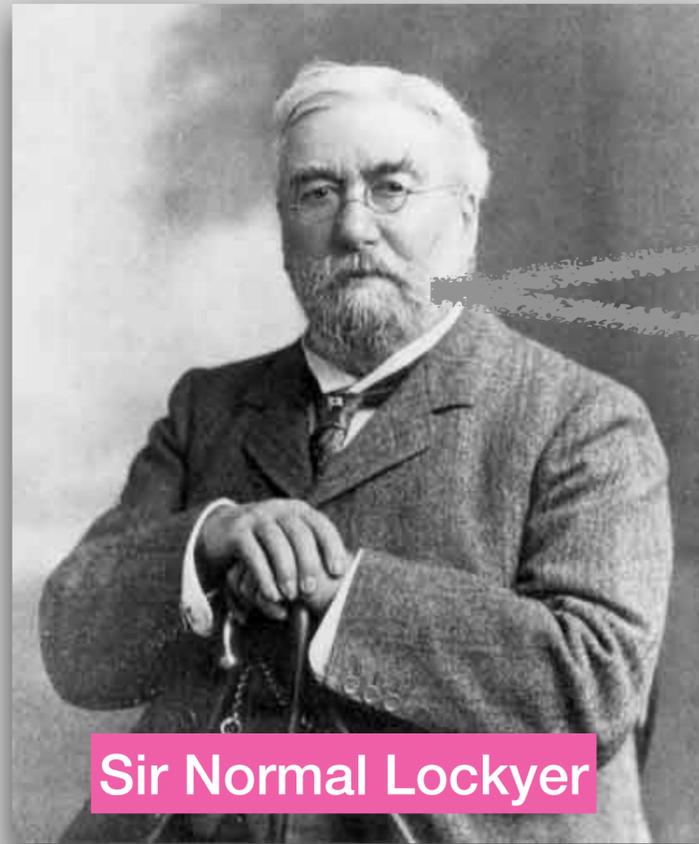
“È ORA DI METTER SUL BANCO DEGLI ACCUSATI I NOSTRI MODERNI SAPIENTI

SE ANCHE NOI ESIBISSIMO LE PROVE DELL'ESISTENZA DEGLI DÈI, CITANDO AD ESEMPIO DI REALTÀ DIVINE IL SOLE, LA LUNA, GLI ASTRY E LA TERRA,

I SEGUACI DI QUEI SAPIENTONI CI RIBATTEREBBERO CHE QUESTE COSE NON SON ALTRO CHE TERRA E PIETRA”

[PLATONE, LEGGI]

Lockyer & Kelvin



Sir Norman Lockyer

METEORITIC HYPOTHESIS

A STATEMENT OF THE
RESULTS OF A SPECTROSCOPIC INQUIRY INTO
THE ORIGIN OF COSMICAL SYSTEMS

Joseph

BY

J. NORMAN LOCKYER, F.R.S. ✓

CORRESPONDANT OF THE INSTITUTE OF FRANCE; THE SOCIETY FOR THE PROMOTION OF NATIONAL
INDUSTRY OF FRANCE; THE ROYAL ACADEMY OF SCIENCE, GÖTTINGEN; THE FRANKLIN
INSTITUTE, PHILADELPHIA; THE ROYAL MEDICAL SOCIETY OF BRUSSELS;
SOCIETA SPETTROCOPISTI ITALIANI; THE ROYAL ACADEMY OF
PALERMO; AND NATURAL HISTORY SOCIETY OF GENEVA;
MEMBER OF THE ROYAL ACADEMY OF LYNCEI, ROME; AND THE AMERICAN
PHILOSOPHICAL SOCIETY, PHILADELPHIA;
HONORARY MEMBER OF THE ACADEMY OF NATURAL SCIENCE OF CANTANIA, PHILOSOPHICAL SOCIETY
OF YORK, LITERARY AND PHILOSOPHICAL SOCIETY OF MANCHESTER, AND
LEHIGH UNIVERSITY;
MEMBER OF THE COMMITTEE ON SOLAR PHYSICS;
PROFESSOR OF ASTRONOMICAL PHYSICS IN THE NORMAL SCHOOL OF SCIENCE

London
MACMILLAN AND CO.

AND NEW YORK

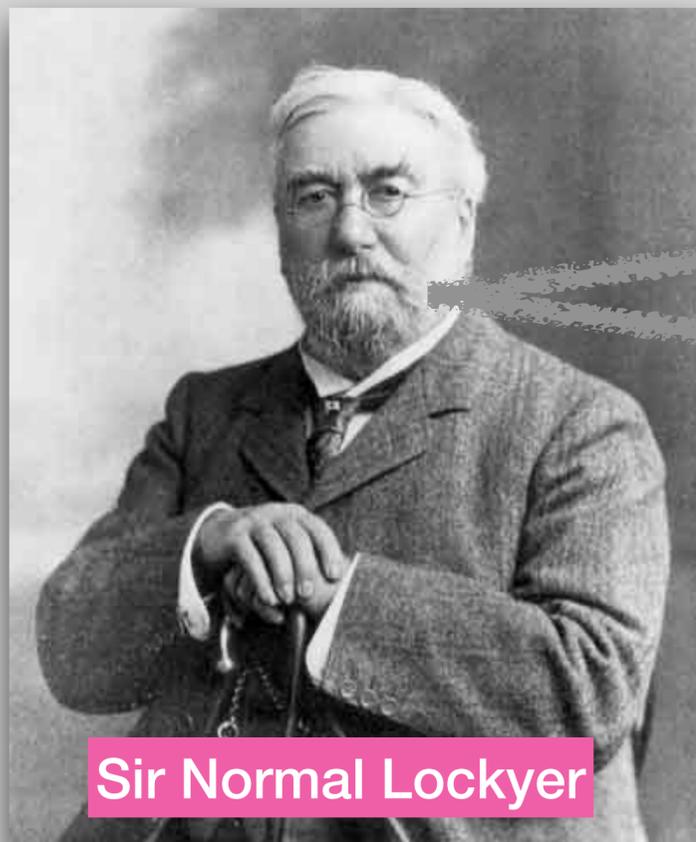
1890 ✓ ✓

All rights reserved

[Lockyer]...

a volte scorda
che è l'editore,
non l'autore di
Nature.

James Whitbread Lee
Glaisher



Sir Norman Lockyer

METEORITIC HYPOTHESIS

A STATEMENT OF THE

RESULTS OF A SPECTROSCOPIC INQUIRY INTO
THE ORIGIN OF COSMICAL SYSTEMS

Joseph

BY

J. NORMAN LOCKYER, F.R.S. ✓

CORRESPONDANT OF THE INSTITUTE OF FRANCE; THE SOCIETY FOR THE PROMOTION OF NATIONAL
INDUSTRY OF FRANCE; THE ROYAL ACADEMY OF SCIENCE, GÖTTINGEN; THE FRANKLIN
INSTITUTE, PHILADELPHIA; THE ROYAL MEDICAL SOCIETY OF BRUSSELS;
SOCIETA SPECTROSCOPISTI ITALIANI; THE ROYAL ACADEMY OF
PALERMO; AND NATURAL HISTORY SOCIETY OF GENEVA;
MEMBER OF THE ROYAL ACADEMY OF LYNCEI, ROME; AND THE AMERICAN
PHILOSOPHICAL SOCIETY, PHILADELPHIA;
HONORARY MEMBER OF THE ACADEMY OF NATURAL SCIENCE OF CANTANIA, PHILOSOPHICAL SOCIETY
OF YORK, LITERARY AND PHILOSOPHICAL SOCIETY OF MANCHESTER, AND
LEHIGH UNIVERSITY;
MEMBER OF THE COMMITTEE ON SOLAR PHYSICS;
PROFESSOR OF ASTRONOMICAL PHYSICS IN THE NORMAL SCHOOL OF SCIENCE

London

MACMILLAN AND CO.

AND NEW YORK

1890 ✓ ✓

All rights reserved

[Published: 16 May 1936](#)

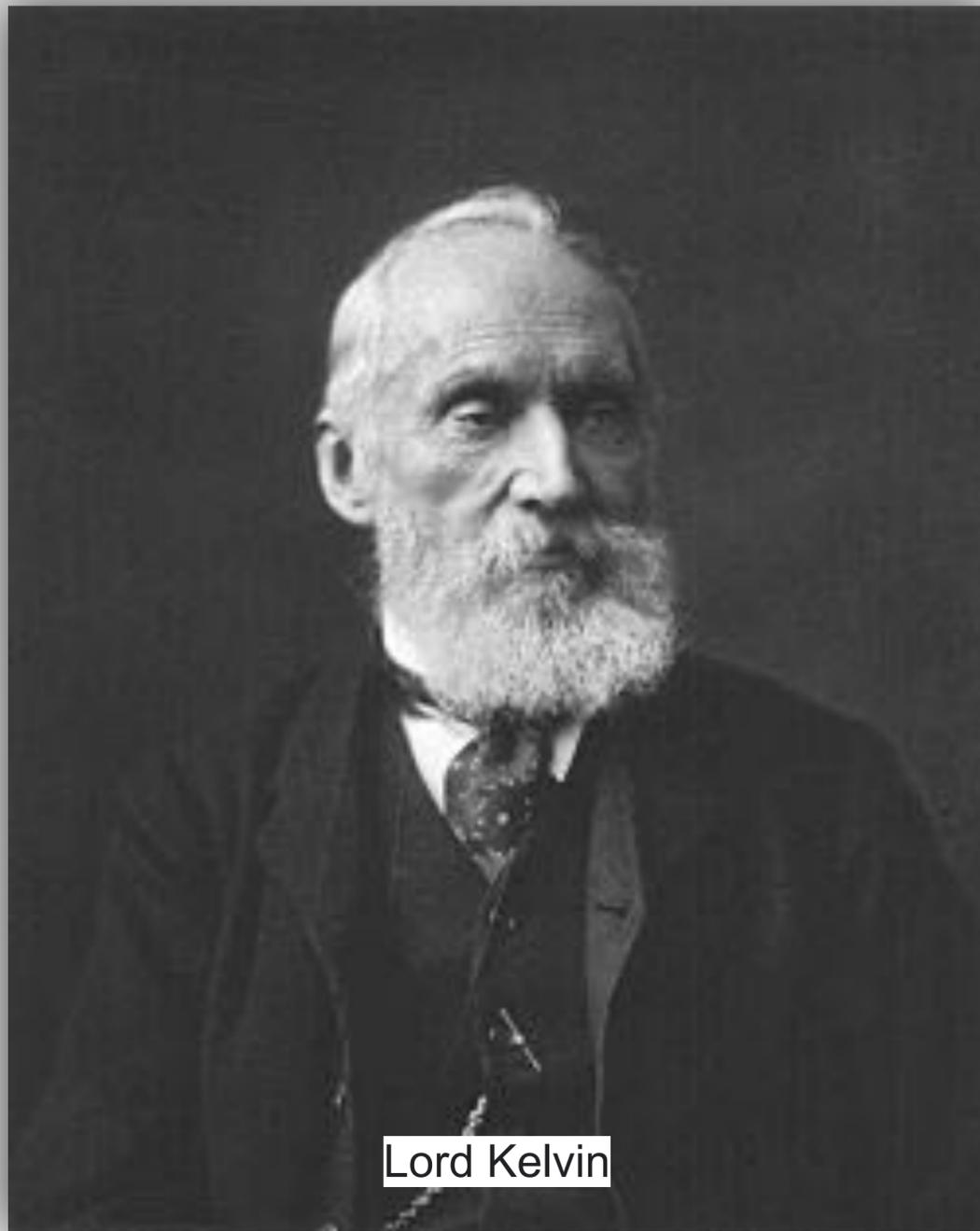
Sir Norman Lockyer, 1836–1920

[Nature](#) 137, 809 (1936) [Cite this article](#)

620 Accesses | [Metrics](#)

Abstract

No centenary can be mentioned more appropriately in NATURE than that of Sir Norman Lockyer, who founded this journal in 1869. Joseph Norman Lockyer was born at Rugby on May 17, 1836, so that the centenary of his birth falls on Sunday next. Throughout his career he

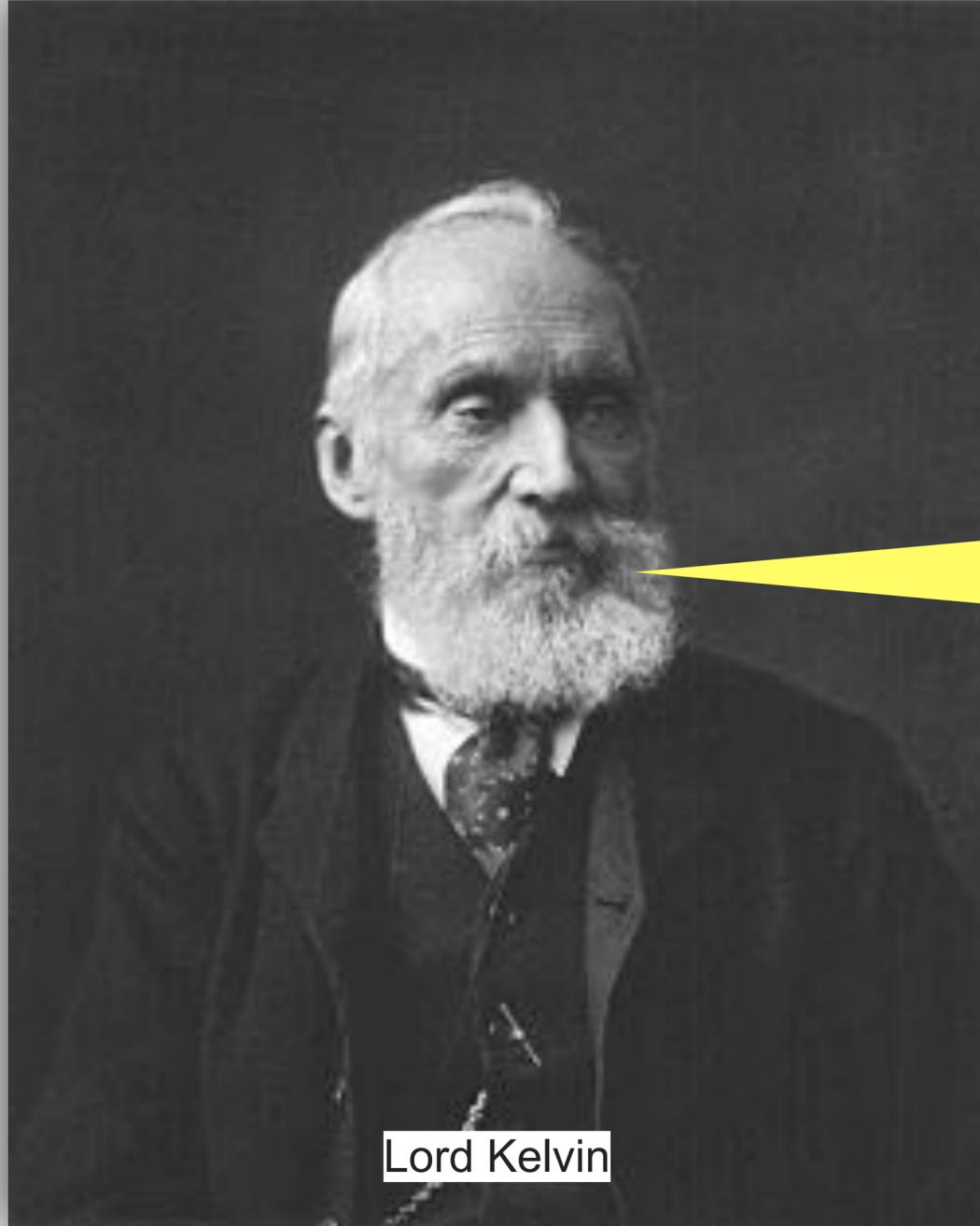


Lord Kelvin

Uno dei più strenui difensori dell'ipotesi meteoritica fu William Thomson (Lord Kelvin)

Egli riteneva che comete e meteore fossero la ragione della energia solare.

In questo modo, poteva giustificare una durata per qualche decina di milioni di anni

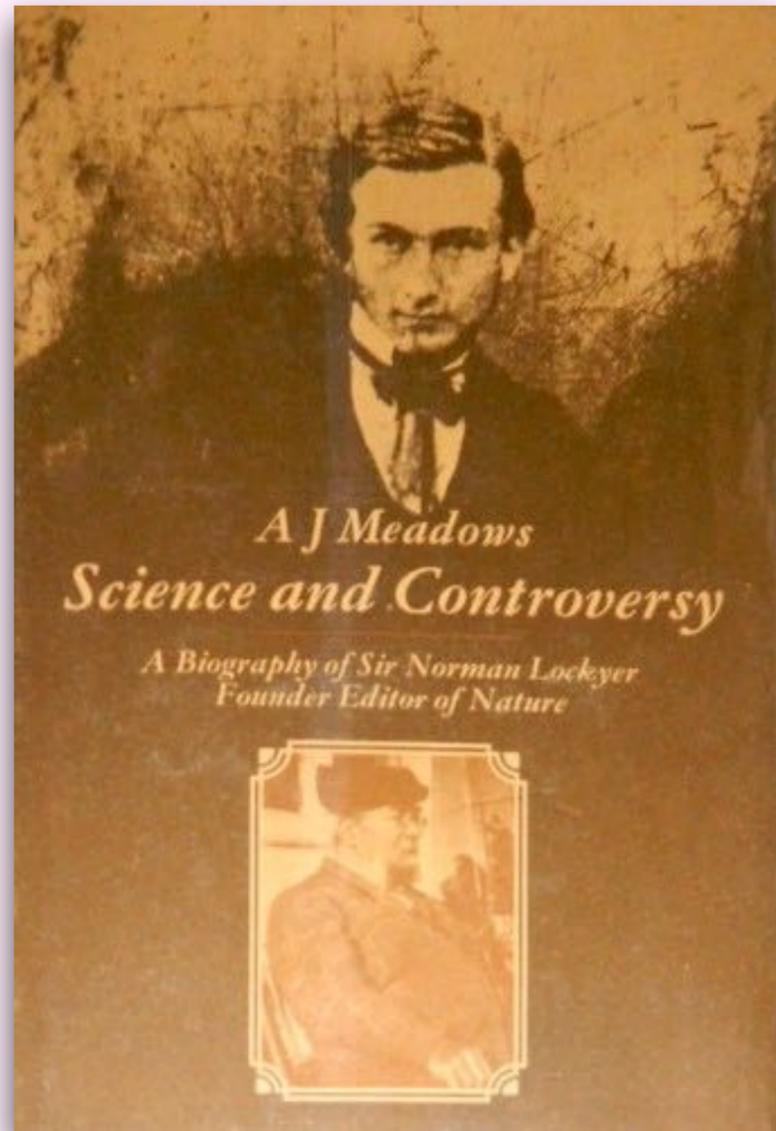


Lord Kelvin

Si può a malapena dubitare che qualche forma della teoria delle meteoriti sia la **vera e completa** spiegazione del calore solare:

- 1) Non ci son altre spiegazioni naturali concepibili, se non l'azione chimica.
- 2) L'azione chimica più efficiente basta solo per 3000 anni.
- 3) Non c'è difficoltà a raggiungere 20 milioni di anni con la teoria delle meteoriti.

Cosa dovremmo pensare quindi di **quelli** che credono che la Terra abbia almeno 300 milioni di anni, che servirebbero per “denudare gli strati geologici dello Weald”?

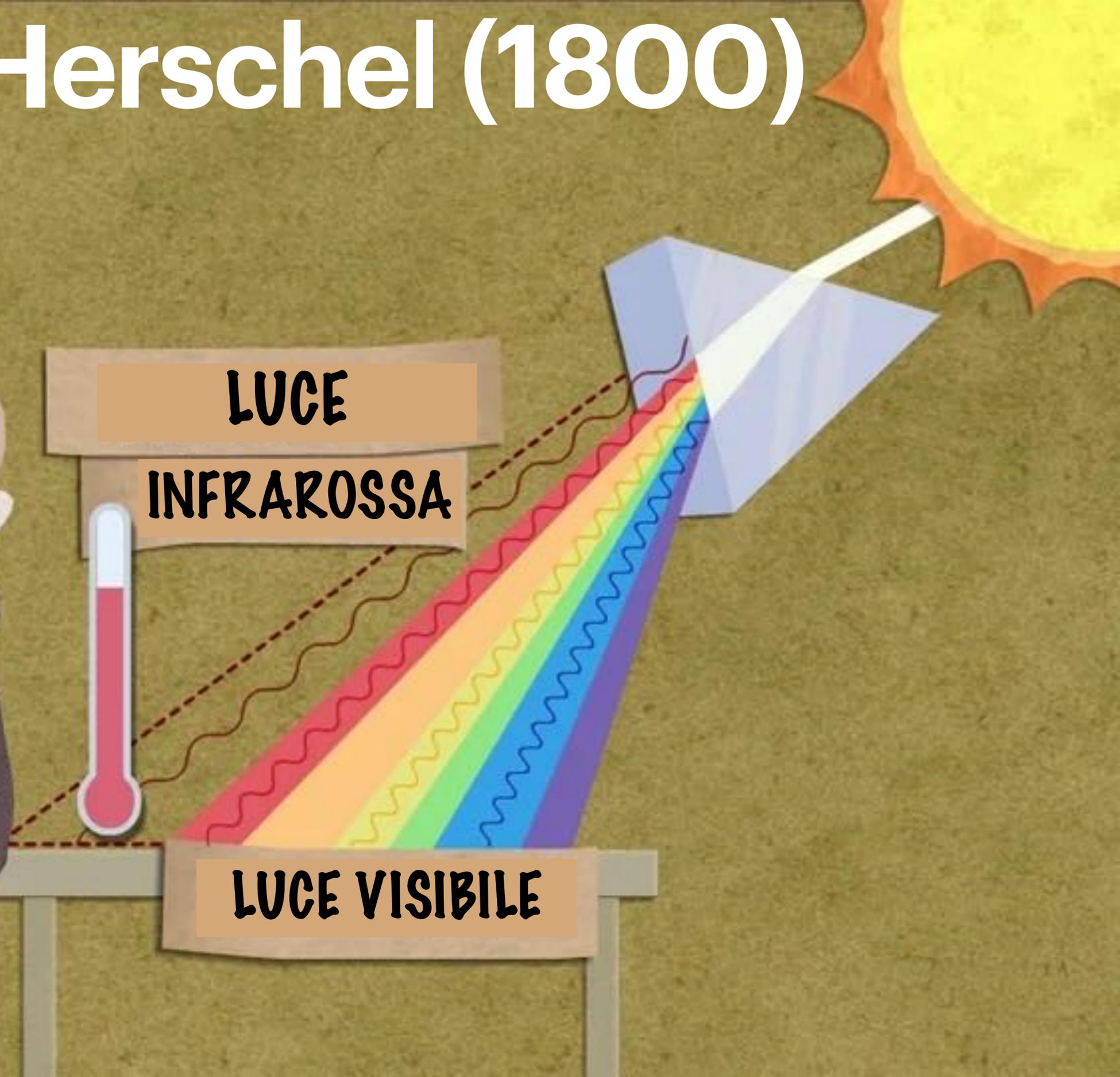


Lockyer, of course, was delighted with Rutherford's experimental demonstrations that one element could break down into another. His response here differed from that of some other members of his generation, who found it all rather difficult to digest. Thus Lord Kelvin refused to accept the idea of radioactive decay right up to his death in 1907. In 1903, Kelvin and Lockyer sat next to each other at a dinner, and during the speeches exchanged the following notes on the back of a menu.

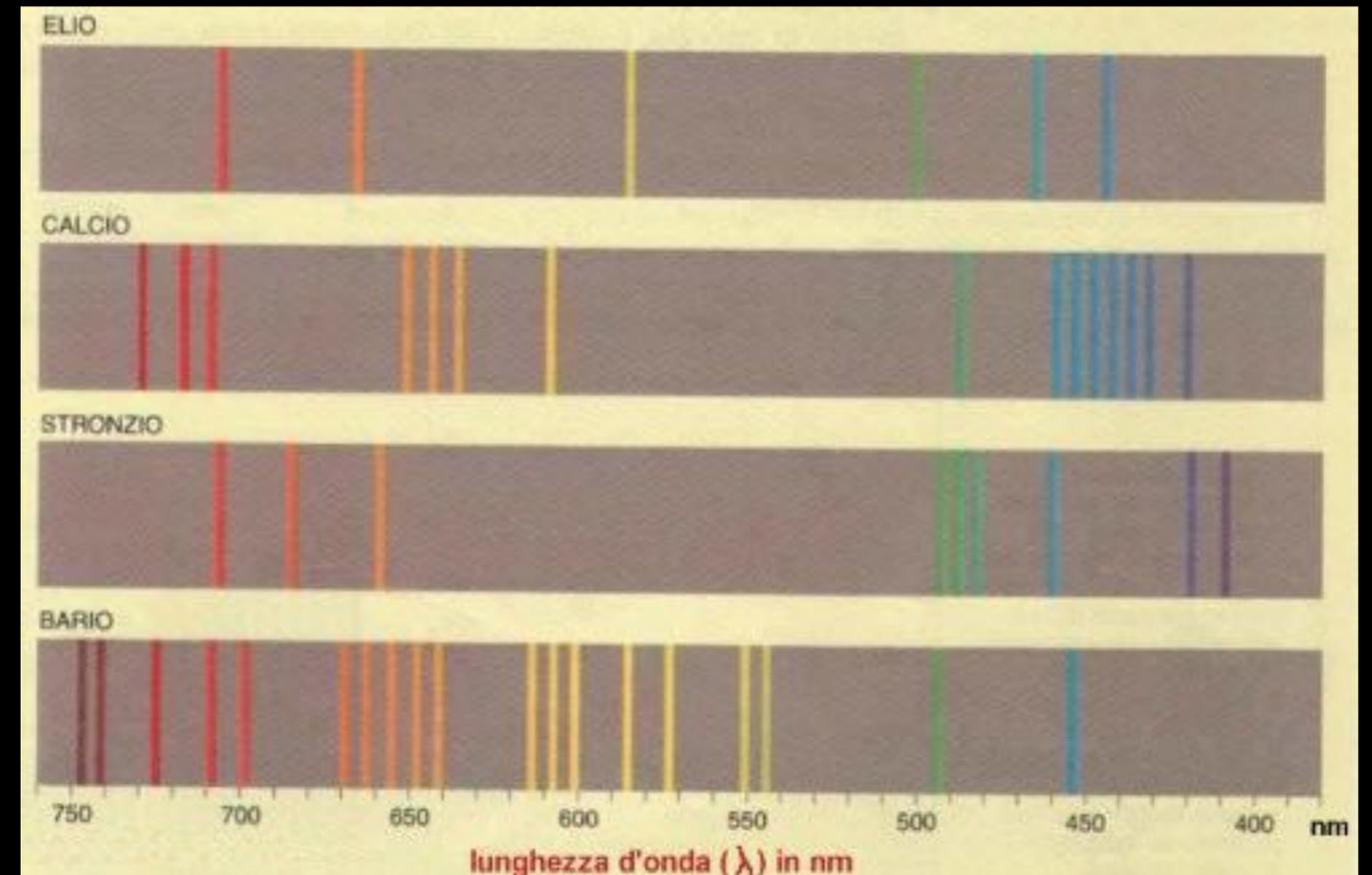
- Kelvin* I believe the atoms are durable, unchanged for ever—Don't you?
Lockyer Do you mean the atoms of helium into which Radium is resolving itself?
Kelvin I don't believe any atom resolves itself into others.
Lockyer Both Rutherford and Ramsay have told me today that some of the 'rays' of radium are composed of helium.
Kelvin I don't believe them.⁷

sulla spettroscopia

William Herschel (1800)



linee di emissione / assorbimento



sugli elementi del Sole

idrogeno

Paracelso (~1500) van Mayerne (1620) Boyle (1671) combinano acidi+metalli

1766: **Cavendish** lo identifica come elemento; bruciandolo trova acqua (1781)

1783: **Lavoisier e Laplace** propongono di chiamarlo “generatore d’acqua”

1815: **Prout** sostiene che è l’elemento più semplice e fondamentale

1913: **Bohr** lo usa come “stele di Rosetta” per capire l’atomo

1925: **Cecilia Payne** mostra che è la sostanza più comune **nel Sole**

1948: **Alpher, Bethe, Gamow**: la nucleosintesi primordiale parte dall’idrogeno



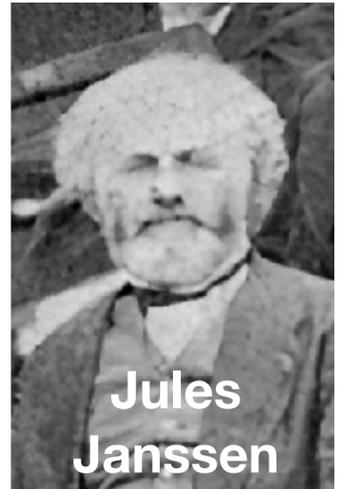
Henry Cavendish



Cecilia Payne-Gaposchkin

elio

1868: **Janssen** osserva una nuova linea nello spettro solare



1868: **Lockyer, Frankland** chiamano l'elemento col nome greco del Sole

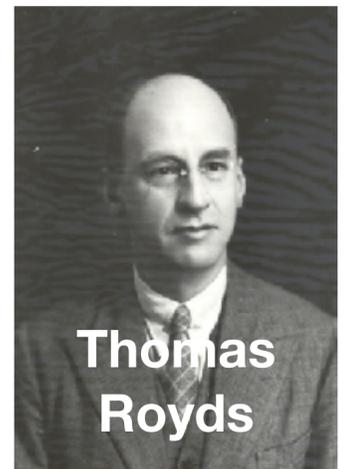
1881: **Luigi Palmieri** rivela quella linea nella lava incandescente del Vesuvio



1895: **Ramsey** rinviene l'elio in un minerale dell'uranio

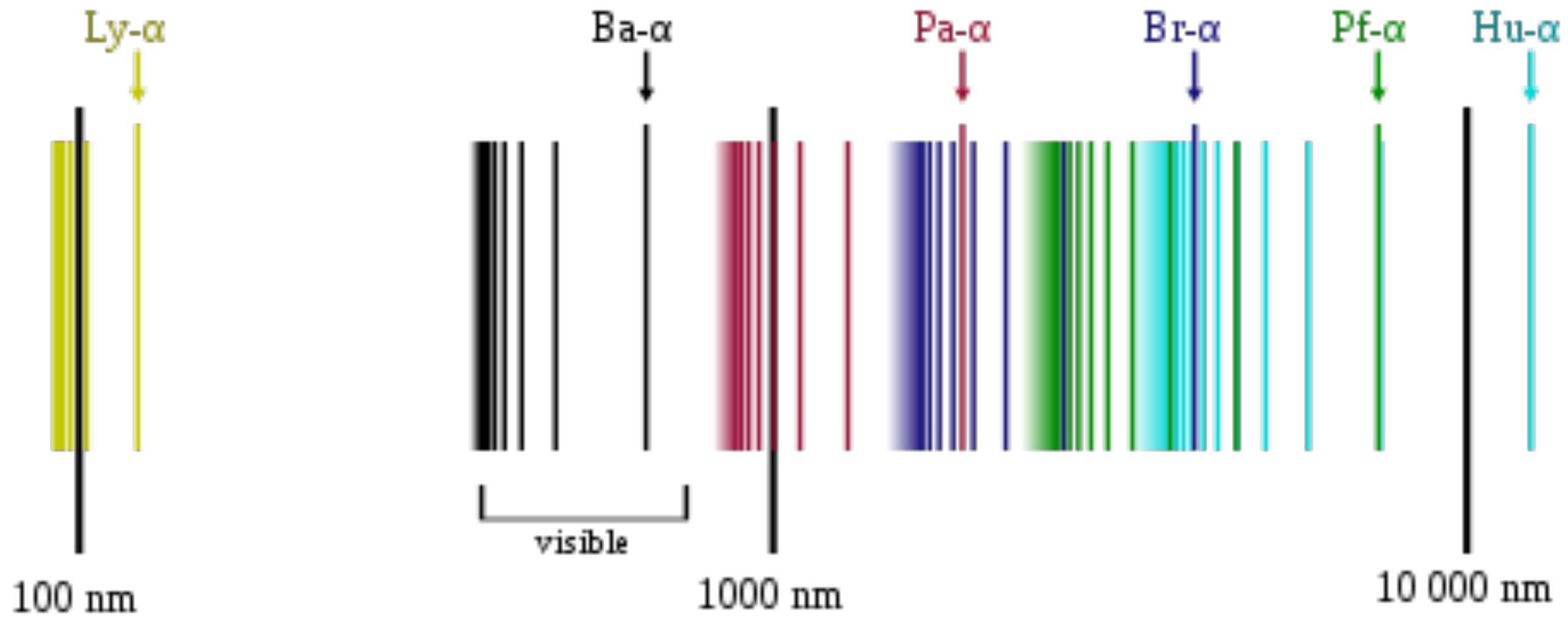
1895: **Cleve e Langlet** ne misurano il peso atomico

1907: **Rutherford e Royds** dimostrano che i raggi α sono nuclei di elio

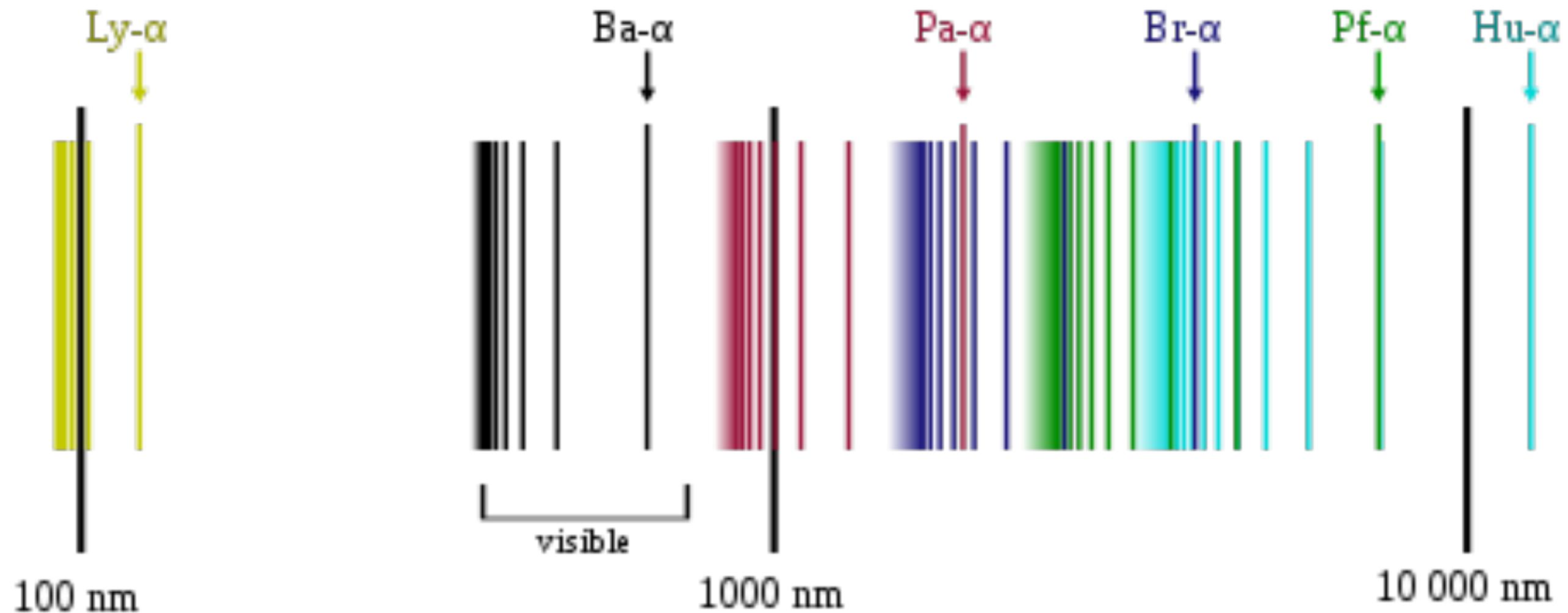


sugli spettri

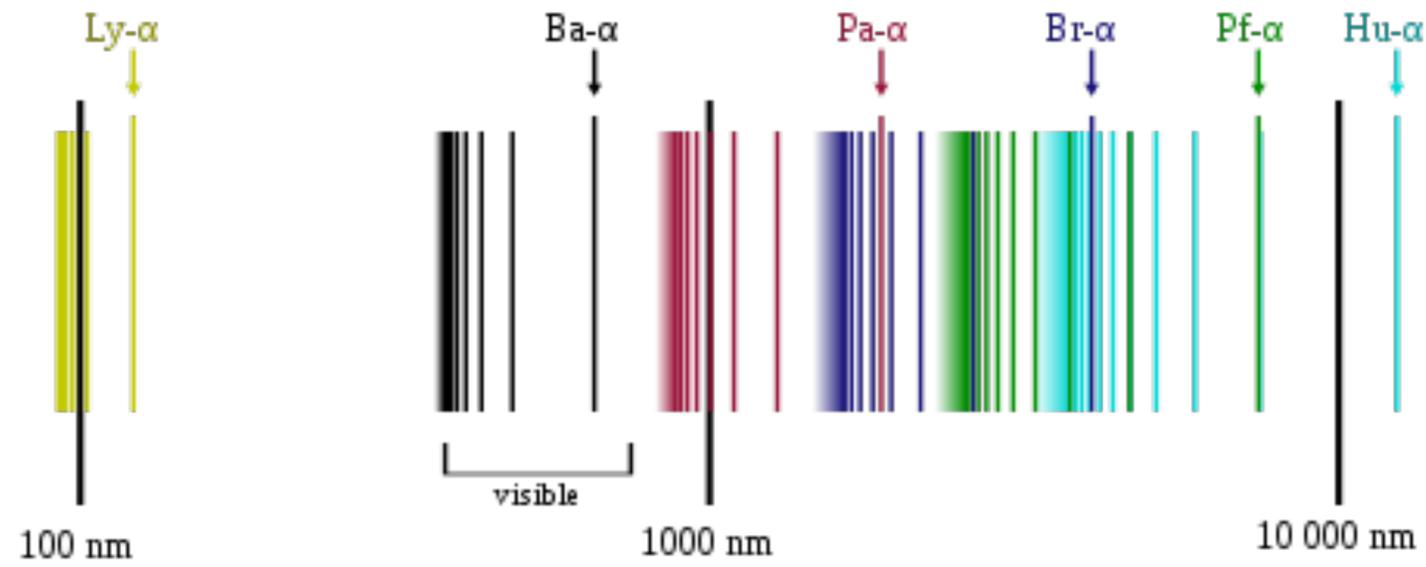
lo spettro dell'idrogeno



lo spettro dell'idrogeno

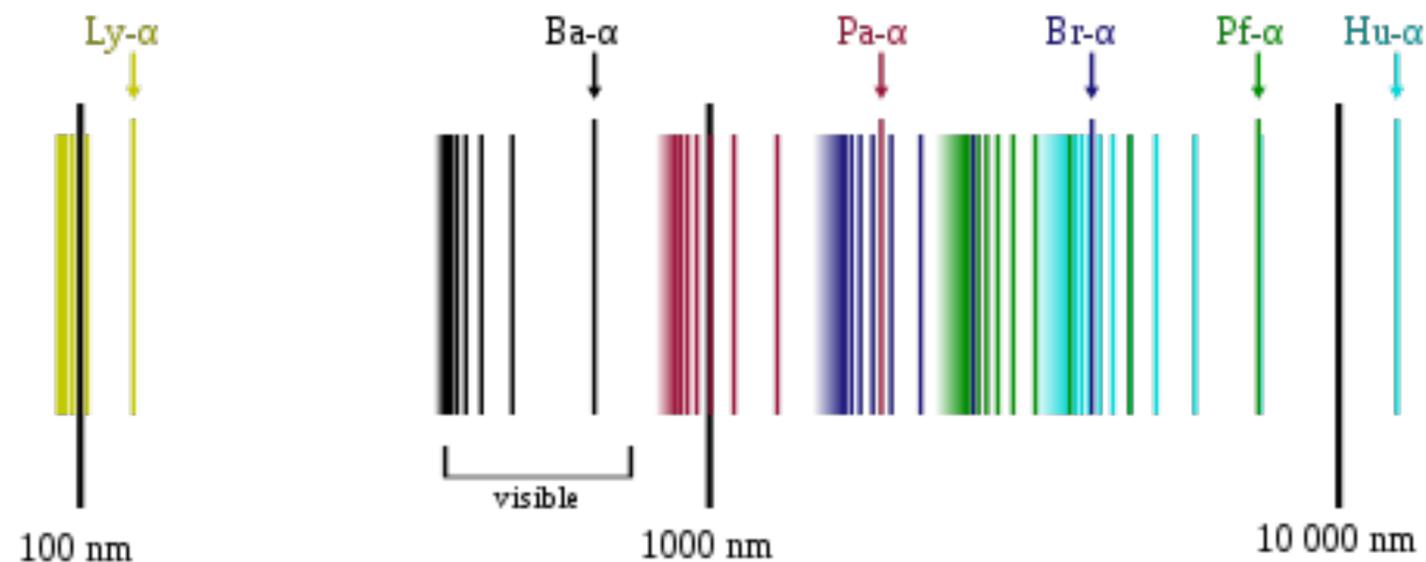


tutte le lunghezze d'onda λ e le frequenze f che l'idrogeno emette e assorbe obbediscono una curiosa legge empirica, che descrive le osservazioni di Lyman, Balmer, Paschen, Brackett, Pfund, Humphreys, ecc



$$f = 3.3 \times 10^{15} \text{ Hz} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

la legge di Rydberg (1888)



$$f = 3.3 \times 10^{15} \text{ Hz} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

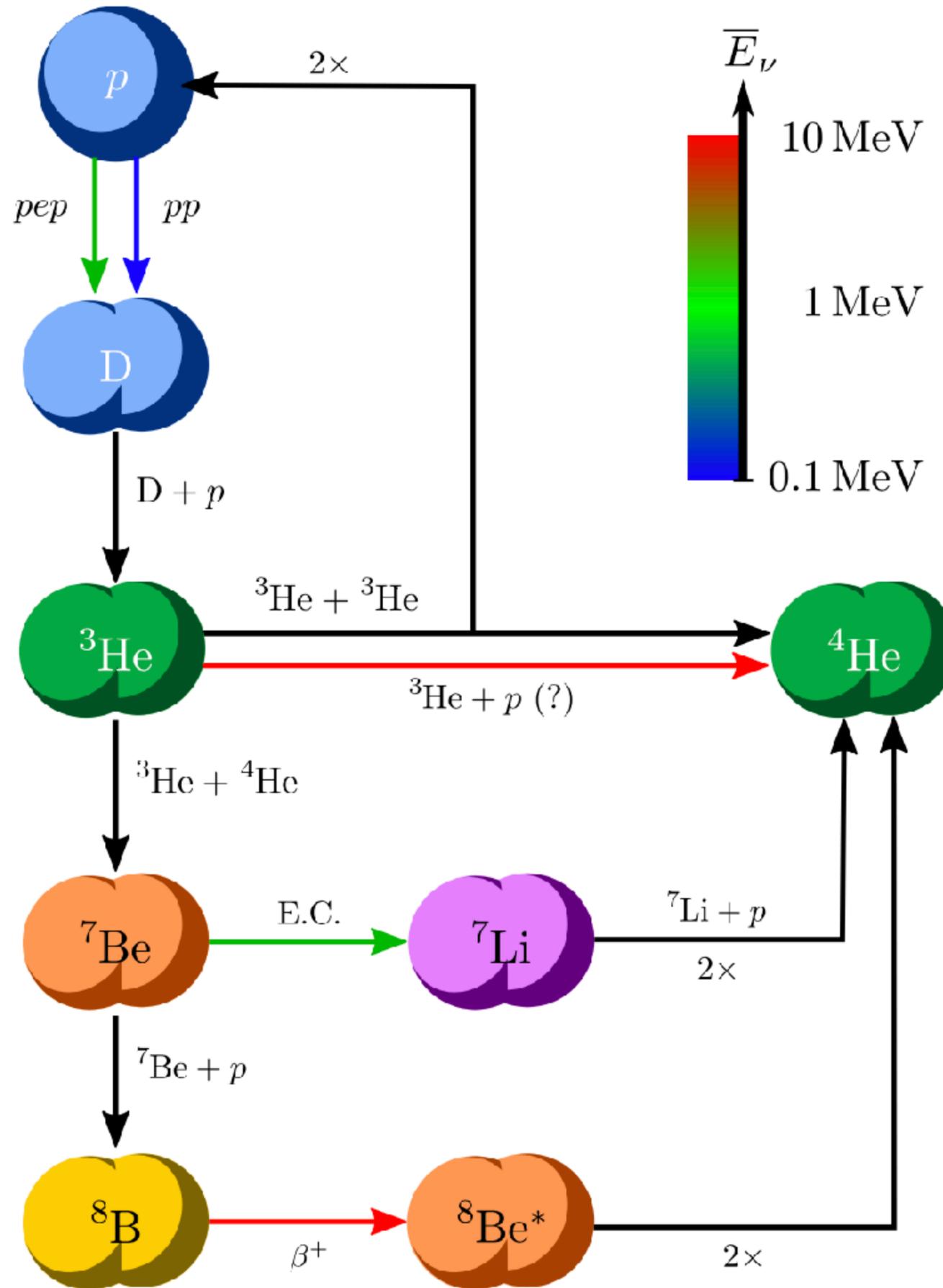
la legge di Rydberg (1888)

La versione originaria riguarda l'inverso della lunghezza d'onda, $1/\lambda$, ma $c = \lambda/T = \lambda * f$.

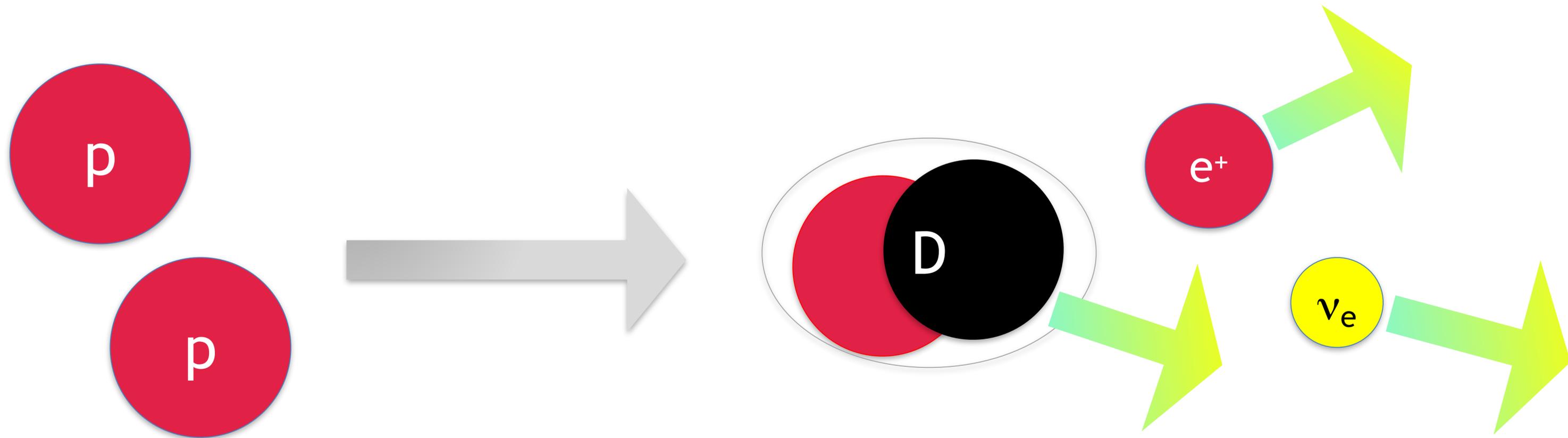
sui neutrini

la catena pp

il codice dei colori nelle frecce (inserto in alto a dx) indica le energie dei neutrini corrispondenti



2 nuclei di idrogeno si combinano formando deuterio



la massa in eccesso, circa 0.7%, si converte in energia

(risultati pubblicati sulle riviste più blasonate)

nature

[Explore content](#) ▾ [About the journal](#) ▾ [Publish with us](#) ▾ [Subscribe](#)

[nature](#) > [articles](#) > article

[Published: 27 August 2014](#)

Neutrinos from the primary proton–proton fusion process in the Sun

[Borexino Collaboration](#)

[Nature](#) **512**, 383–386 (2014) | [Cite this article](#)

15k Accesses | 211 Citations | 399 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

In the core of the Sun, energy is released through sequences of nuclear reactions that convert hydrogen into helium. The primary reaction is thought to be the fusion of two protons with

nature

[Explore content](#) ▾ [About the journal](#) ▾ [Publish with us](#) ▾

[nature](#) > [articles](#) > article

Article | [Published: 25 November 2020](#)

Experimental evidence of neutrinos produced in the CNO fusion cycle in the Sun

[The Borexino Collaboration](#)

[Nature](#) **587**, 577–582 (2020) | [Cite this article](#)

12k Accesses | 63 Citations | 902 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

For most of their existence, stars are fuelled by the fusion of hydrogen into helium. Fusion proceeds via two processes that are well understood theoretically: the proton–proton (*pp*)

motivo: i neutrini hanno una massa, seppure piccolissima

