

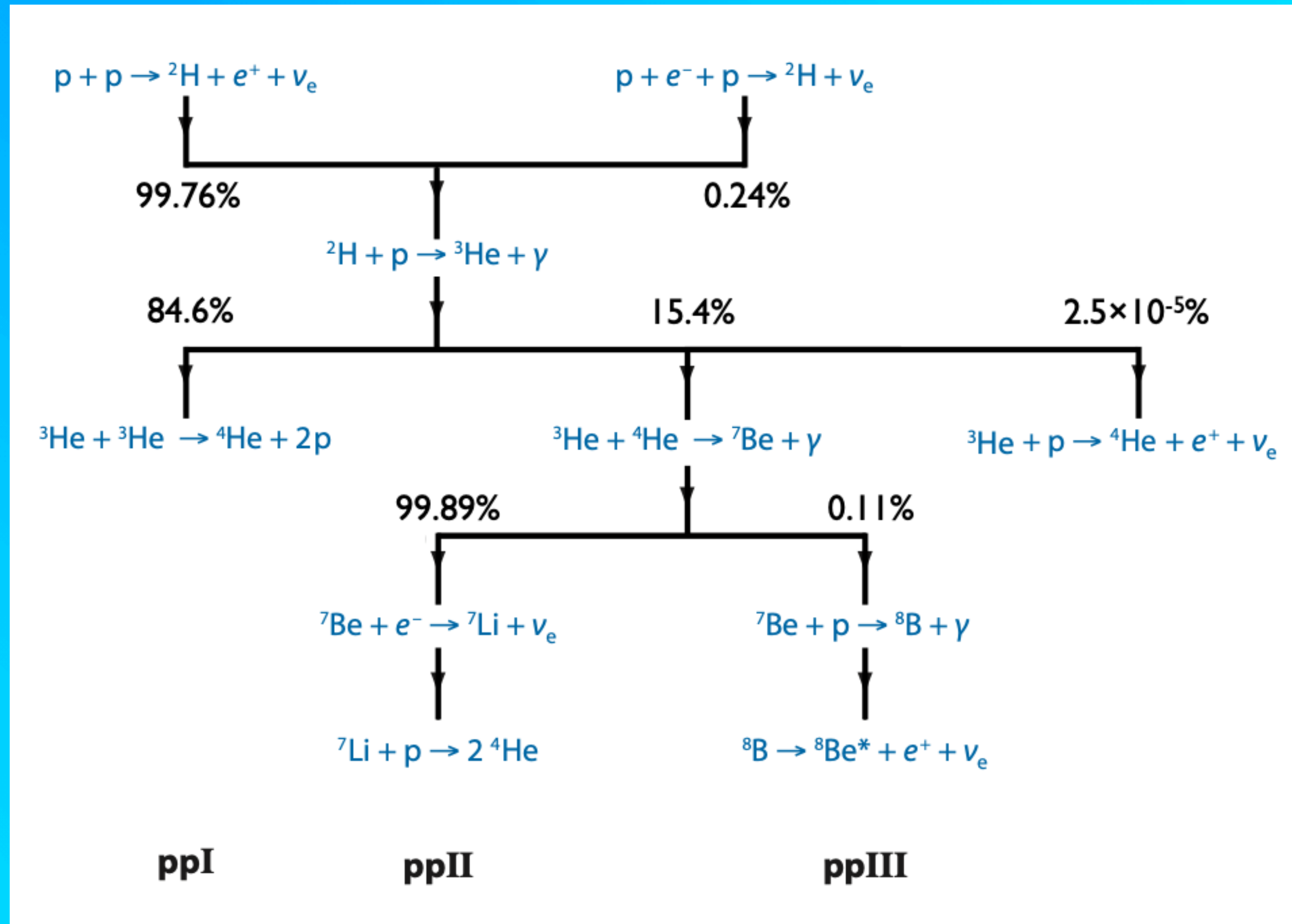
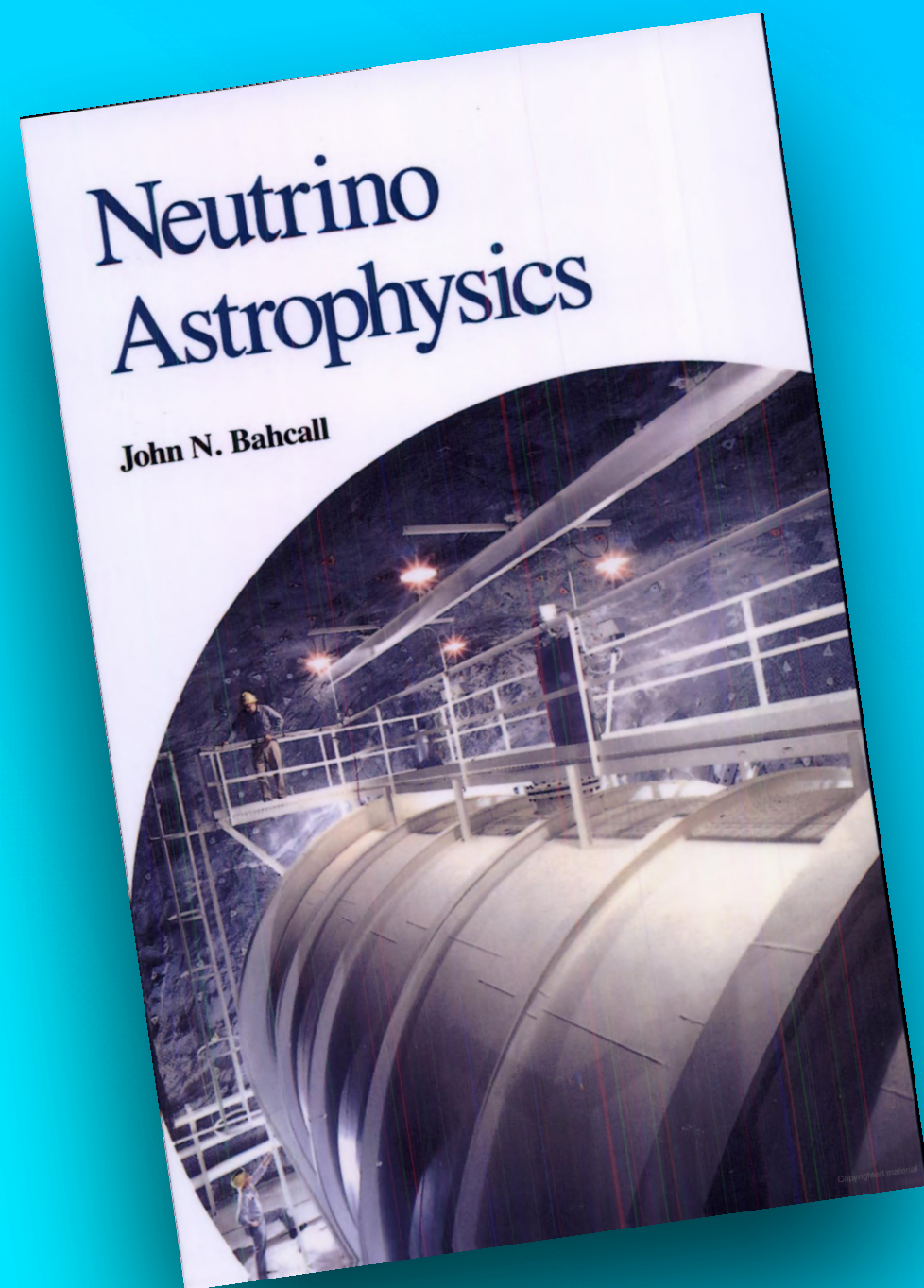


Gianpaolo Bellini: 90 anni di scienza

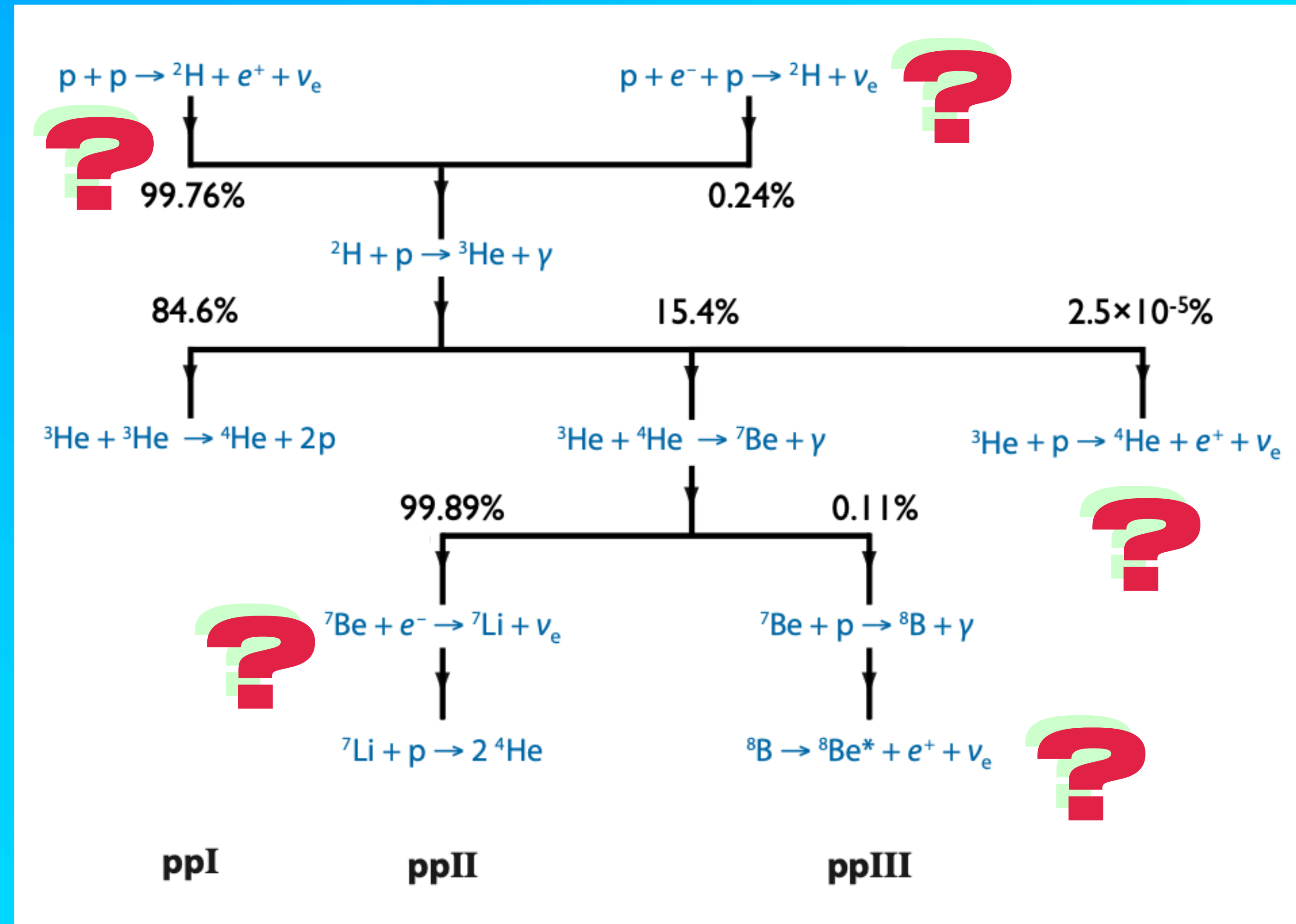
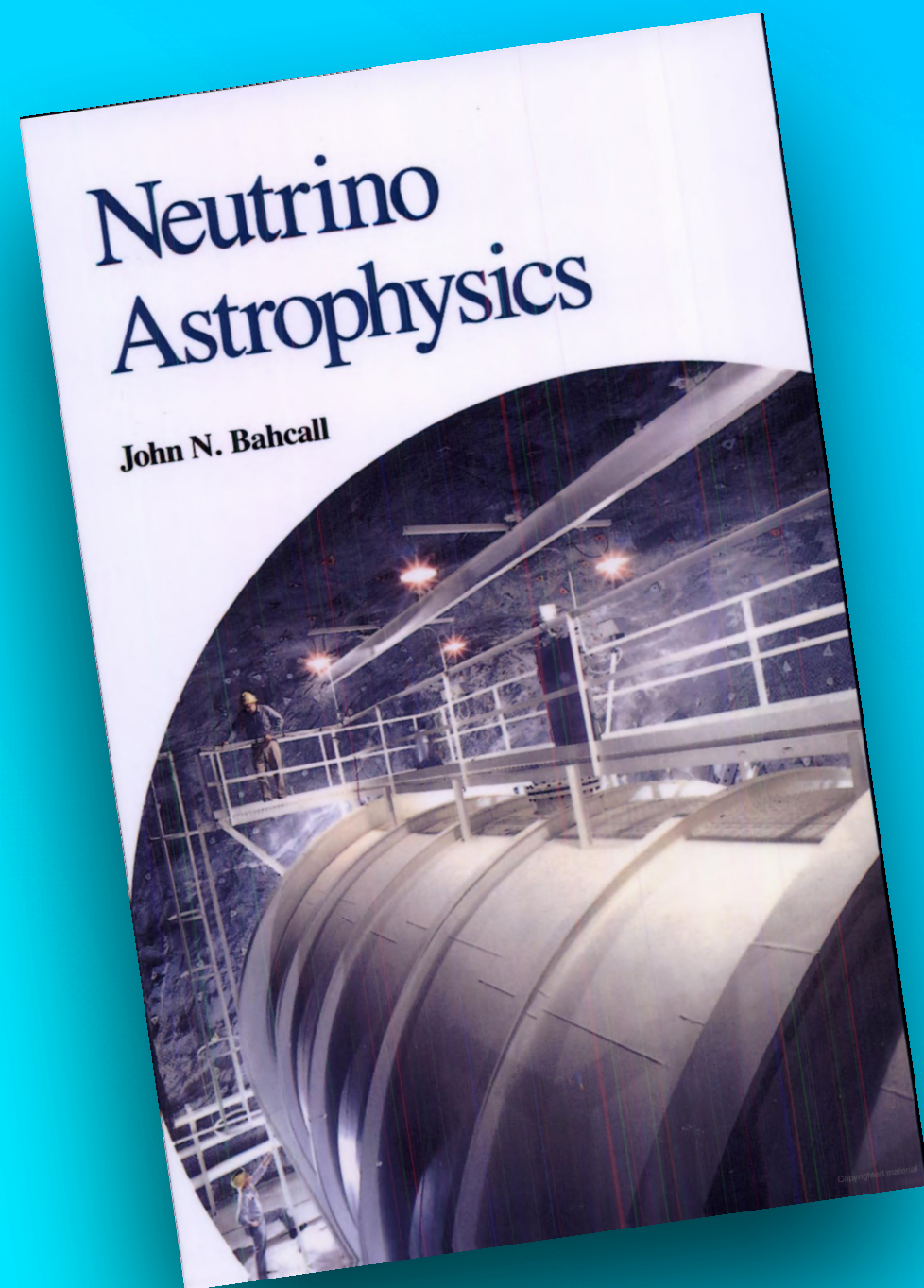
Una storia di dedizione e di successo: Gianpaolo Bellini e la lunga caccia ai neutrini solari

Francesco Vissani, Laboratori Nazionali del Gran Sasso

domande della teoria (dello SSM)

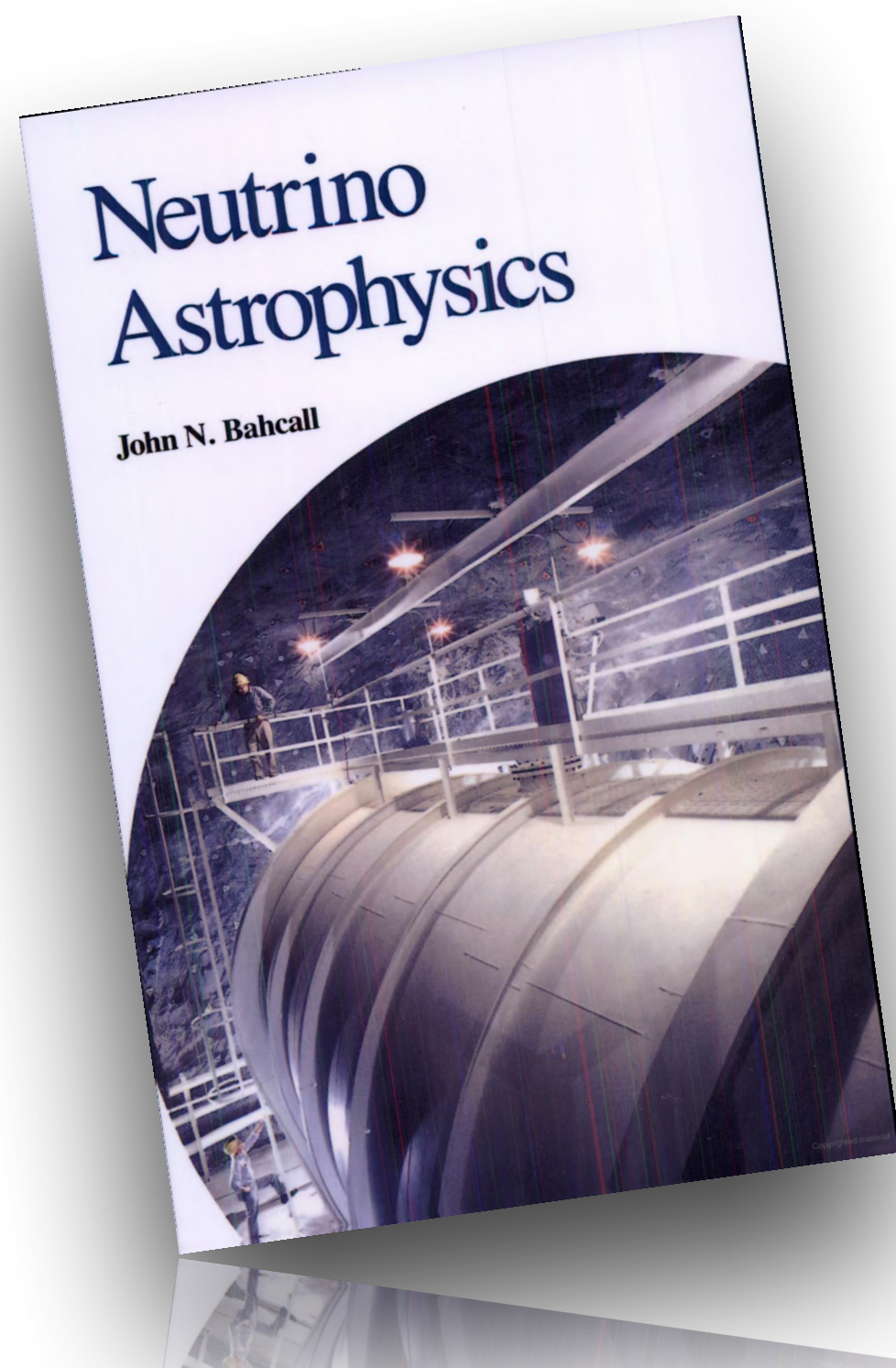
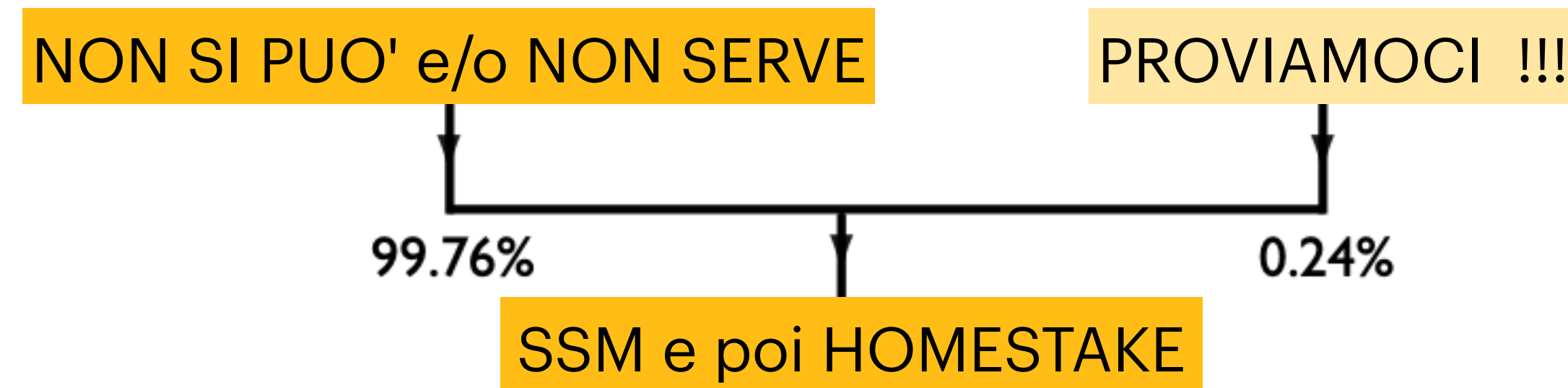


domande della teoria (dello SSM)



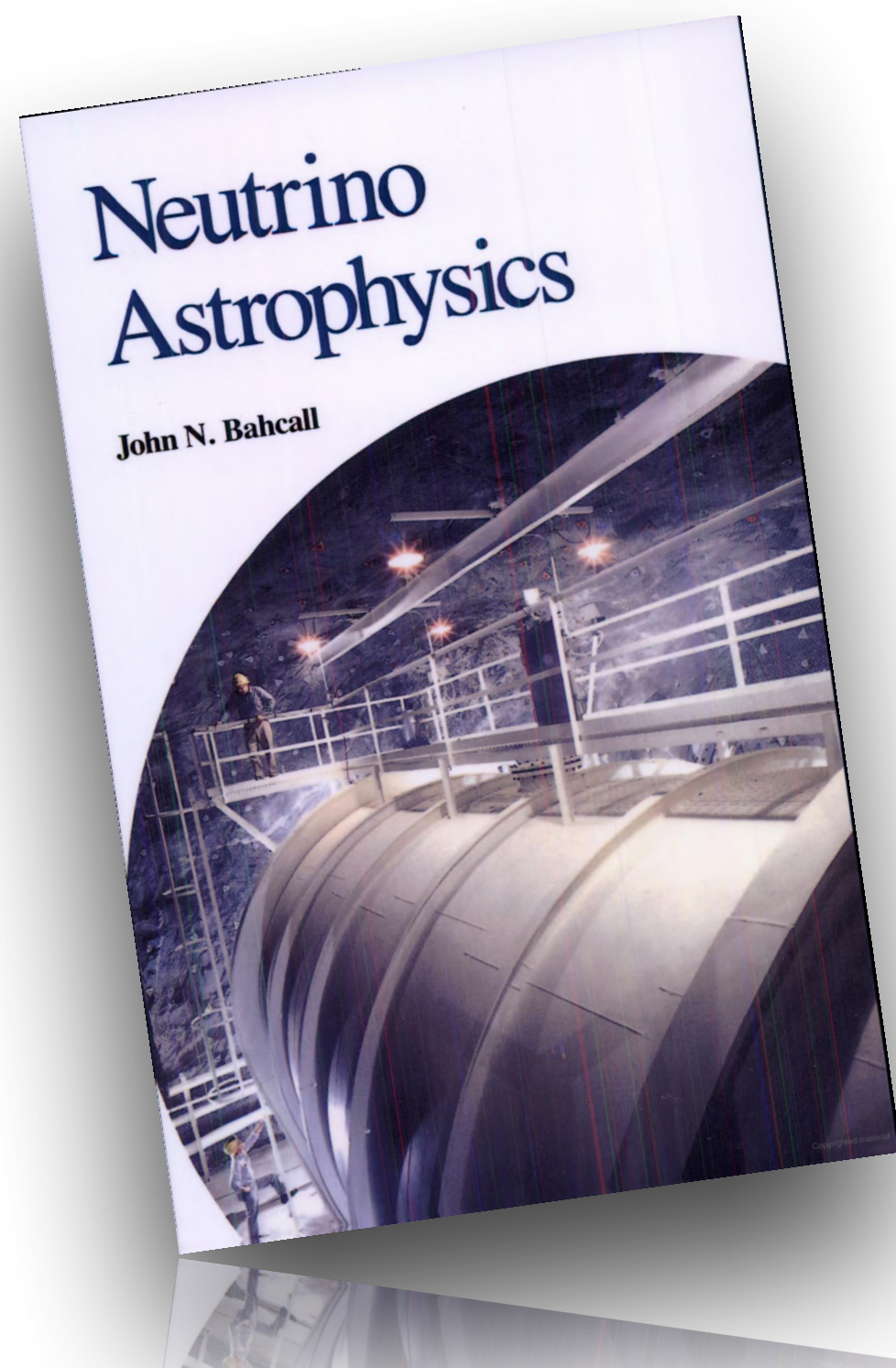
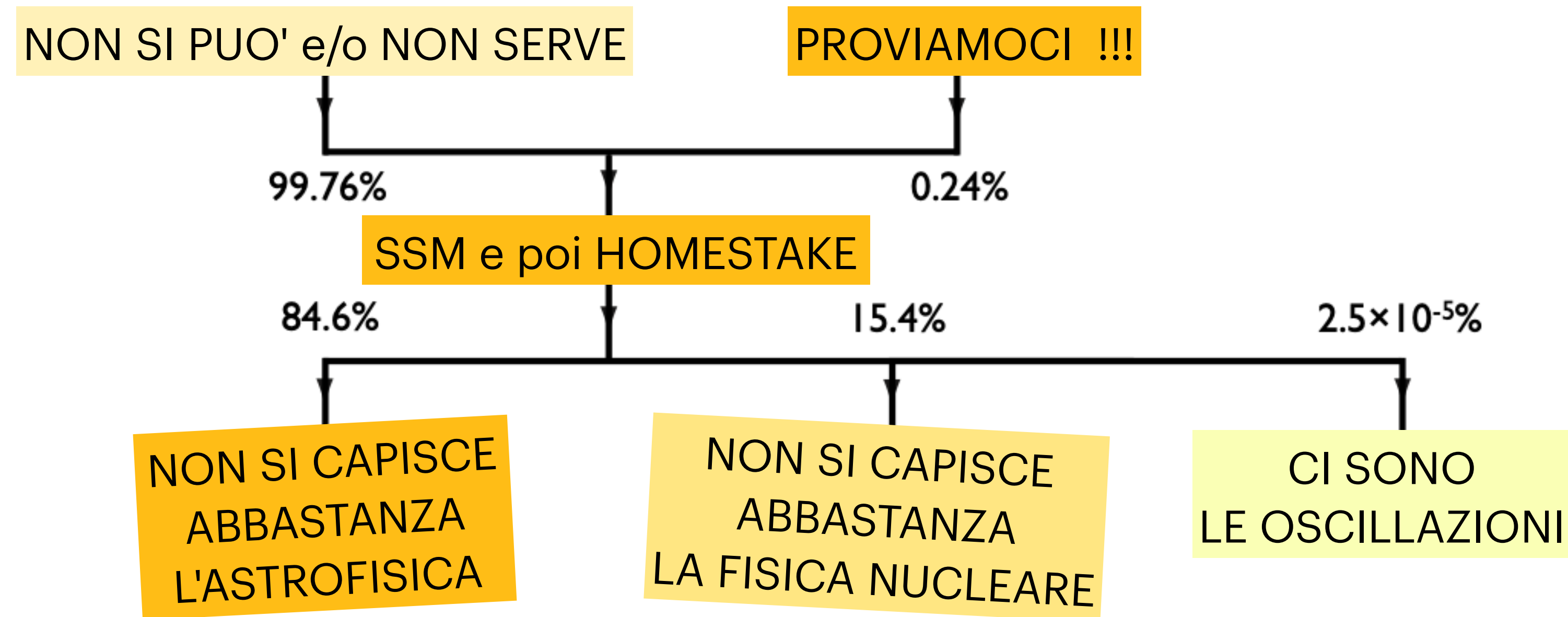
i primi 30 anni della ricerca dei neutrini solari

(anni 60)



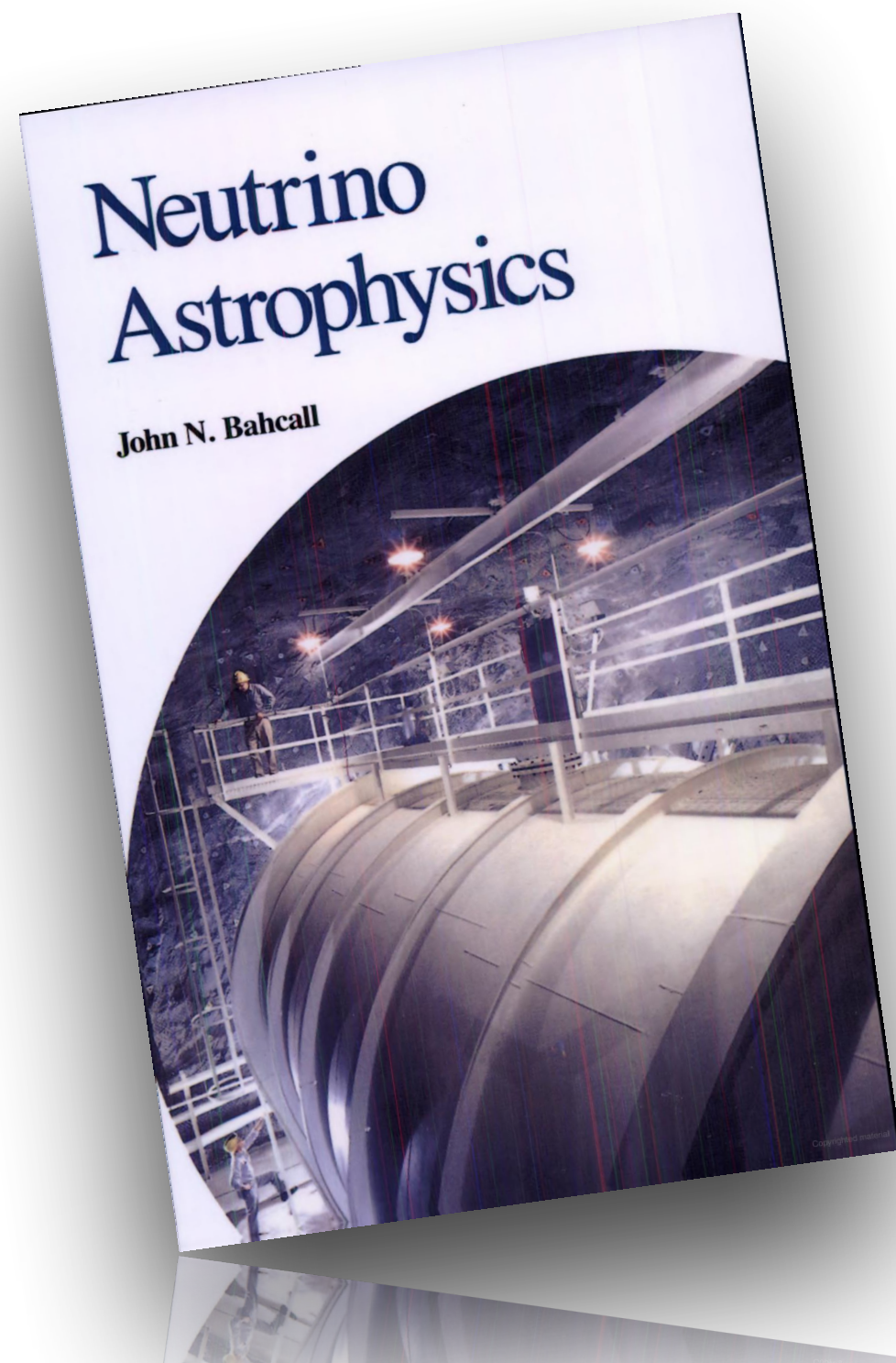
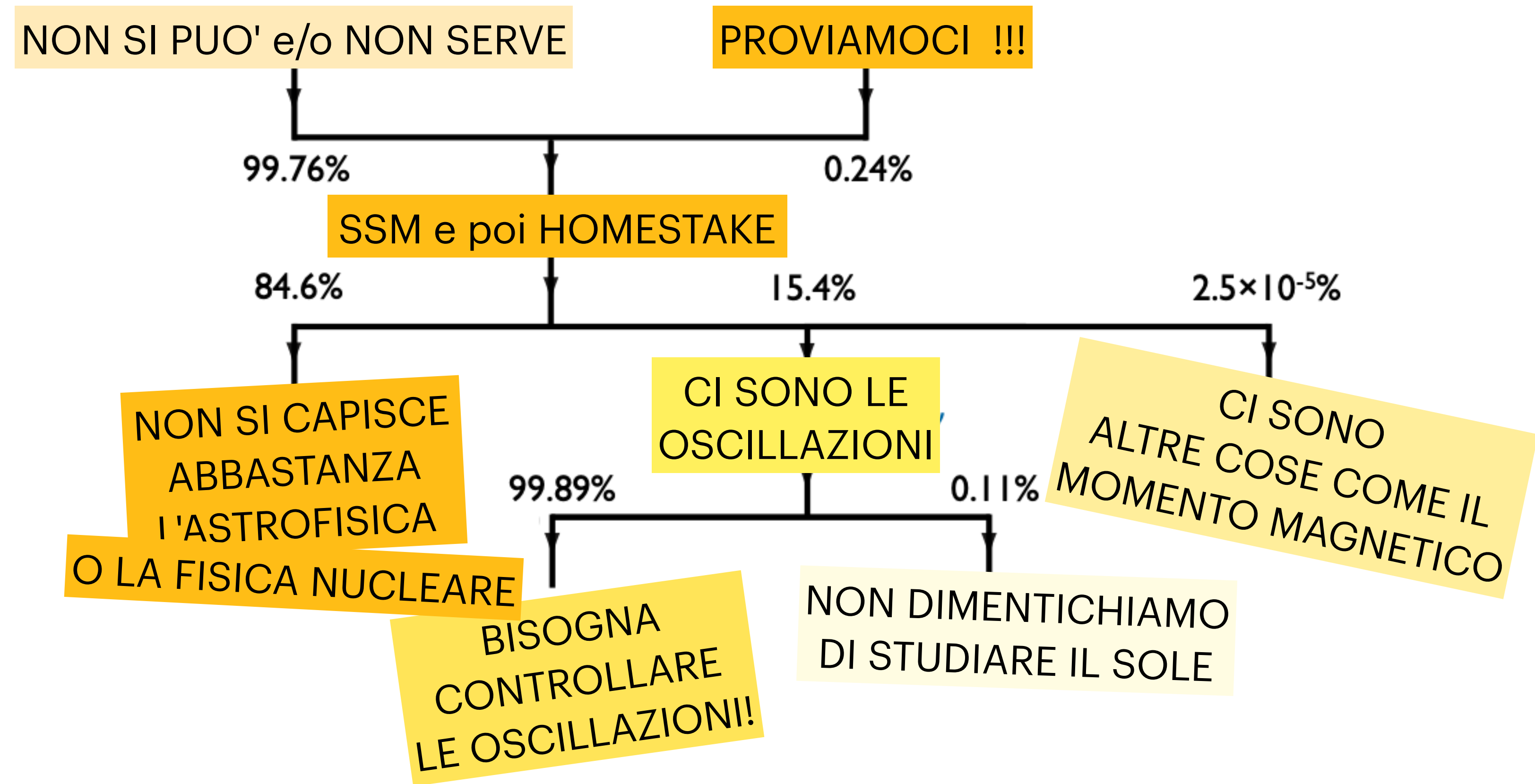
i primi 30 anni della ricerca dei neutrini solari

(anni 70)



i primi 30 anni della ricerca dei neutrini solari

(anni 80)



neutrini dal Sole al Laboratorio del Gran Sasso



i primi 30 anni della ricerca dei neutrini solari

il laboratorio del Gran Sasso e il programma di studio dei neutrini solari

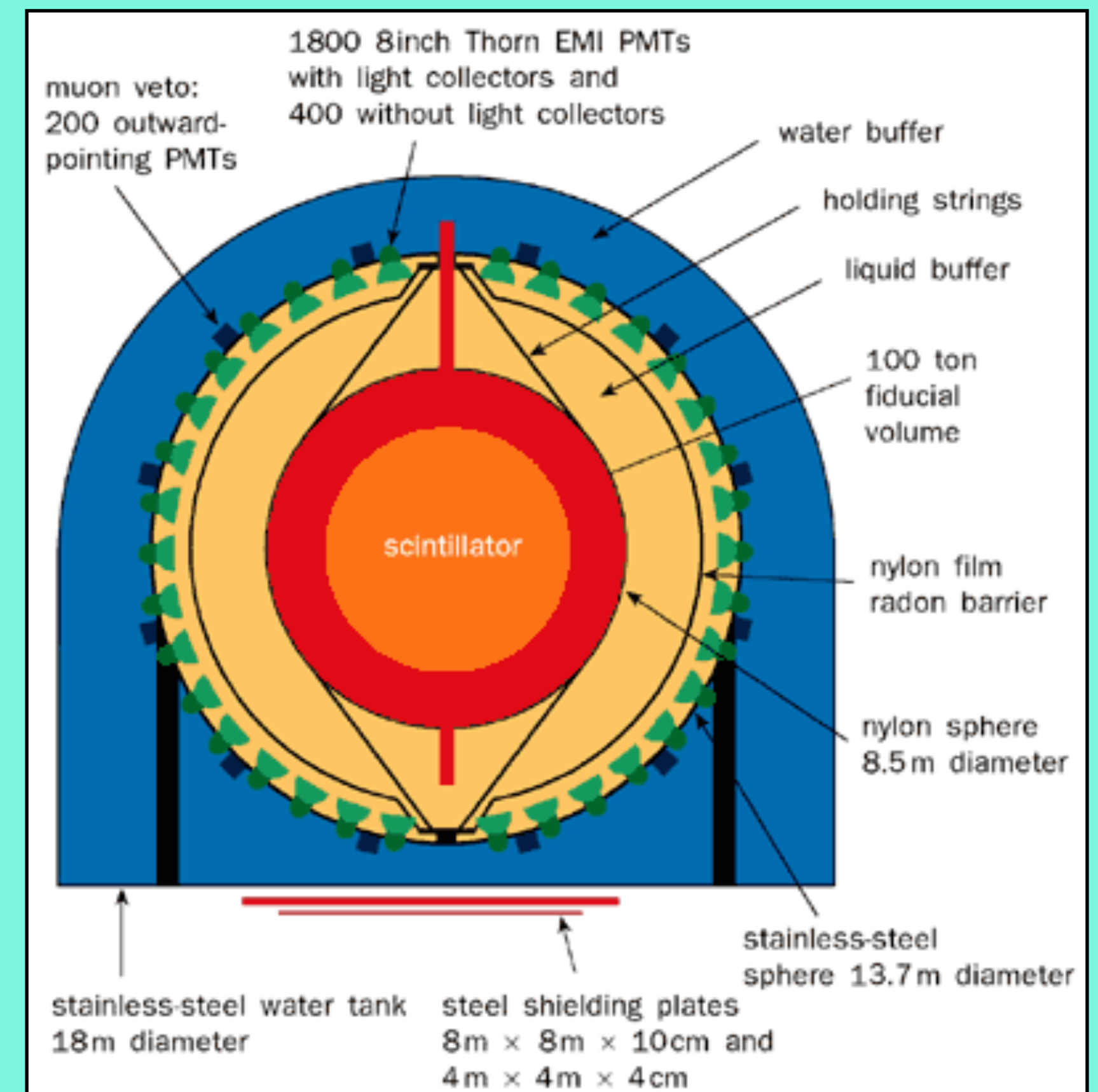
THE COURSE OF EVENTS

- **1979** Underground laboratory proposed by Antonio Zichichi, President of INFN
- **1982** Start of excavations
- **1984** First meeting of TK with Nicola Cabibbo
- **1984** N. Cabibbo strongly supports solar neutrino research as a major topic at LNGS
- **1983-1985** Formation of the **GALLEX**-Collaboration
- **30.7.1985** Assurance of **GALLEX** allocation at LNGS
- 1986-1991** Construction and Preparation
- **14.5.1991** Start of Solar Neutrino Recordings
- **8.6.1992** First Data Release (**GALLEX I**):

i primi 30 anni della ricerca dei neutrini solari

il laboratorio del Gran Sasso e il programma di studio dei neutrini solari

- ★ Nel 1989 l'idea di Borexino prende la forma definitiva di uno scintillatore ultrapuro.
- ★ Vengono fuori i dubbi ma anche la convinzioni della comunita' italiana e tedesca.
- ★ Gianpaolo punta al laboratorio del Gran Sasso, concepito nel 1979 ed aperto appena tre anni. Ha il convinto supporto di Nicola Cabibbo, all'epoca presidente INFN.



Borexino e' il primo esperimento dopo Homestake progettato proprio per vedere il Sole

anche se astrofisica e fisica delle particelle sono sempre strettamente intrecciate

i primi 30 anni della ricerca dei neutrini solari

e il relativo dibattito teorico? anche questo **da' di che pensare**

■ Sulla scia degli studi del sistema $K^0 - \bar{K}^0$ (Gell-Mann, Pais & Cocconi) Pontecorvo prima, Sakata e il suo gruppo poi (e indipendentemente) avevano proposto l'idea delle **oscillazioni**; ma s'era sviluppata faticosamente, in una decina di anni, e non aveva granché attecchito.

i primi 30 anni della ricerca dei neutrini solari

e il relativo dibattito teorico? anche questo **da' di che pensare**

- Sulla scia degli studi del sistema $K^0 - \bar{K}^0$ (Gell-Mann, Pais & Cocconi) Pontecorvo prima, Sakata e il suo gruppo poi (e indipendentemente) avevano proposto l'idea delle **oscillazioni**; ma s'era sviluppata faticosamente, in una decina di anni, e non aveva granché attecchito.
- La sofferta comprensione del meccanismo $V - A$ s'era saldata con l'opinione **che i neutrini fossero senza massa** (Salam, Landau, Lee & Yang, 57) nonostante i chiarimenti di Pauli da una parte e Radicati & Touschek dall'altra proposti proprio nello stesso anno.

i primi 30 anni della ricerca dei neutrini solari

e il relativo dibattito teorico? anche questo **da' di che pensare**

- Sulla scia degli studi del sistema $K^0 - \bar{K}^0$ (Gell-Mann, Pais & Cocconi) Pontecorvo prima, Sakata e il suo gruppo poi (e indipendentemente) avevano proposto l'idea delle **oscillazioni**; ma s'era sviluppata faticosamente, in una decina di anni, e non aveva granché attecchito.
- La sofferta comprensione del meccanismo $V - A$ s'era saldata con l'opinione **che i neutrini fossero senza massa** (Salam, Landau, Lee & Yang, 57) nonostante i chiarimenti di Pauli da una parte e Radicati & Touschek dall'altra proposti proprio nello stesso anno.
- Le oscillazioni vennero accettate grazie all'affermarsi del meccanismo MSW ('78-'85) che ammetteva l'ipotesi di **piccoli angoli di mescolamento** come per i quarks (Bethe 86).

*ci piace cedere il contrario, ma
temo che la lungimiranza non
sia una virtu' comune anche tra
noi scienziati*

dalle mie slide
per il corso di PhD
qui a Milano

Noble | 'nəʊb(ə)l , not nəʊ'bel | Winners





Gianpaolo Bellini (Borexino)



https://www.sns.ias.edu/~jnb/Galleries/Some_Solar_Neutrino_Researchers/image001.htm

Gianpaolo Bellini (Borexino)



pagina web di Bahcall, anno 2000
G Bellini (Borexino)
R Davis (Homestake lab)
R Davis & J Bahcall
V Gavrin (SAGE)
T Kirsten (Gallex)
M Koshiba (Kamiokande)
A McDonald (SNO)
S Mikheyev (MSW)
B Pontecorvo (oscillations)
A Smirnov (MSW)
A Suzuki (KamLAND)
Y Suzuki (Kamiokande)
Y Totsuka (Kamiokande)
L Wolfenstein (MSW)



STAR WARS

A NEW HOPE

EPISODE IV



Direct Approach to Resolve the Solar-Neutrino Problem

Herbert H. Chen
Department of Physics, University of California, Irvine, California 92717
(Received 27 June 1985)

A direct approach to resolve the solar-neutrino problem would be to observe neutrinos by use of both neutral-current and charged-current reactions. Then, the total neutrino flux and the electron-neutrino flux would be separately determined to provide independent tests of the neutrino-oscillation hypothesis and the standard solar model. A large heavy-water Cherenkov detector, sensitive to neutrinos from ^8B decay via the neutral-current reaction $\nu + d \rightarrow \nu + p + n$ and the charged-current reaction $\nu_e + d \rightarrow e^- + p + p$, is suggested for this purpose.

PACS numbers: 96.60.Kx, 14.60.Gh

The solar-neutrino problem, i.e., fewer neutrinos are assigned to the sun in the chlorine-argon radiochemical experiment of Davis and co-workers¹ than predicted by the standard solar model,² has prompted a

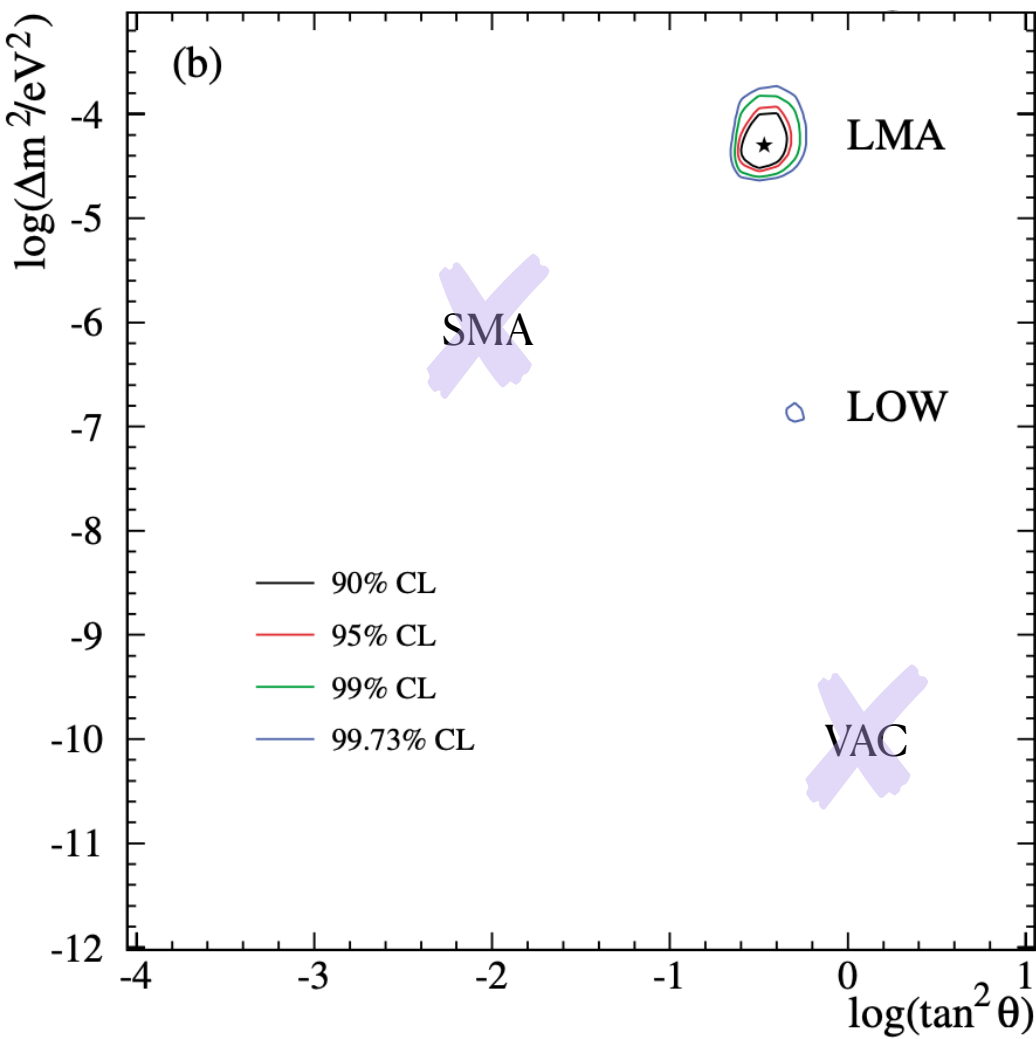
¹R. Davis, Jr., D. S. Harmer, and K. C. Hoffman, Phys. Rev. Lett. **20**, 1205 (1968); J. N. Bahcall and R. Davis, Jr., Science **191**, 264 (1976); J. K. Rowley, B. T. Cleveland, and R. Davis, Jr., in *Solar Neutrinos and Neutrino Astronomy (Homestake, 1984)*, edited by N. L. Cherry, W. P. Fowler, and K. Lande, AIP Conference Proceedings No. 126 (American Institute of Physics, New York, 1985), p. 1.
²J. N. Bahcall, W. F. Huebner, S. H. Lubow, P. D. Parker, and R. K. Ulrich, Rev. Mod. Phys. **54**, 767 (1982).

Measurement of Day and Night Neutrino Energy Spectra at SNO and Constraints on Neutrino Mixing Parameters

(Received 19 April 2002; published 13 June 2002)

The Sudbury Neutrino Observatory (SNO) has measured day and night solar neutrino energy spectra and rates. For charged current events, assuming an undistorted ^8B spectrum, the night minus day rate is $14.0\% \pm 6.3\%_{-1.4}^{+1.5}\%$ of the average rate. If the total flux of active neutrinos is additionally constrained to have no asymmetry, the ν_e asymmetry is found to be $7.0\% \pm 4.9\%_{-1.2}^{+1.3}\%$. A global solar neutrino analysis in terms of matter-enhanced oscillations of two active flavors strongly favors the large mixing angle solution.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.89.011302 PACS numbers: 26.65.+t, 14.60.Pq, 95.85.Ry



gli anni piu' difficili



2003

HOME > NEWS > ALL NEWS > ITALIAN NEUTRINO LAB PARALYZED

NEWS | EUROPE

Italian Neutrino Lab Paralyzed

Chemical spill prompts a court-ordered shutdown

10 JUN 2003 • BY [ALEXANDER HELLEMANS](#), [CHARLES SEIFE](#)

2003



NEWS

CAREERS

COMMENTARY

JOURNALS ▾

Science



LOG IN

BECOME A MEMBER

HOME > NEWS > ALL NEWS > ITALIAN NEUTRINO LAB PARALYZED

NEWS | EUROPE

Italian Neutrino Lab Paralyzed

Chemical spill prompts a court-ordered shutdown

10 JUN 2003 • BY [ALEXANDER HELLEMANS](#), [CHARLES SEIFE](#)

This is a disaster for us, says Gianpaolo Bellini of the University of Milan, a spokesperson [of the] solar-neutrino detector under construction at the lab called Borexino.

Borexino is the best hope, in the near future, of seeing beryllium-7 neutrinos, says Wick Haxton, a physicist at the University of Washington, Seattle. This is a very bad time for them.

2005

L'ORIZZONTE DEGLI EVENTI

Regia di Daniele Vicari. Un film con Valerio Mastandrea, Gwenaëlle Simon, Francesca Inaudi, Giorgio Colangeli, Lulzim Zeqja. Genere Drammatico - Italia, 2005, durata 115 minuti. Uscita cinema venerdì 20 maggio 2005 - MYmonetro 2,48 su 8 recensioni tra critica, pubblico e dizionari.

UNA STORIA DI TRUFFE, PROGRESSO E ARCAICITÀ..

Recensione di Rossella Farinotti
★★★★☆



Il film racconta di due mondi, diversi e paralleli, che convivono nello stesso territorio: il Gran Sasso d'Italia. Il contatto tra le due realtà avviene attraverso i personaggi di Max (Mastandrea), ricercatore di fisica nucleare che lavora senza sosta nel laboratorio situato nel ventre della montagna, e del pastore Bajram (Lulzim Zeqja). Di fatto il pastore cammina sulla testa del fisico ma nessuno dei due lo sa. Dentro il laboratorio si sviluppa il mestiere più avanzato dell'umanità, sopra la montagna invece ci sono gli immigrati poveri che fanno il lavoro più antico del mondo. IL Gran sasso è, secondo il regista, l'immagine sintetica della globalizzazione.

Erano esattamente 20 anni fa, e come sappiamo tutti, presto sarebbe iniziata la risalita, fino agli agognati e meritati successi di una decina di anni fa.

Non ripetero' una storia che conosciamo tutti, concedetemi pero' qualche slide per rievocare alcuni risultati e giusto due commenti.

studio accurato della catena pp & misura ciclo CNO

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

2014

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*)

2020

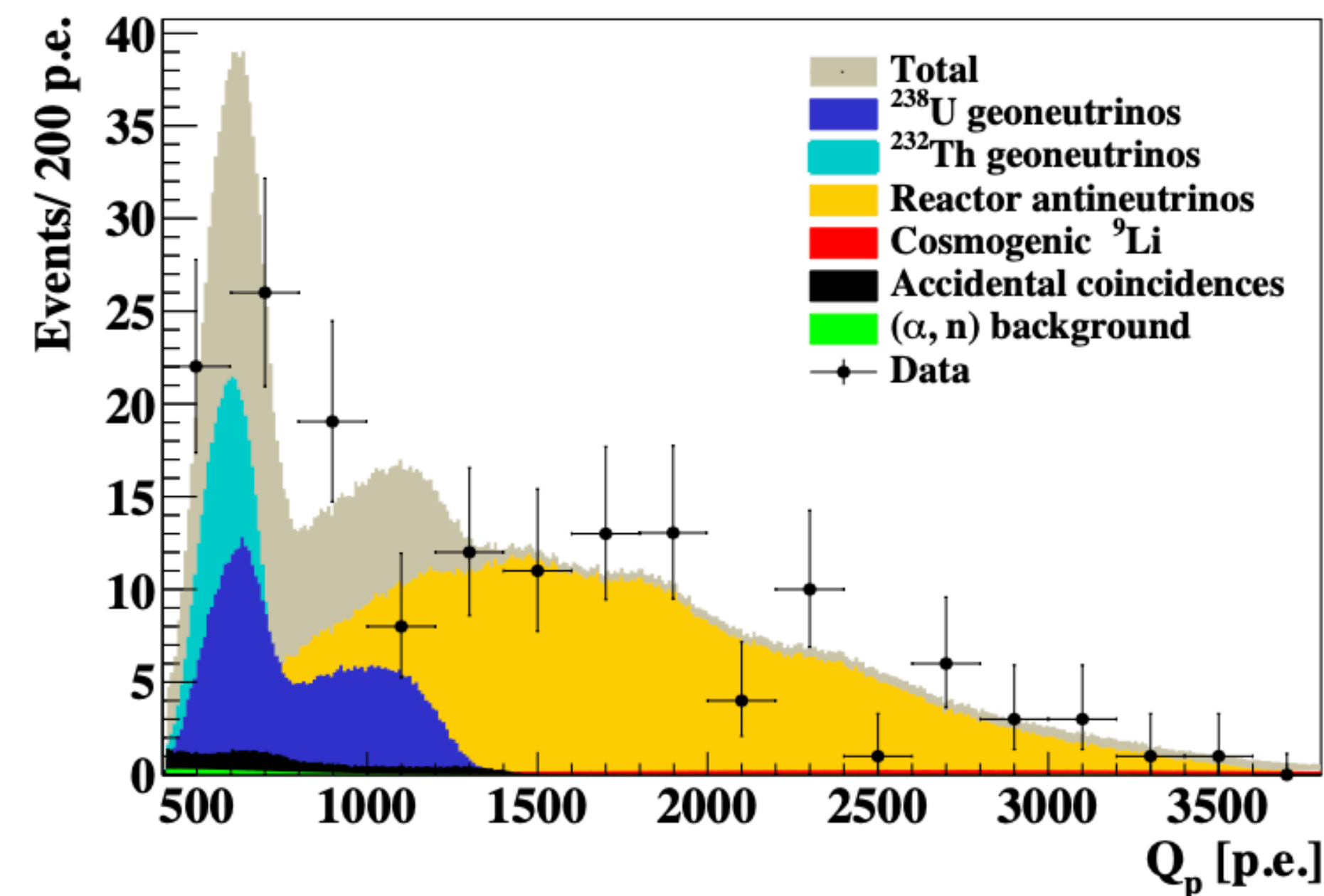
	GS98	PLJ14	OBSERVED	EXPERIMENT
pp	5.99(1 pm 0.01)	6.01(1 pm 0.01)	6.1(1 pm 0.1)	Borexino
pep	1.42(1 pm 0.02)	1.43(1 pm 0.02)	1.27(1 pm 0.17)	Borexino
Be	4.73(1 pm 0.12)	4.52(1 pm 0.12)	4.99(1 pm 0.03)	Borexino
B	5.52(1 pm 0.24)	5.01(1 pm 0.24)	5.39(1 pm 0.18)	Super-Kamiokande
hep	8.15(1 pm 0.30)	8.28(1 pm 0.30)	8(1 pm 2)	SNO
CNO	5.06(1 pm 0.32)	4.48(1 pm 0.31)	6.7(1+1.2-0.8)	Borexino

i geoneutrini

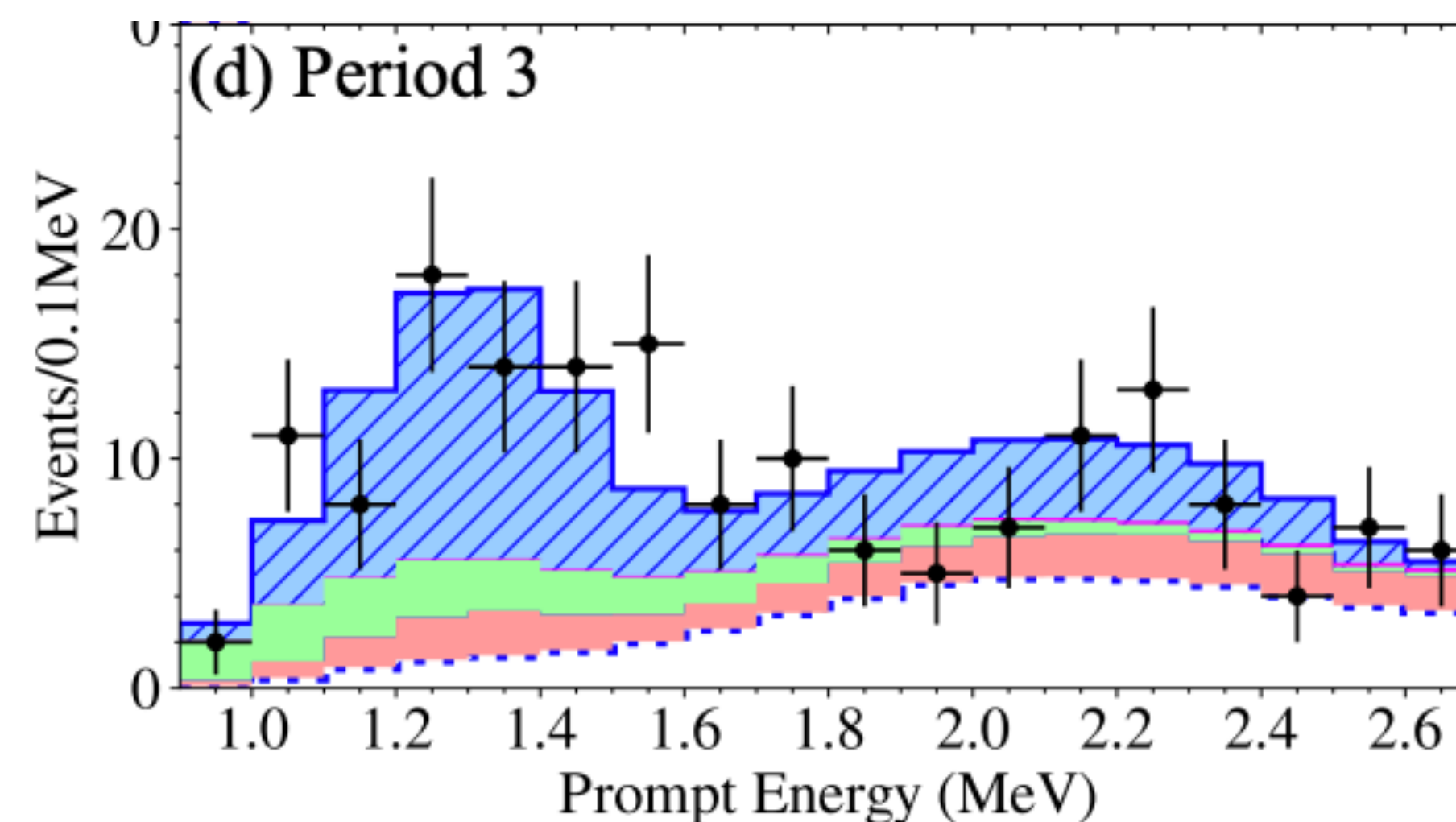
In Borexino 2020 & KamLAND 2022 il segnale e' evidente.

Forse c'e' persino un indizio di quali isotopi lo compongono:

- *torio-232, solo alle basse energie;*
- *uranio-238, con coda alta energia.*



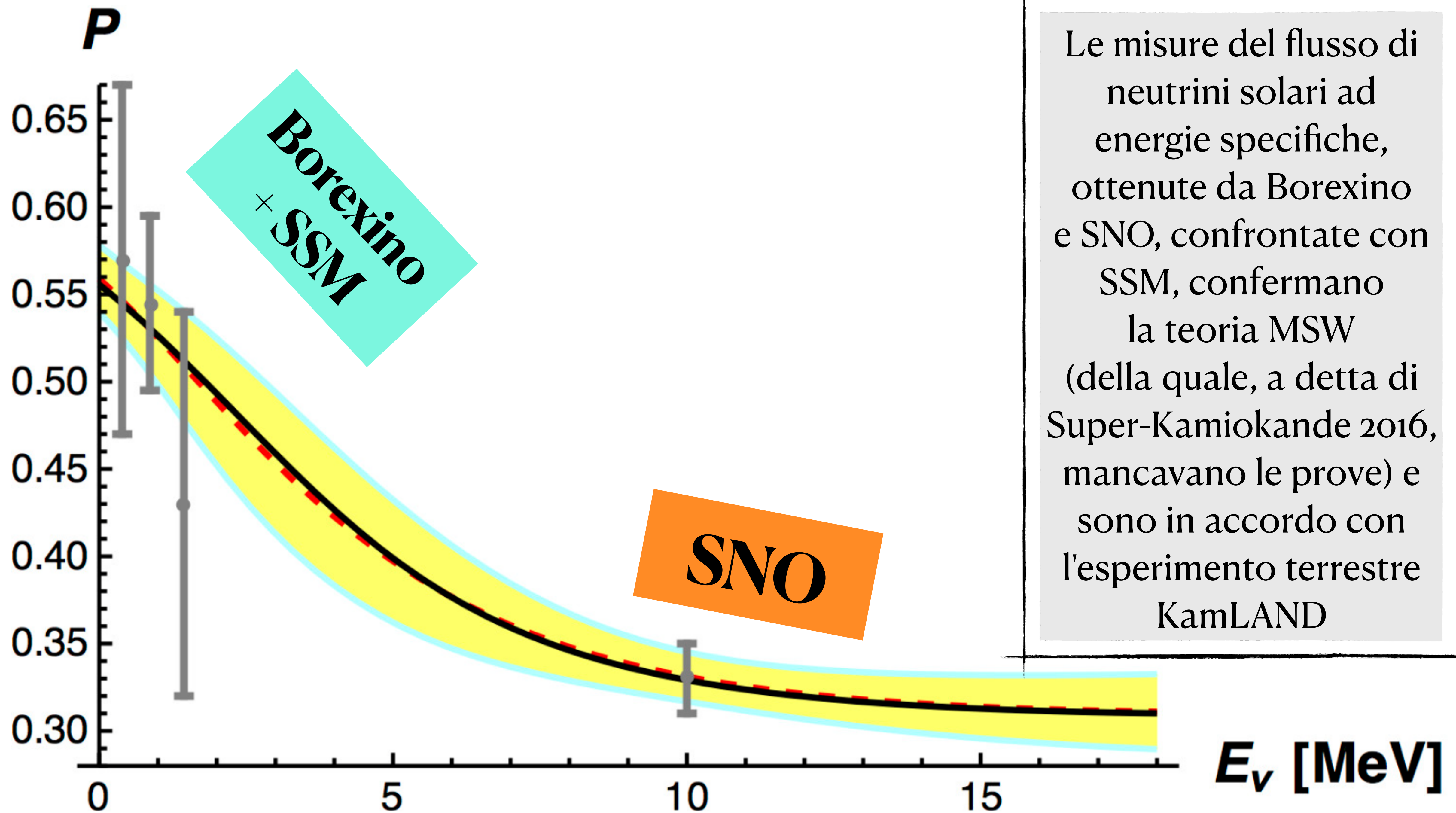
BOREXINO



KAMLAND

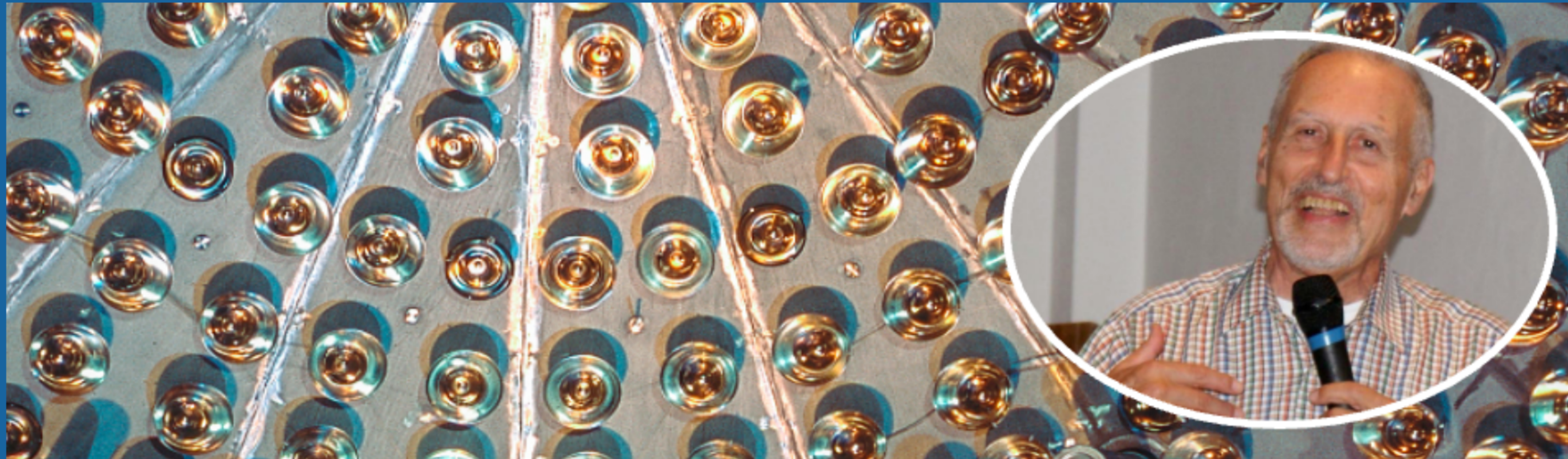
il punto sull'astronomia coi neutrini

	TEORIZZAZIONE	ESPERIMENTI	PRIME OSSERVAZIONI
SOLE	Pontecorvo (1946~1947) Bahcall (1964)	Homestake, (Super~) Kamiokande, Gallex, SAGE, SNO, Kamland, BOREXINO	1968...2023
COSMICI SECONDARI	Zheleznikh & Markov (1957~1961); Greisen (1960)	KGF, CWI ... IceCUBE, Bajkal, Antares, KM3NeT	1971...2013....2025
SUPERNOVA	Gamow & Schoenberg (1941) Colgate & White (1966) Arnett (1967)	Kamiokande-II, IMB, Baksan; LSD?? ...	1987
GEO NEUTRINI	Eder (1966); Marx (1969)	KamLAND, BOREXINO	2011, 2020



Le misure del flusso di neutrini solari ad energie specifiche, ottenute da Borexino e SNO, confrontate con SSM, confermano la teoria MSW (della quale, a detta di Super-Kamiokande 2016, mancavano le prove) e sono in accordo con l'esperimento terrestre KamLAND

cosa fa la guida scientifica di Borexino *oggi*?



Gianpaolo Bellini: 90 anni di scienza

Technological Novelties and Scientific Discoveries with the Borexino Experiment

Gianpaolo Bellini^{1,2,*}

¹Dipartimento di Fisica, Università di Milano, Milano, Italy

²Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione di Milano, Milano, Italy;
email: gianpaolo.bellini@mi.infn.it

Annu. Rev. Nucl. Part. Sci. 2024. 74:369–88

The *Annual Review of Nuclear and Particle Science*
is online at nucl.annualreviews.org

<https://doi.org/10.1146/annurev-nucl-102622-021701>

Copyright © 2024 by the author(s).
All rights reserved

*This author contributed on behalf of the Borexino
Collaboration

Keywords

neutrino, neutrino oscillation, astroparticle physics, solar neutrinos, Sun power, star energy, underground physics

Abstract

The Borexino experiment has developed, in its 32 years of activity, techniques and methods that allow for unprecedented radiopurity levels, which continue to be the current state of the art. These pioneering techniques and methods represent a new standard for ultra-low-background physics, a legacy that Borexino leaves to future experiments studying low-energy neutrinos and searching for rare events with detectors operating deep underground. The Borexino experiment leaves an equally influential scientific legacy with its discoveries and precise measurements of the nuclear processes that cause the Sun and stars to shine. Thanks to its unparalleled low background in the energy window of ~ 150 keV to ~ 15 MeV, the Borexino experiment also has contributed significantly to the understanding of neutrino oscillations with the observation of the energy-dependent matter to vacuum-dominated flavor conversion probability of solar neutrinos. Along with this textbook-quality body of solar neutrino results, the Borexino experiment has contributed to the study of the Earth's mantle radioactivity with background-free measurements of geoneutrinos. This article presents an overview of the long-lasting Borexino results and of the experimental efforts required to achieve them.

How the Sun and the Stars Shine: A Single Experiment Solves a Millennia-Old Question of Humanity, **Springer**, 2025

Alle frontiere della conoscenza: Come genetica, neuroscienze e intelligenza artificiale stanno cambiando la nostra percezione del mondo e della vita, **Franco Angeli**, 2024

Dai quark alle galassie: Viaggio dal micro al macrocosmo passando per la Terra, per capire come e perché il Sole e le stelle brillano, **Hoepli**, con *M Bersanelli & E Bonatti*, 2022

L'uomo nell'era della tecnoscienza: Dialogo tra un fisico e un filosofo, **Hoepli**, con *E Egazzi*, 2020

Dall'atomo all'io. Avventure alle frontiere della scienza, **Hoepli**, +*Benvenuti, Soave, Tortora, Ceroni*, 2017



Gianpaolo Bellini

How the Sun and the Stars Shine

A Single Experiment
Solves a Millennia-Old
Question of Humanity

 Springer

che storia!

- Un libro molto leggibile, schietto, non celebrativo.
- Tanti spunti e informazioni; tantissime persone, amici, volti noti, colleghi e conoscenti.
- Mille vicende emozionanti che fanno pensare.
- La storia di un rivelatore, che funziona in modi e in circostanze diverse da quelle dei soliti.



Gianpaolo Bellini

How the Sun and the Stars Shine

A Single Experiment
Solves a Millennia-Old
Question of Humanity

 Springer

e che carattere...

- *E' difficile dirlo bene in poche parole, ma e' piu' che semplice dedizione: e' la storia una persona che non si arrende mai.*
- *Nobilta' d'animo, grande forza morale, dignita' persino fede. E infine, il successo.*
- *Lo so che l'avete (l'abbiamo) vissuta, ma da parte mia e' un libro super consigliato.*



Gianpaolo Bellini

How the Sun and the Stars Shine

A Single Experiment
Solves a Millennia-Old
Question of Humanity



Springer

How the Sun shines is a very important question for us living on the Earth. We live on Earth thanks to the light radiated from the Sun. It has long been known that observing neutrinos from the Sun can reveal how the Sun shines. However, this is experimentally very difficult, because the neutrinos pass through everything easily.

Gianpaolo Bellini is a distinguished physicist who led a solar neutrino experiment, called Borexino, for more than 30 years, and showed how the Sun shines. As you will see reading this book, this was a remarkable achievement made possible by the collaboration of many scientists who contributed to this success through their diverse expertise and wisdom.

I hope that, through this book, many people will learn how great scientific achievements are made.

Nobel Laureate, 2015

Takaaki Kajita

Special University Professor at the University of Tokyo

conclusione



Borexino ha messo al centro la scienza. Le sue misure e scoperte stanno cambiando per sempre la nostra comprensione del Sole e dell'universo stesso. E' la cosa piu' bella che sia stata fatta ai Lab del Gran Sasso da sempre.

Il ruolo indiscusso di guida svolto da Gianpaolo non ha solo permesso all'esperimento di giungere alla meta, ma ha aiutato voi membri della collaborazione a crescere, a superare le difficoltà, a unire gli sforzi in vista di un obbiettivo comune ed ammirabile. La sua visione lungimirante e coerente e' stata (ed e') di grandissima ispirazione per moltissime persone.

Grazie a Gianpaolo e al vostro impegno, le aspirazioni di una nazione di alte tradizioni scientifiche come la nostra, che si erano concretizzate con la realizzazione dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso ed avevano conseguito i primi importanti risultati con Gallex/GNO, sono state finalmente coronate da un pieno successo.

ci vorrebbe un regalo di compleanno adeguato

per Gianpaolo, per tutti voi di Borexino, per il Lab, e anche per l'INFN

dobbiamo tramandare questa storia di scienza e di scienziati

Google

movies on cern

×

🔊

📷

🔍

⋮

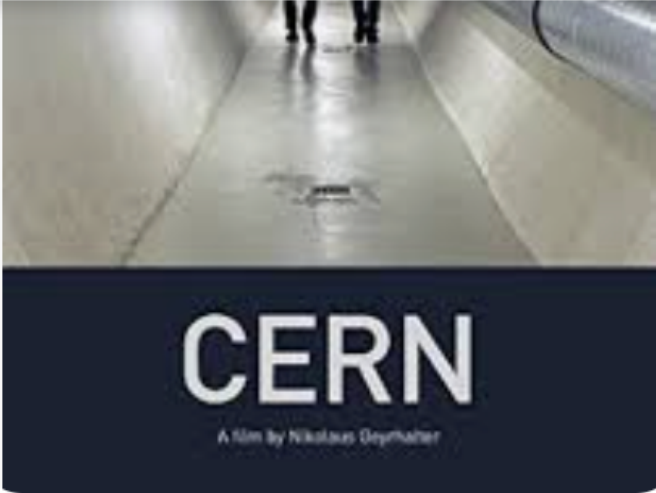
F



IMDb
Symmetry (2015) - IMDb



IMDb
CERN & The Sense of...



IMDb
CERN (TV Movie 2013)...



MYmovies
Almost Nothing - Cern...



Google Play
Symmetry – Movies on ...



IMDb
Decay (2012) - IMDb



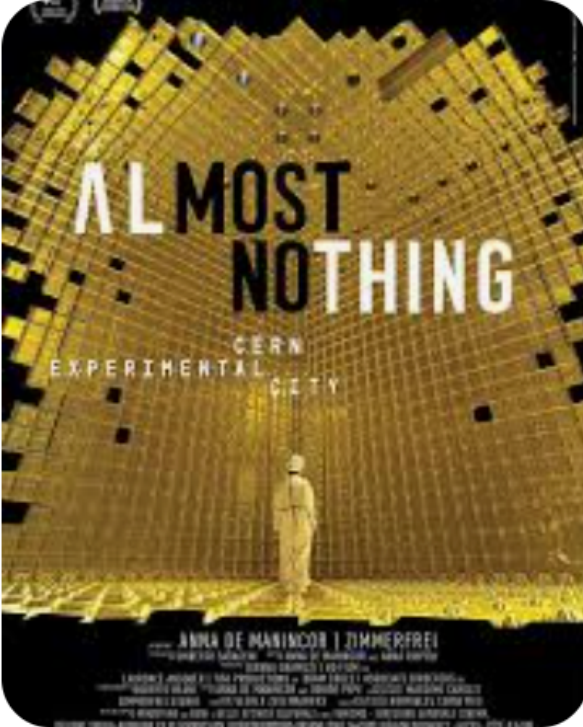
Wikipedia
Particle Fever - Wi...



CERN
Welcome | Angels ...



SYMMETRY MOVIE
SYMMETRY MOVIE — Comi...



ZimmerFrei
Almost Nothing | C...

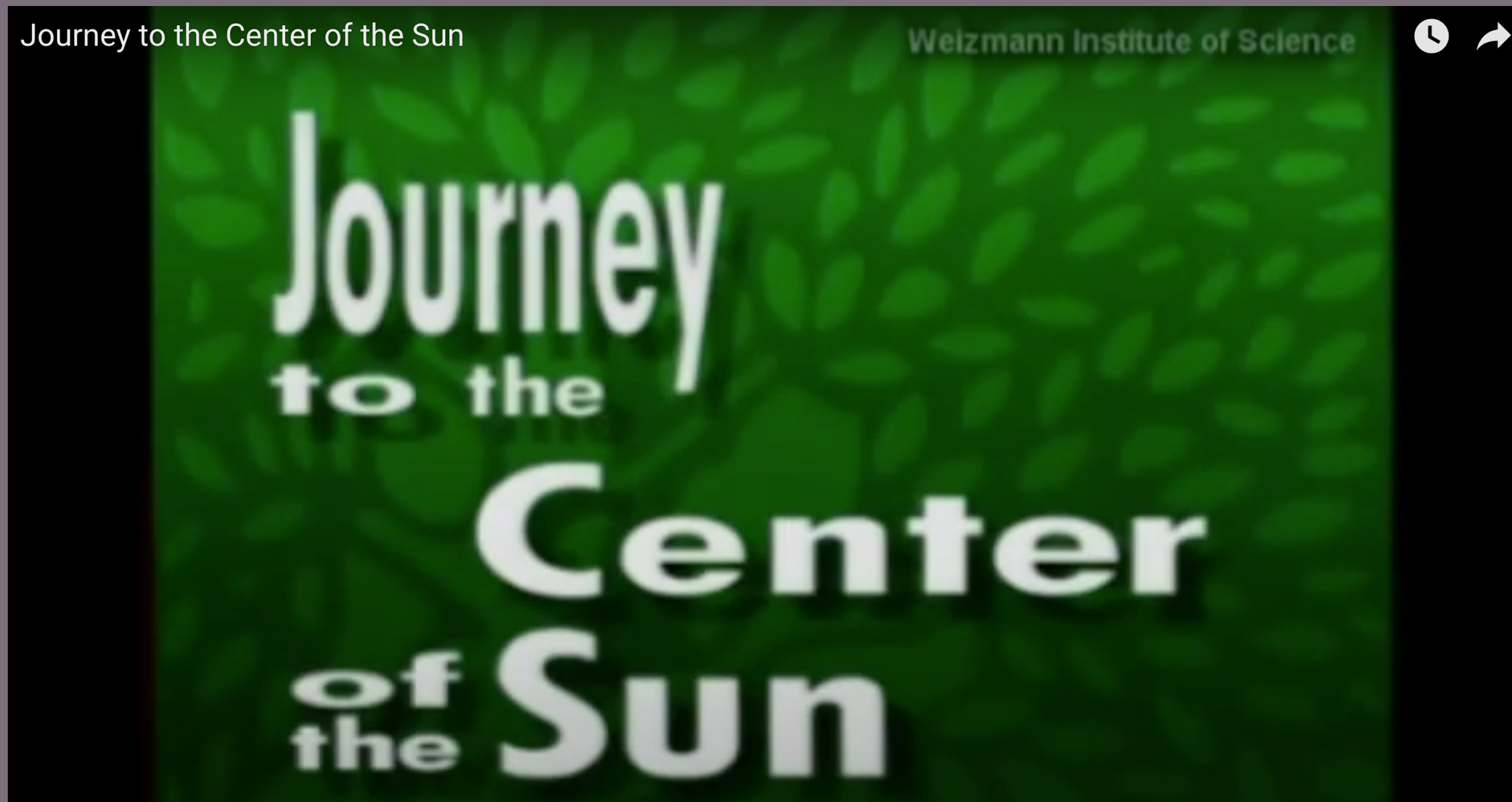


Sky News
Cern Zombie Film Shot By Briti...

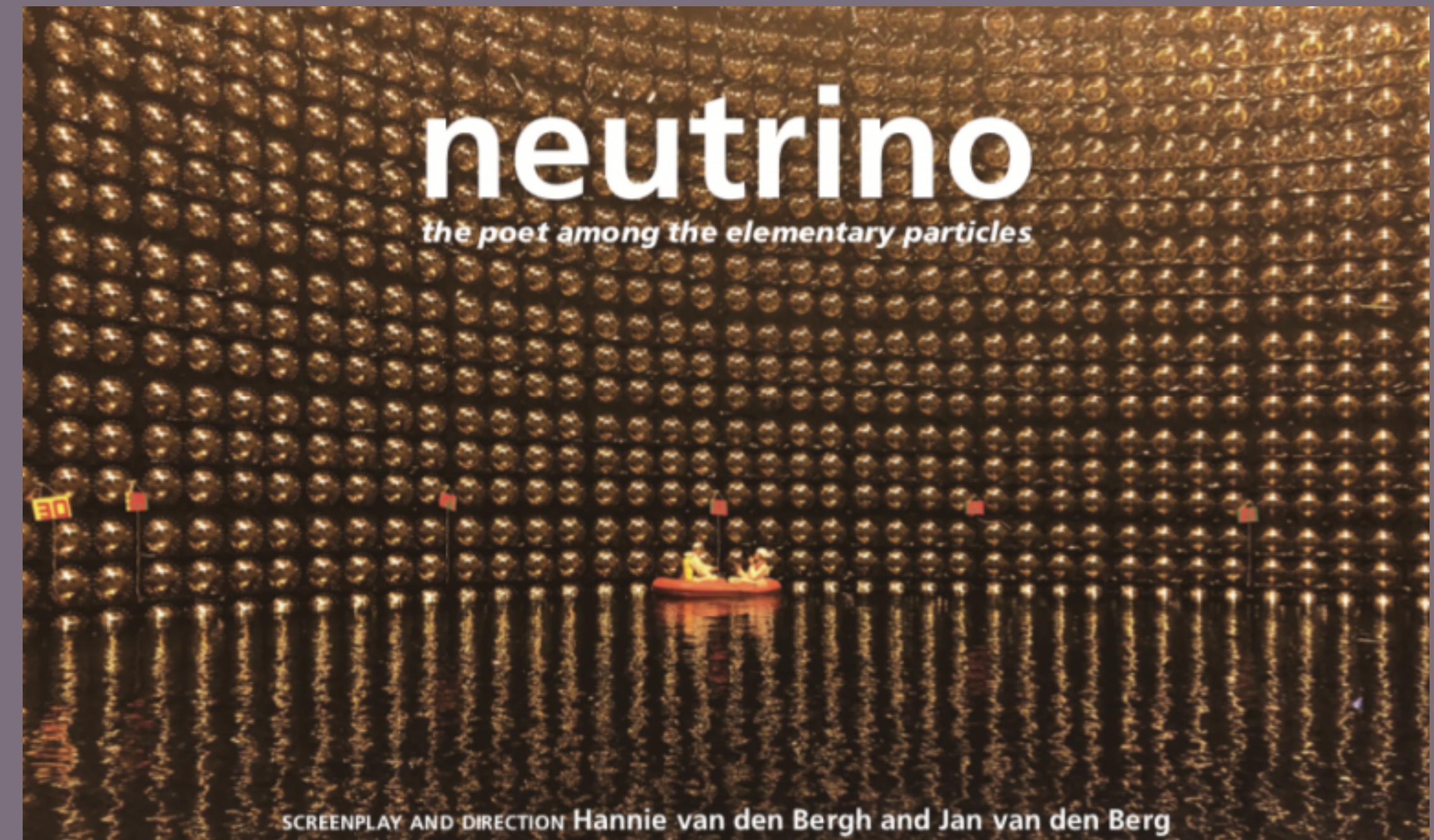


movies.ch
film: CERN and th...

magari anche con un bel documentario... o un film?



un documentario del 2010 su Gallex



film del 2023 su KamLAND & SK

Grazie e buon compleanno, Gianpaolo!

