



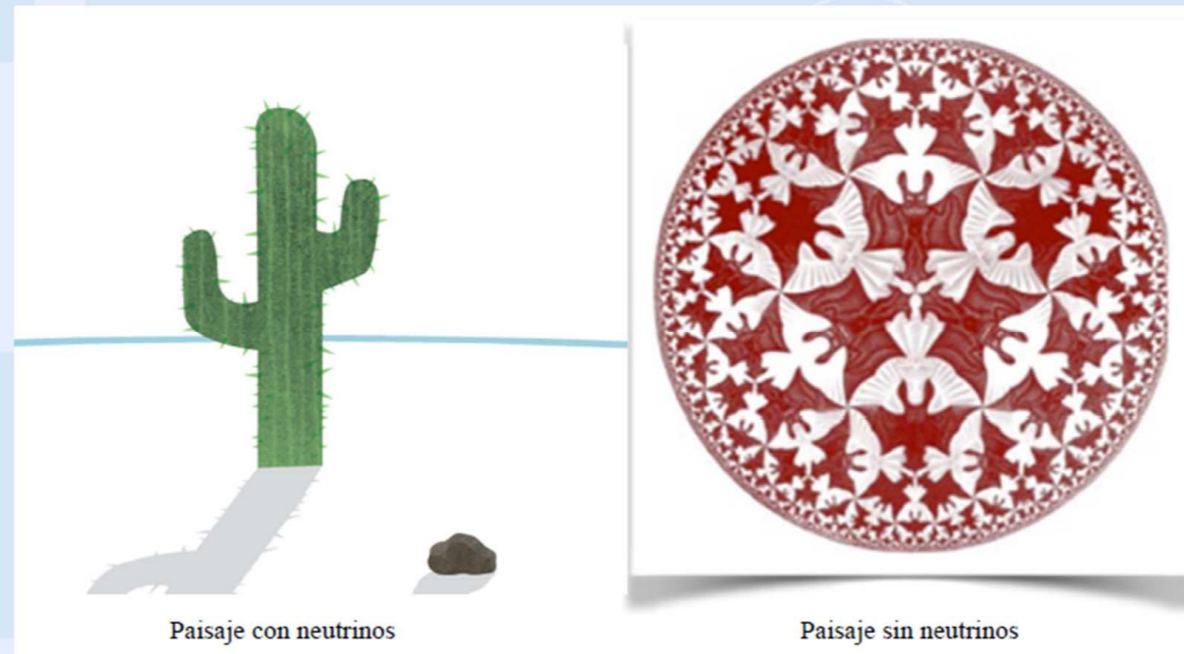
VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

 Facultat de Física



Jueves 5 de febrero de 2015, 13:00 horas
Salón de Actos de la Biblioteca de Ciencias “Eduard Boscà”
Campus de Burjassot

Paisaje con neutrinos/ Paisaje sin neutrinos



Paisaje con neutrinos

Paisaje sin neutrinos

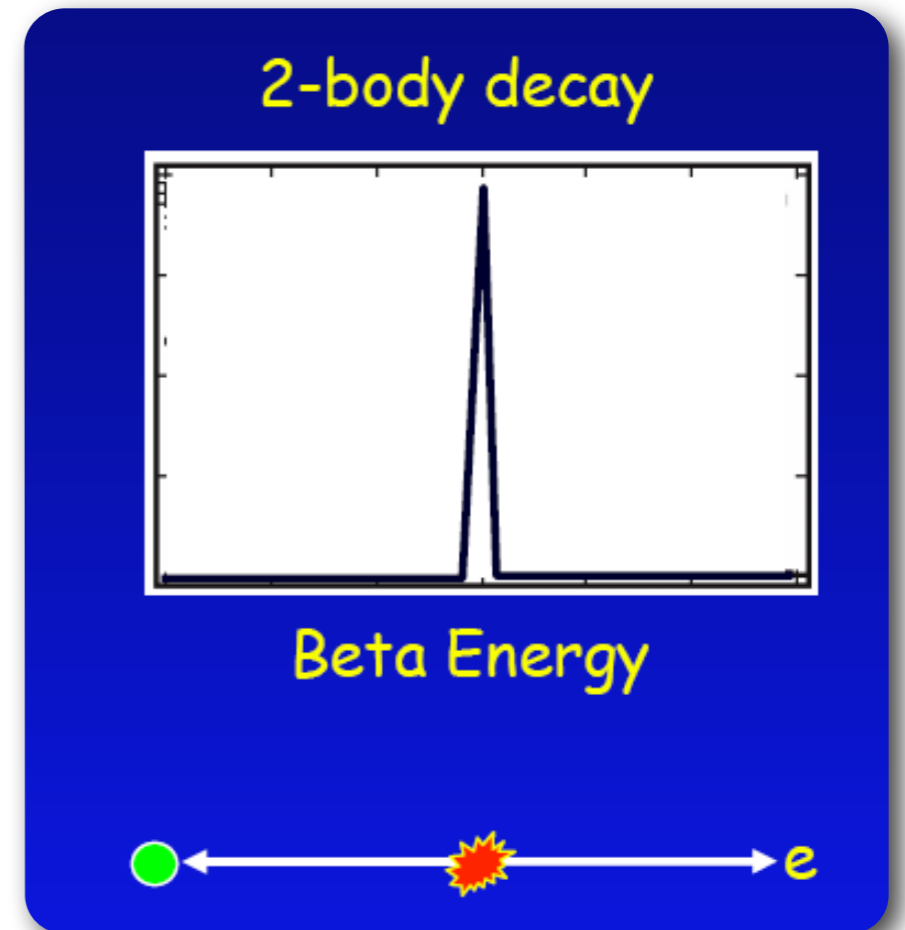
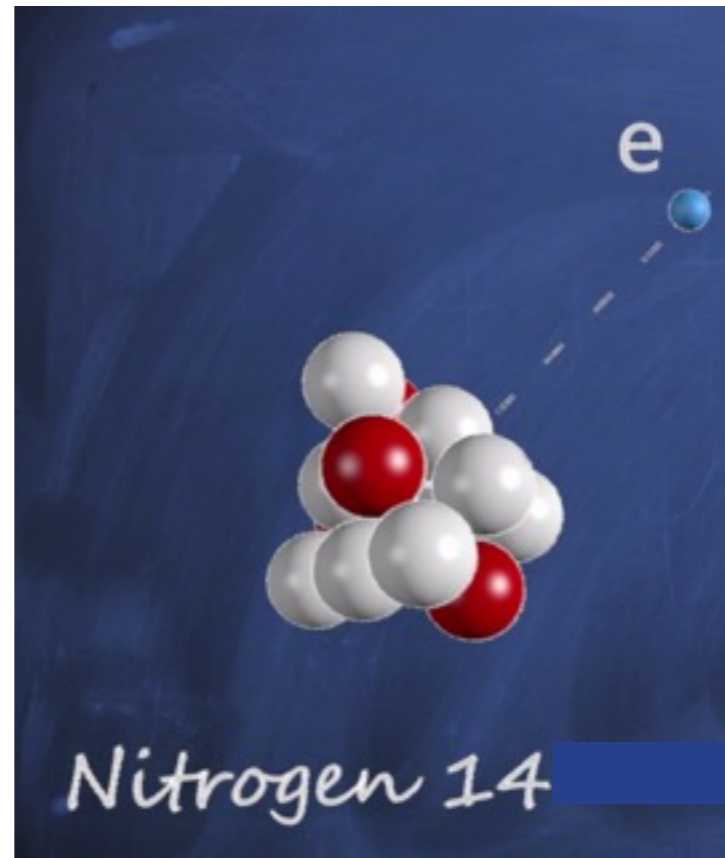
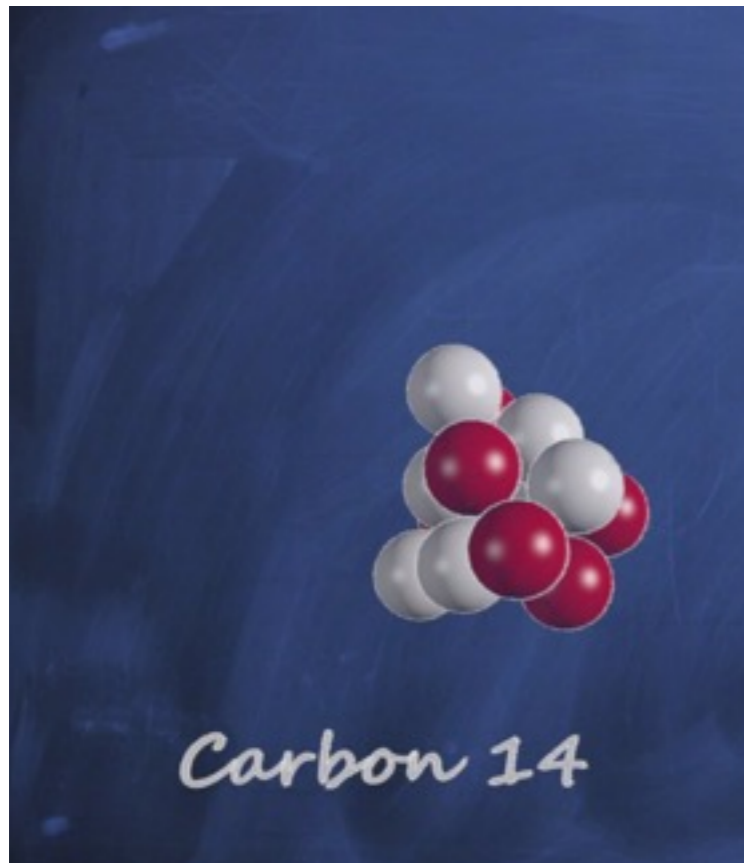
Prof. Juan José Gómez-Cadenas
Instituto de Física Corpuscular (IFIC)
Universidad de Valencia-CSIC

Más información: <http://www.uv.es/fisica>

 Facultat de Física

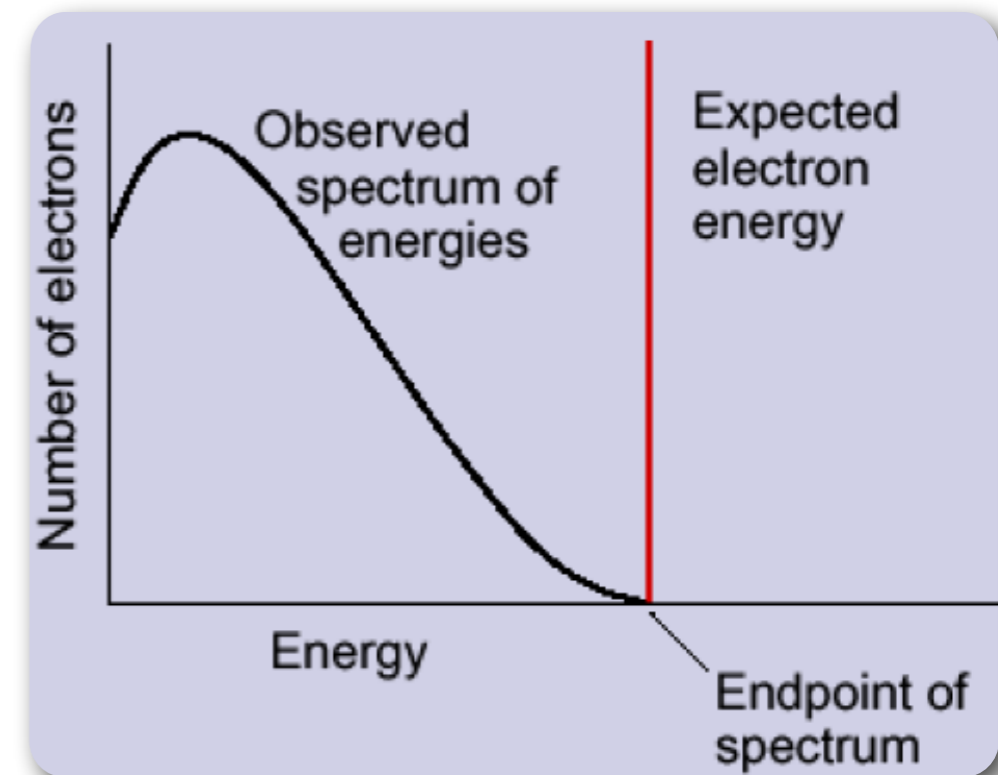


Neutrinos



Desintegración beta

¿Conservación de la energía?



original - Photocopy of PLC 0393

Abschrift/15.12.36 FN

Offener Brief an die Gruppe der Radioaktiven bei der
Gauvereins-Tagung zu Tübingen.

Abschrift

Physikalisches Institut
der Eidg. Technischen Hochschule
Zürich

Zürich, 4. Dez. 1930
Gloriastrasse

Liebe Radioaktive Damen und Herren,

Wie der Ueberbringer dieser Zeilen, den ich huldvollst
anzuhören bitte, Ihnen des näheren auseinandersetzen wird, bin ich
angesichts der "falschen" Statistik der N- und Li-6 Kerne, sowie
des kontinuierlichen beta-Spektrums auf einen verweifelten Ausweg
verfallen um den "Wechselsatz" (1) der Statistik und den Energiesatz
zu retten. Nämlich die Möglichkeit, es könnten elektrisch neutrale
Teilchen, die ich Neutronen nennen will, in den Kernen existieren,
welche den Spin $1/2$ haben und das Ausschliessungsprinzip befolgen und
sich von Lichtquanten ausserdem noch dadurch unterscheiden, dass sie
nicht mit Lichtgeschwindigkeit laufen. Die Masse der Neutronen
müsste von derselben Grossenordnung wie die Elektronenmasse sein und
jedenfalls nicht grösser als 0,01 Protonenmasse.- Das kontinuierliche
beta-Spektrum wäre dann verständlich unter der Annahme, dass beim
beta-Zerfall mit dem Elektron jeweils noch ein Neutron emittiert
wird, derart, dass die Summe der Energien von Neutron und Elektron
konstant ist.

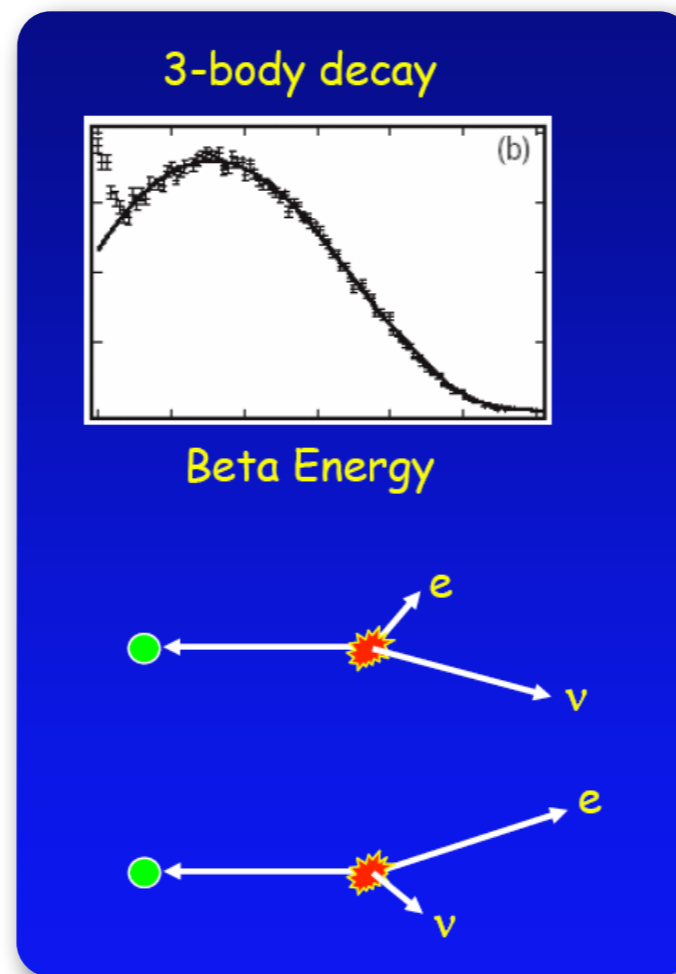
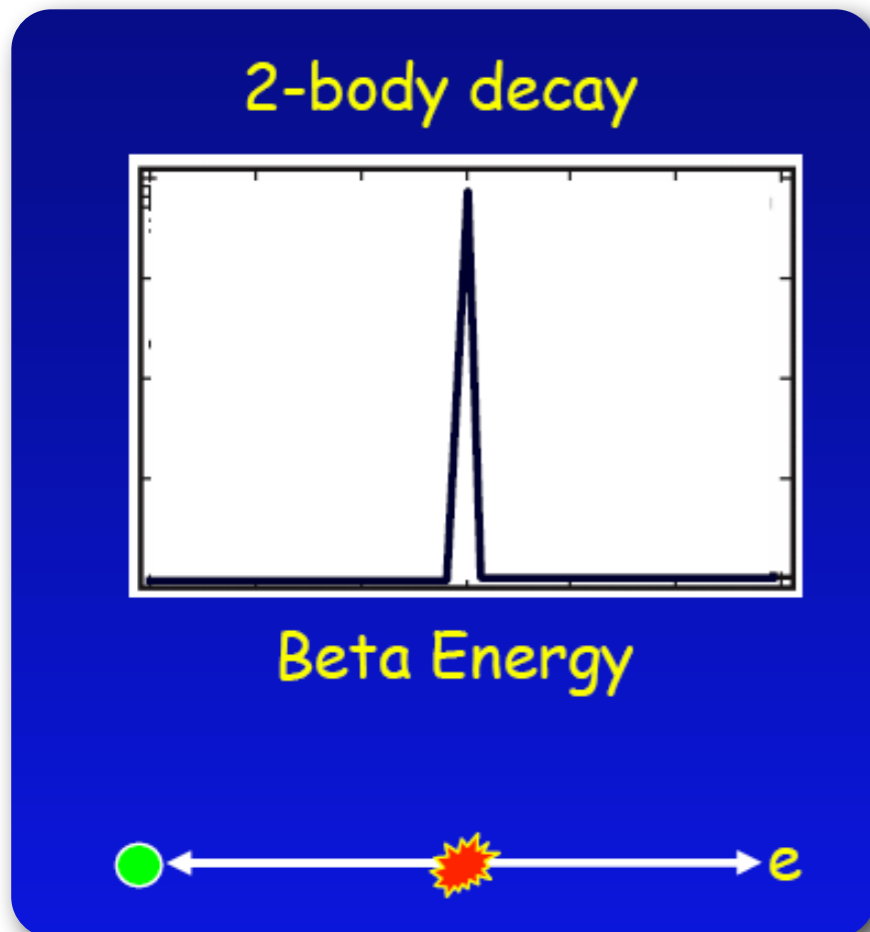
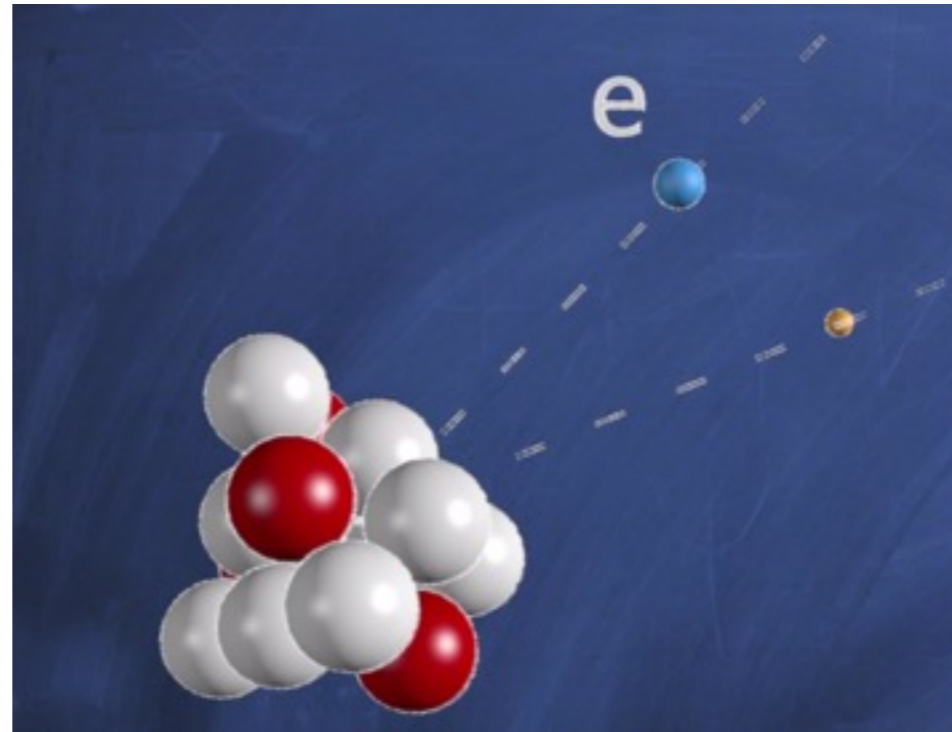
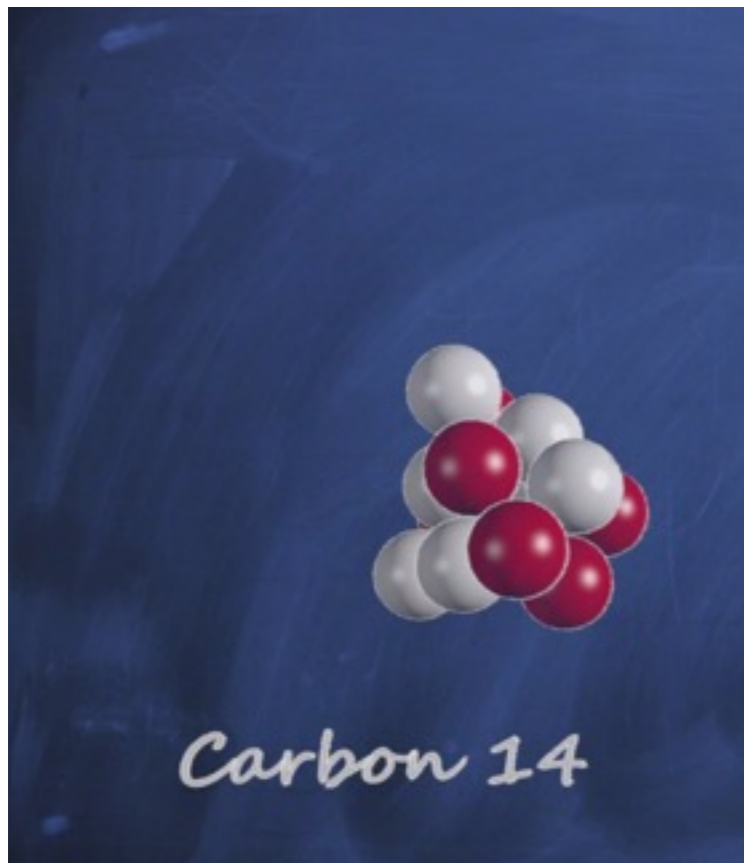
Zürich, Dec. 4, 1930

Physics Institute of the ETH
Gloriastrasse
Zürich

Dear Radioactive Ladies and Gentlemen,

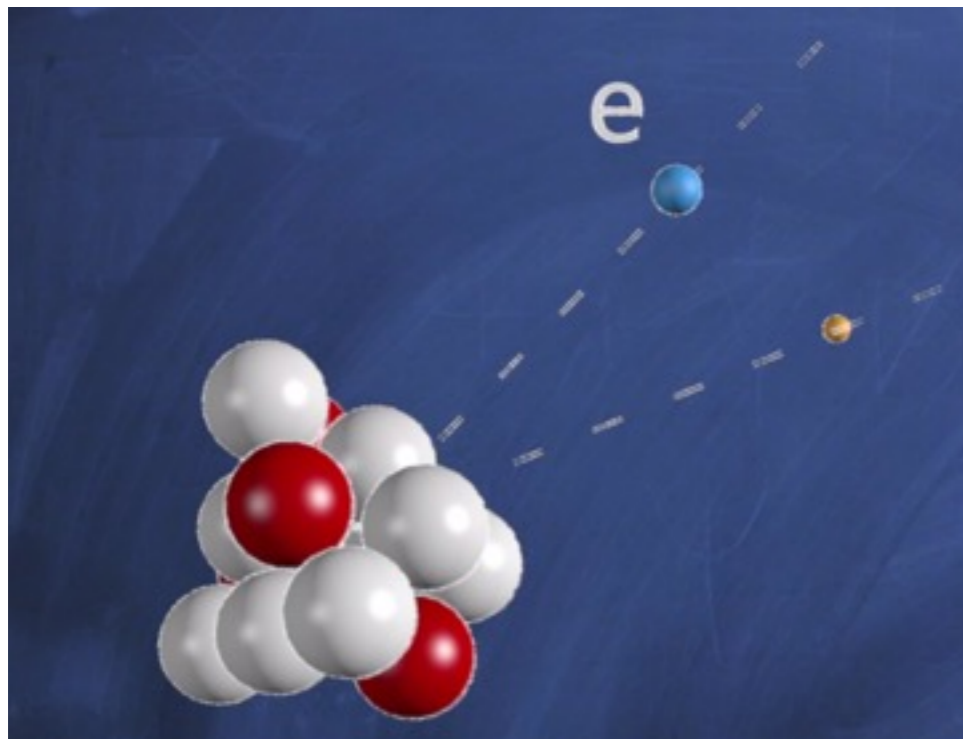
As the bearer of these lines, to whom I graciously ask you to listen, will explain to you in more detail, because of the "wrong" statistics of the N- and Li-6 nuclei and the continuous beta spectrum, I have hit upon **a desperate remedy** to save the "exchange theorem" (1) of statistics and the law of conservation of energy. Namely, the possibility that in the nuclei there could exist electrically neutral particles, which I will call neutrons, that have spin $1/2$ and obey the exclusion principle and that further differ from light quanta in that they do not travel with the velocity of light. The mass of the neutrons should be of the same order of magnitude as the electron mass and in any event not larger than 0.01 proton mass. - **The continuous beta spectrum would then make sense with the assumption that in beta decay, in addition to the electron, a neutron is emitted** such that the sum of the energies of neutron and electron is constant.





**Un remedio
desesperado**

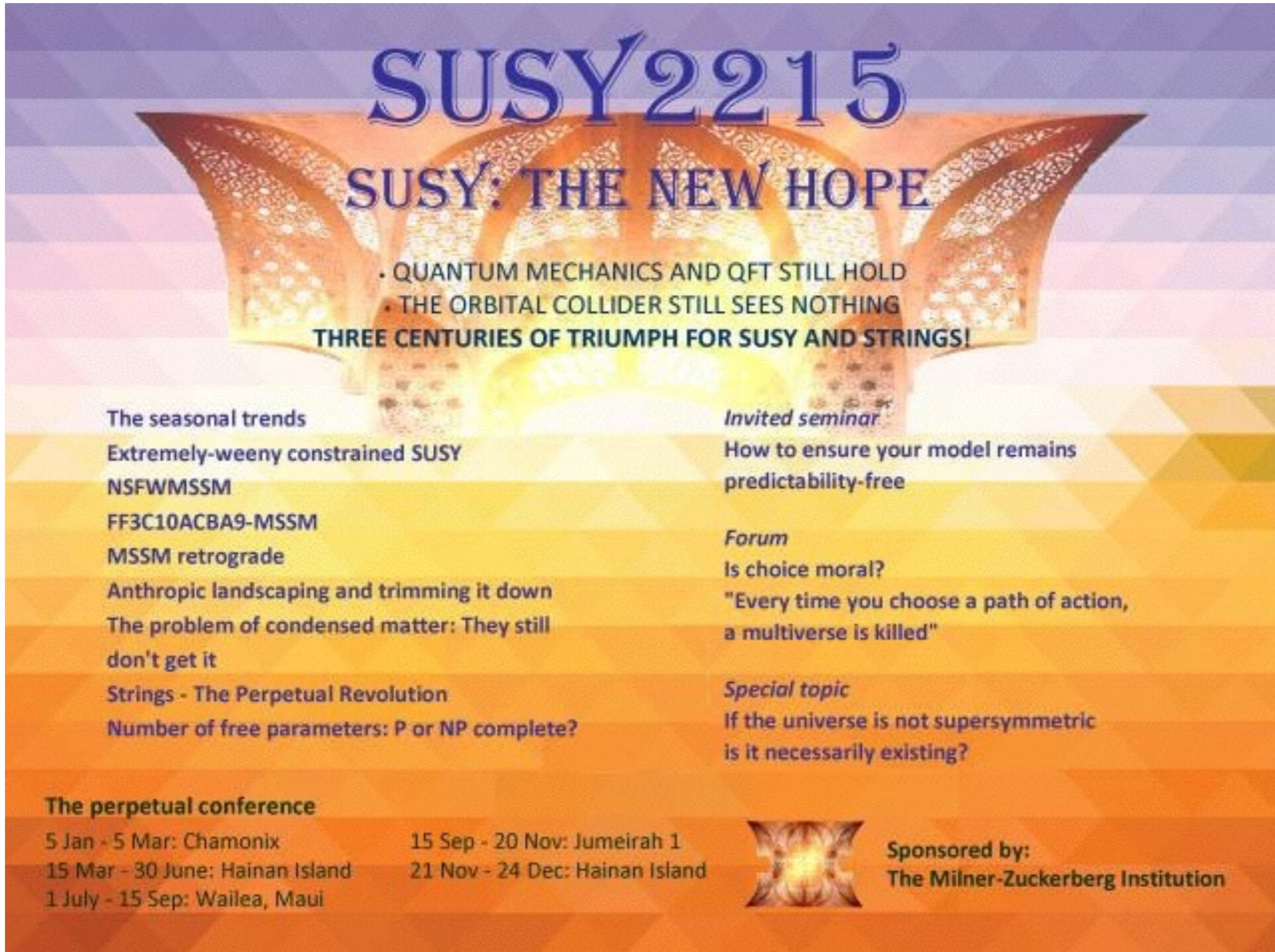
El “neutrón” (rebautizado como “neutrino” un poco más tarde por Fermi) no se detecta. Además para conservar energía-momento su masa tiene que ser prácticamente nula (su carga también lo es) y su interacción con la materia despreciable. En otras palabras, Pauli había predicho la existencia de un fantasma



**HE HECHO UNA COSA TERRIBLE
PROPONER UNA PARTÍCULA QUE
NO PUEDE DETECTARSE...**

**ES ALGO QUE UN FÍSICO TEÓRICO
NO DEBERÍA NUNCA HACER...**

Postular una partícula que no puede detectarse?



SUSY 2215
SUSY: THE NEW HOPE

- QUANTUM MECHANICS AND QFT STILL HOLD
- THE ORBITAL COLLIDER STILL SEES NOTHING

THREE CENTURIES OF TRIUMPH FOR SUSY AND STRINGS!

The seasonal trends
Extremely-weeny constrained SUSY
NSFWMSSM
FF3C10ACBA9-MSSM
MSSM retrograde
Anthropic landscaping and trimming it down
The problem of condensed matter: They still don't get it
Strings - The Perpetual Revolution
Number of free parameters: P or NP complete?

Invited seminar
How to ensure your model remains predictability-free

Forum
Is choice moral?
"Every time you choose a path of action, a multiverse is killed"

Special topic
If the universe is not supersymmetric is it necessarily existing?

The perpetual conference
5 Jan - 5 Mar: Chamonix
15 Mar - 30 June: Hainan Island
1 July - 15 Sep: Wailea, Maui
15 Sep - 20 Nov: Jumeirah 1
21 Nov - 24 Dec: Hainan Island

Sponsored by:
The Milner-Zuckerberg Institution

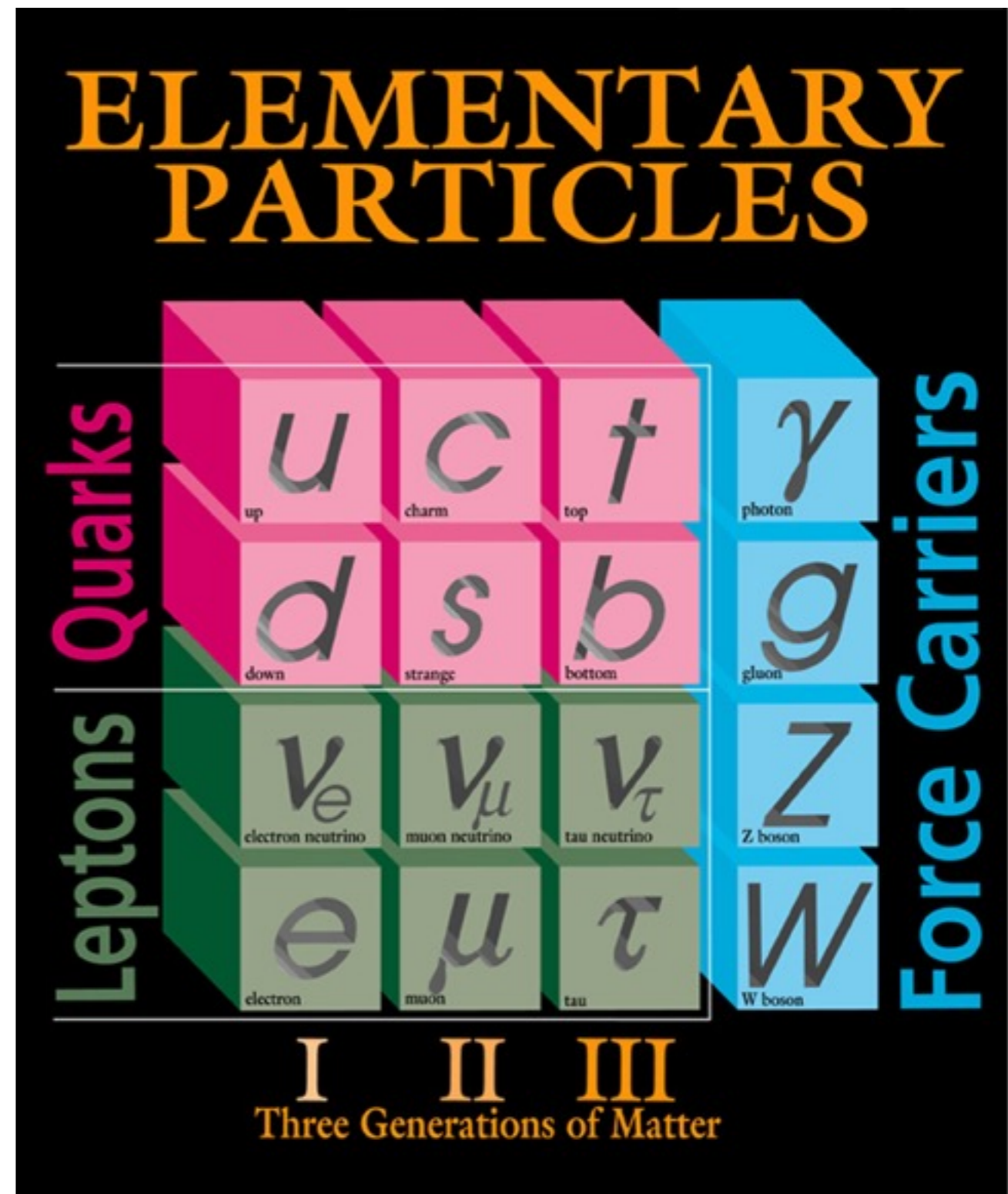


LO CIERTO ES QUE NO CREO EN LOS NEUTRINOS. INCLUSO ME ATREVERÍA A AFIRMAR QUE LOS FÍSICOS EXPERIMENTALES NO SON LO SUFICIENTEMENTE INGENIOSOS PARA DETECTAR O PRODUCIR NEUTRINOS...

SIR ARTHUR NO SE HUBIERA GANADO LA VIDA COMO PROFETA. HEMOS OBSERVADO NEUTRINOS PROCEDENTES DEL SOL, DE LA ATMÓSFERA (INDUCIDOS POR RAYOS CÓSMICOS), DE SUPERNOVA(S) (1987A) Y PRODUCIDOS POR EL HOMBRE EN REACTORES Y HACES DE NEUTRINOS

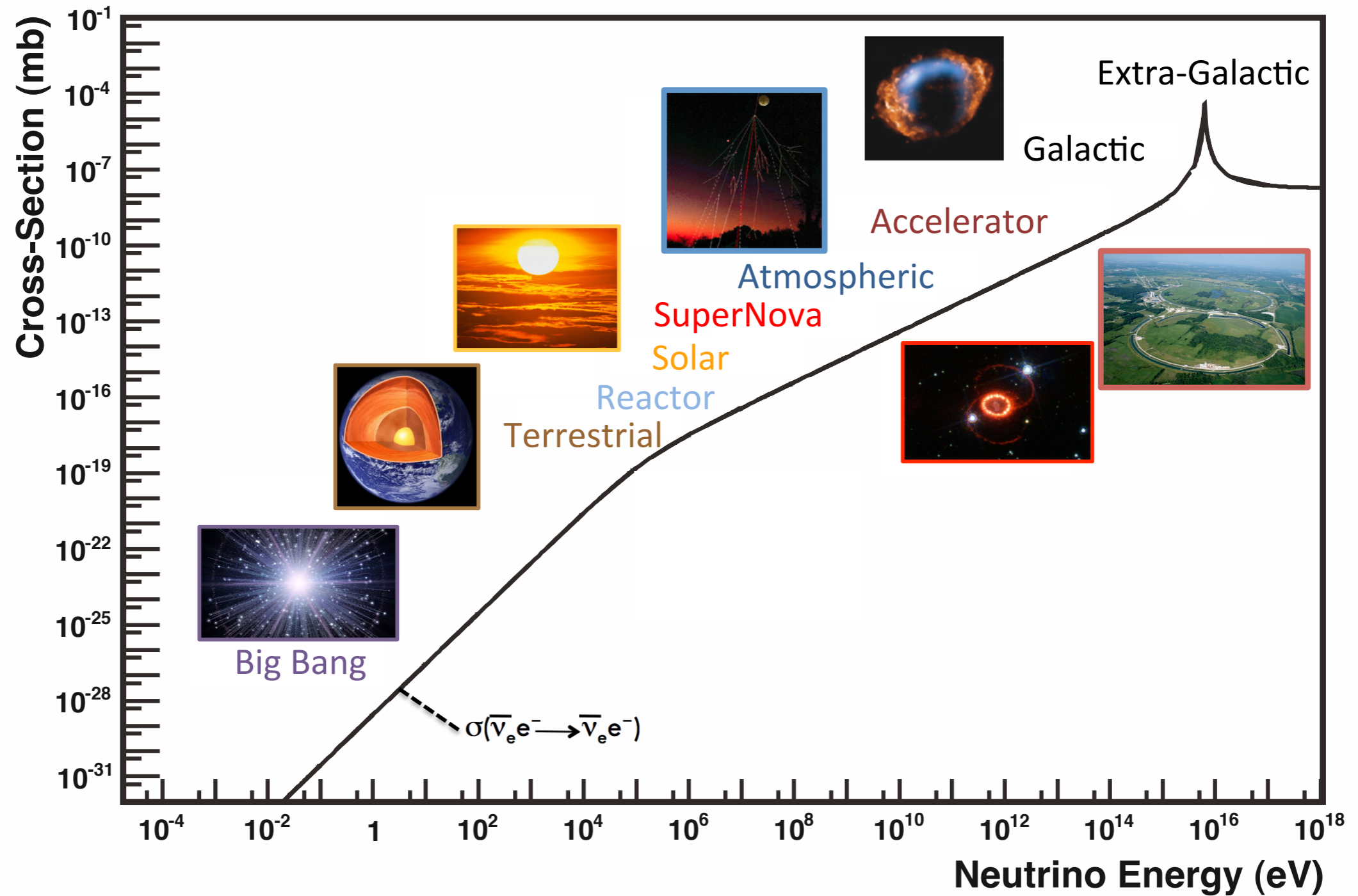
ADEMÁS EL EXPERIMENTO ICE CUBE ACABA DE DEMOSTRAR LA EXISTENCIA DE NEUTRINOS QUE PROVIENE DEL CENTRO DE LA GALAXIA Y DE OTRAS GALAXIAS

▣ Sabemos que hay tres especies de neutrinos



Neutrino sources

Neutrinos are everywhere!

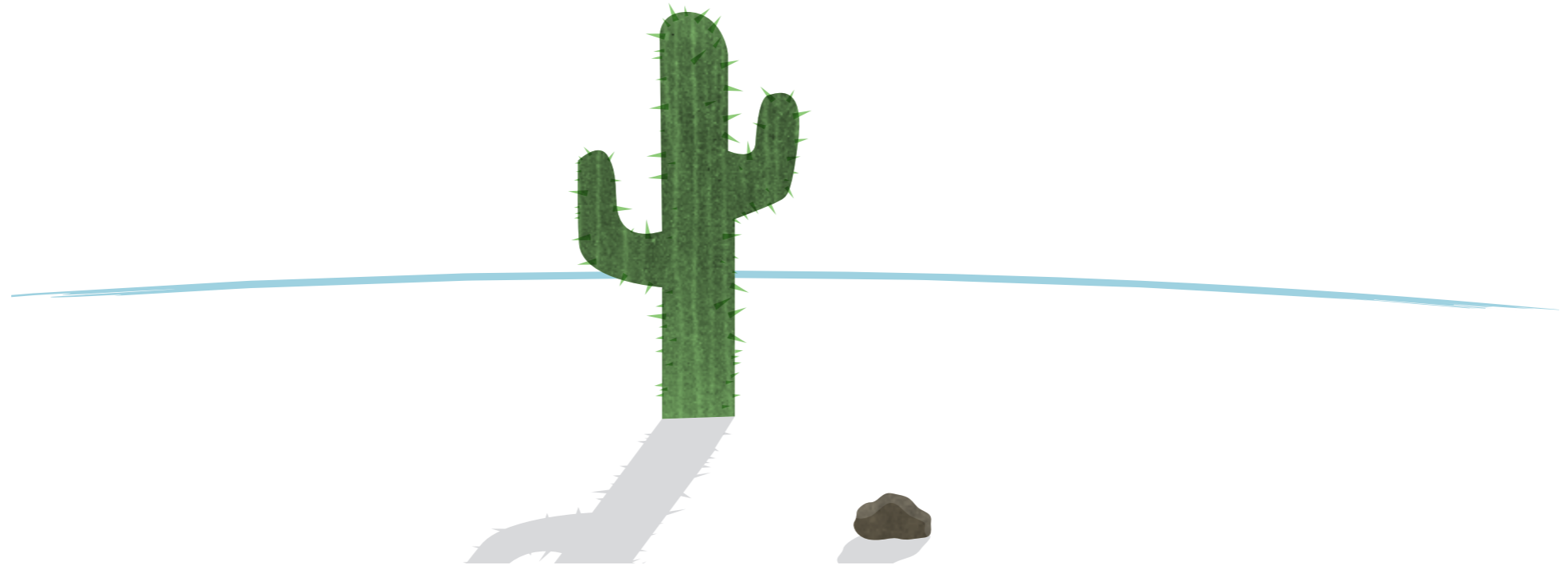


Fuentes de neutrinos detectadas por los hombres!

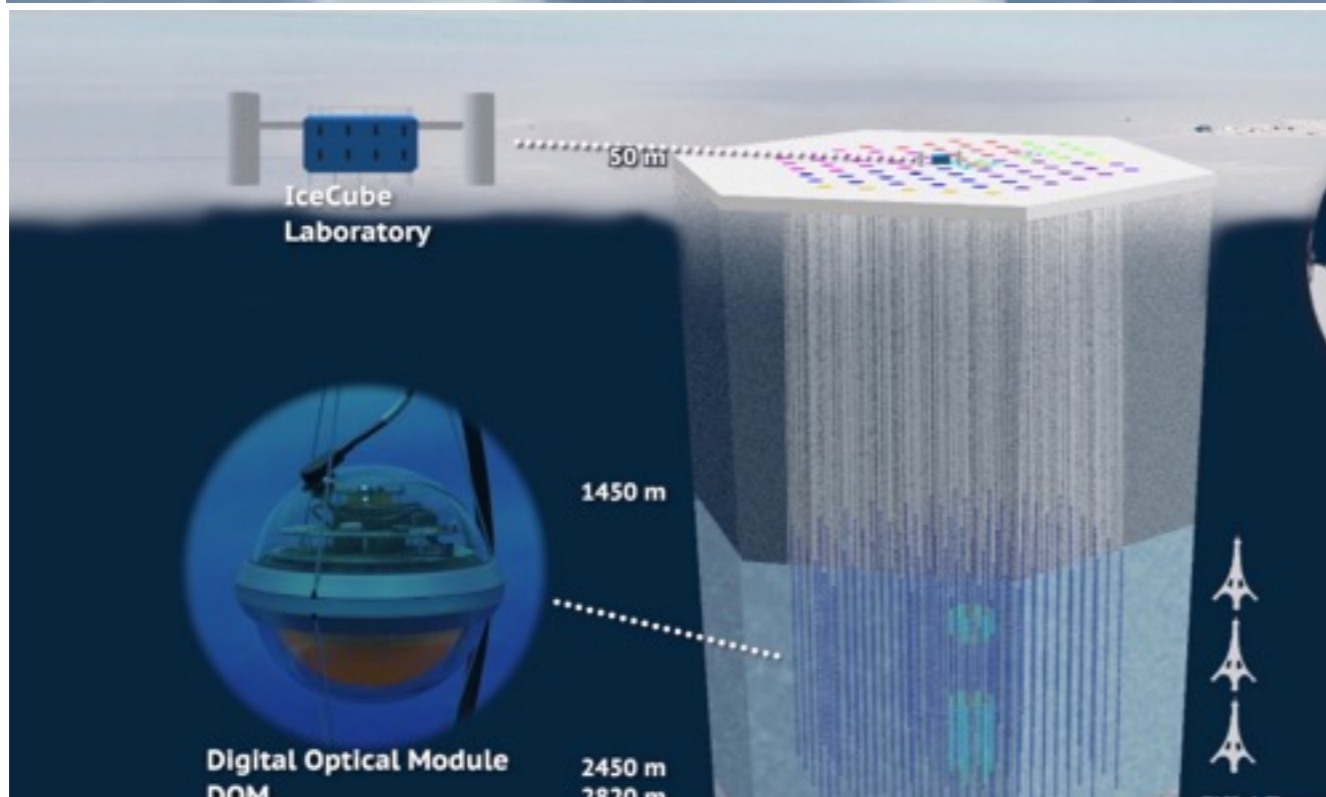
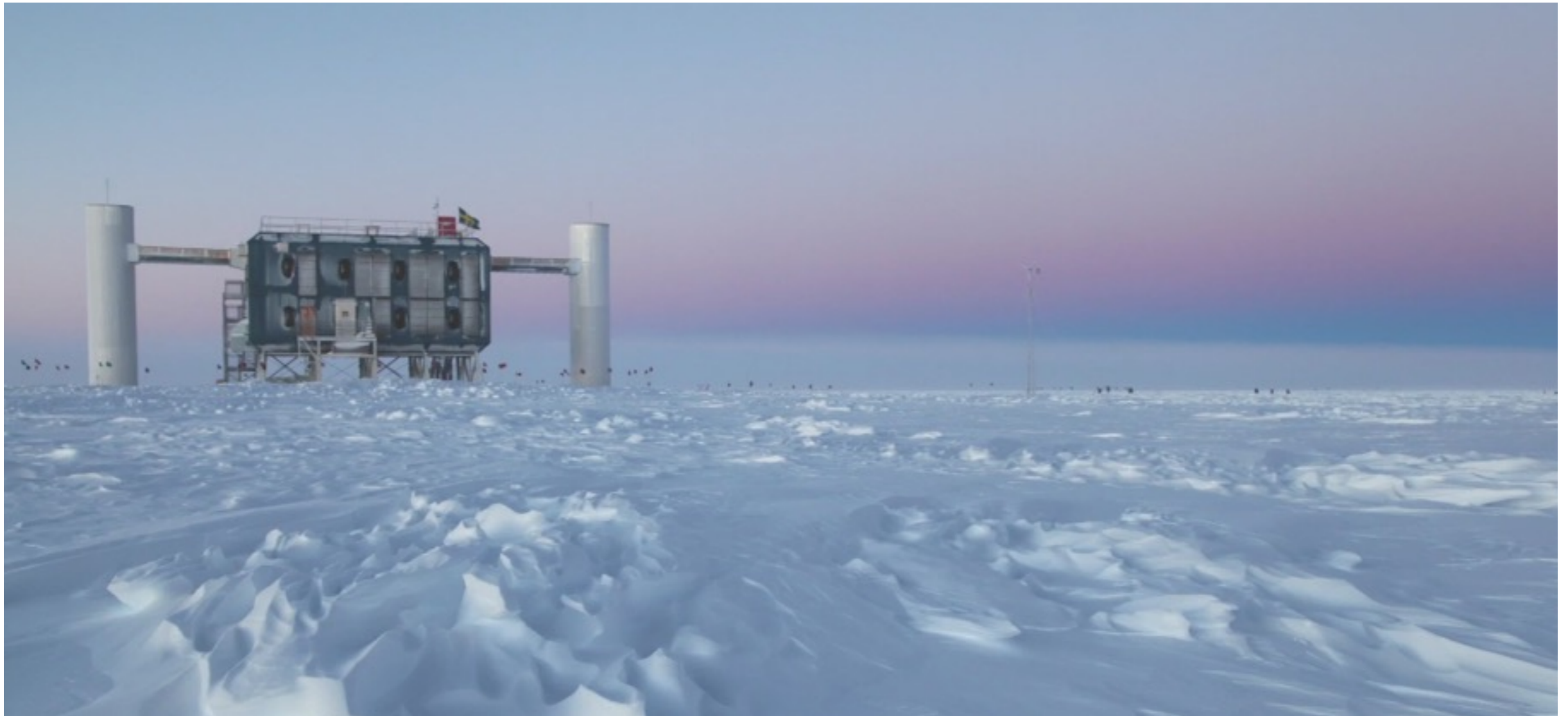


Paisaje con neutrinos

<http://www.jotdown.es/2012/12/juan-jose-gomez-cadenas-paisaje-con-neutrinos/>

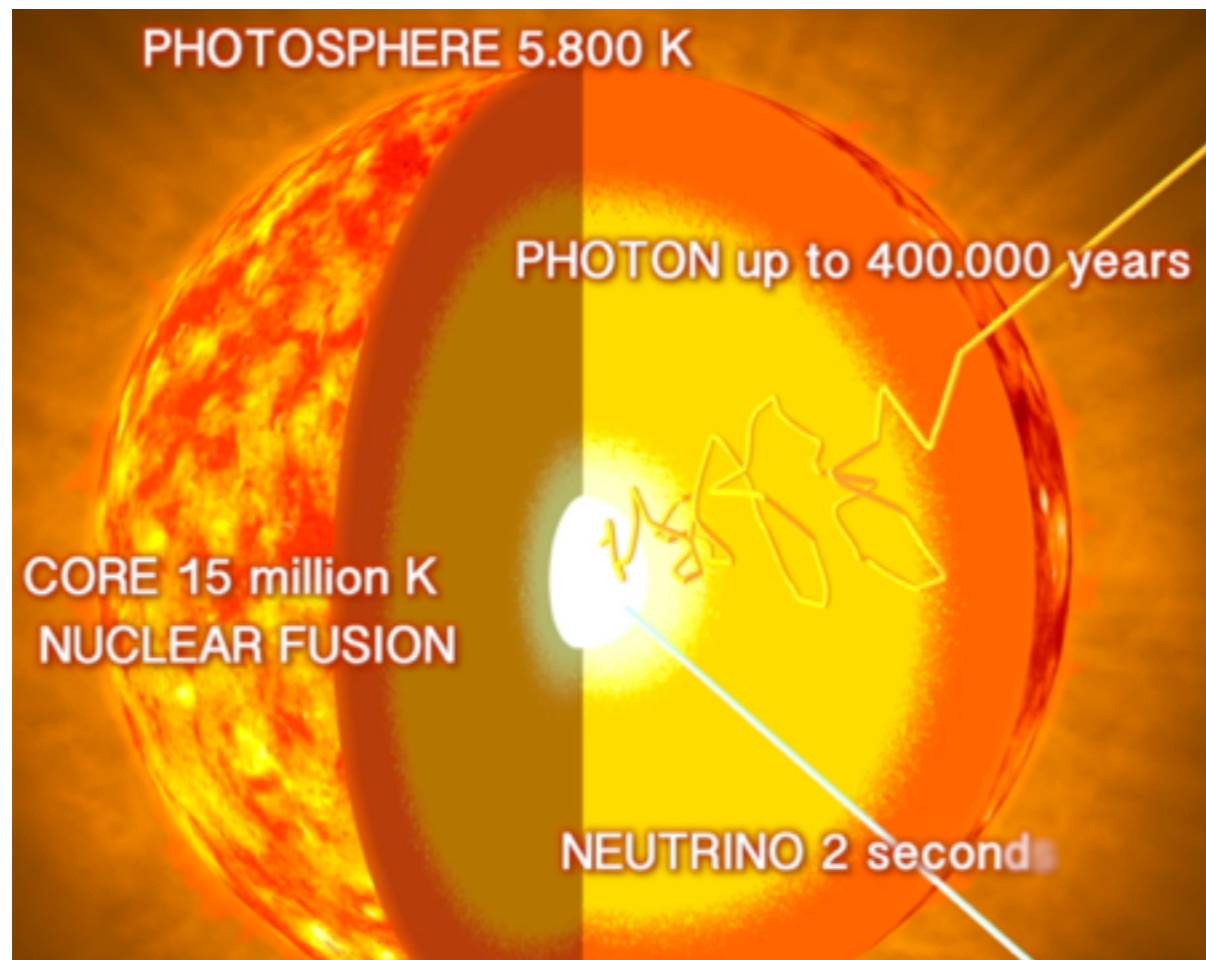


Paisaje con comanches



El objetivo del detector IceCube es detectar neutrinos cósmicos

Pero: ¿por qué queremos observar neutrinos cósmicos?



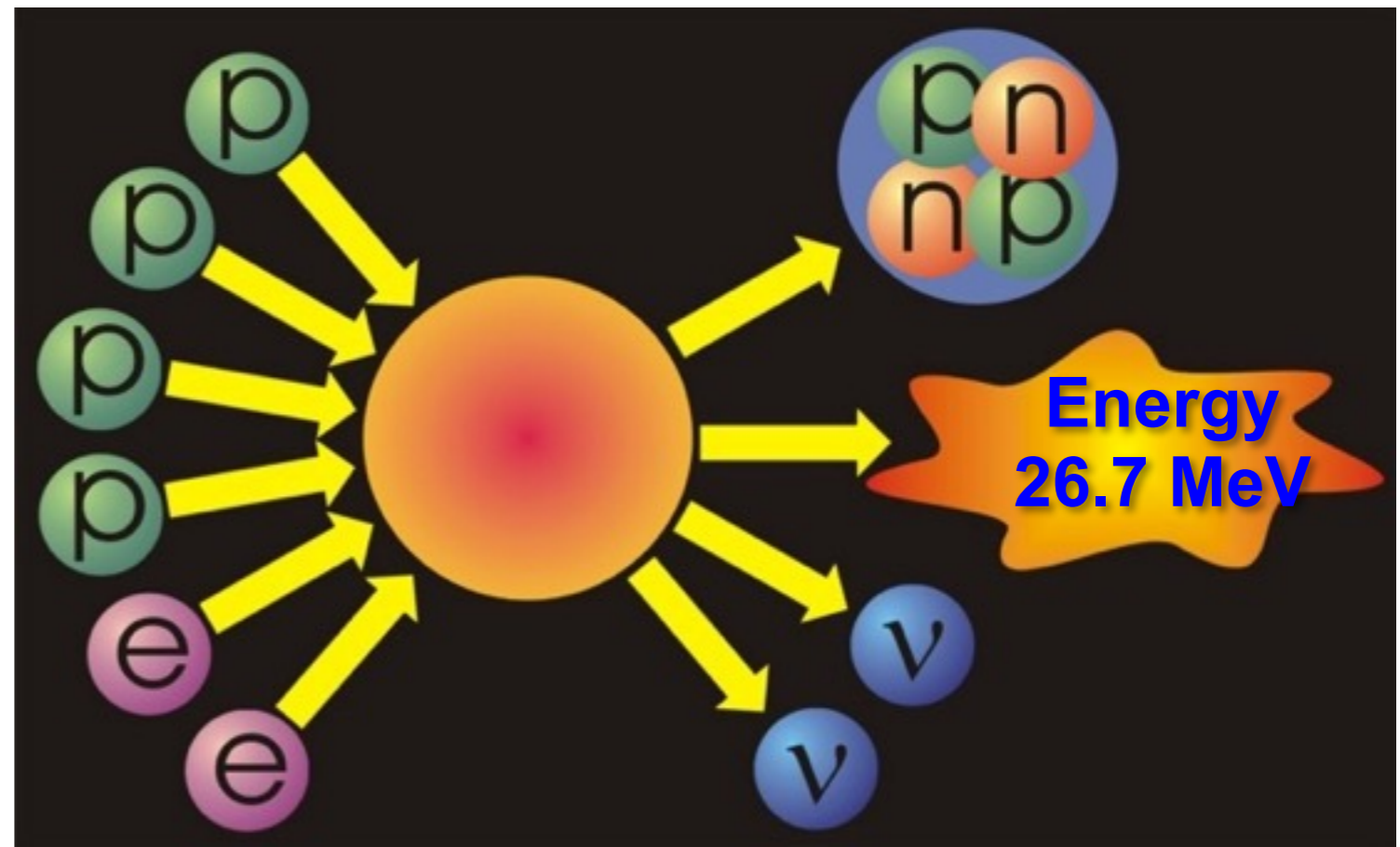
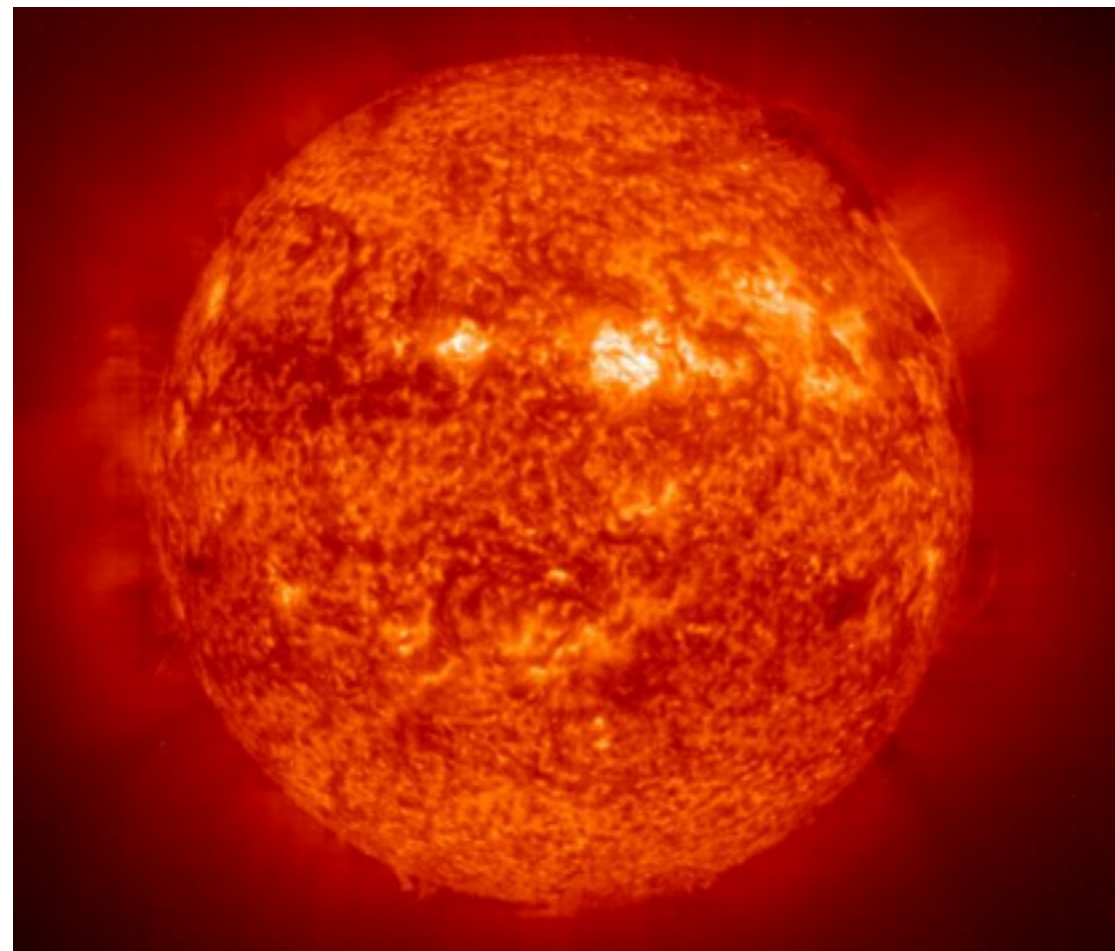
Los neutrinos apenas interaccionan con la materia

Por esa misma razón son mensajeros ideales, capaces de transmitir información sobre fenómenos exóticos en el universo

Por ejemplo, nos permiten estudiar el interior del sol

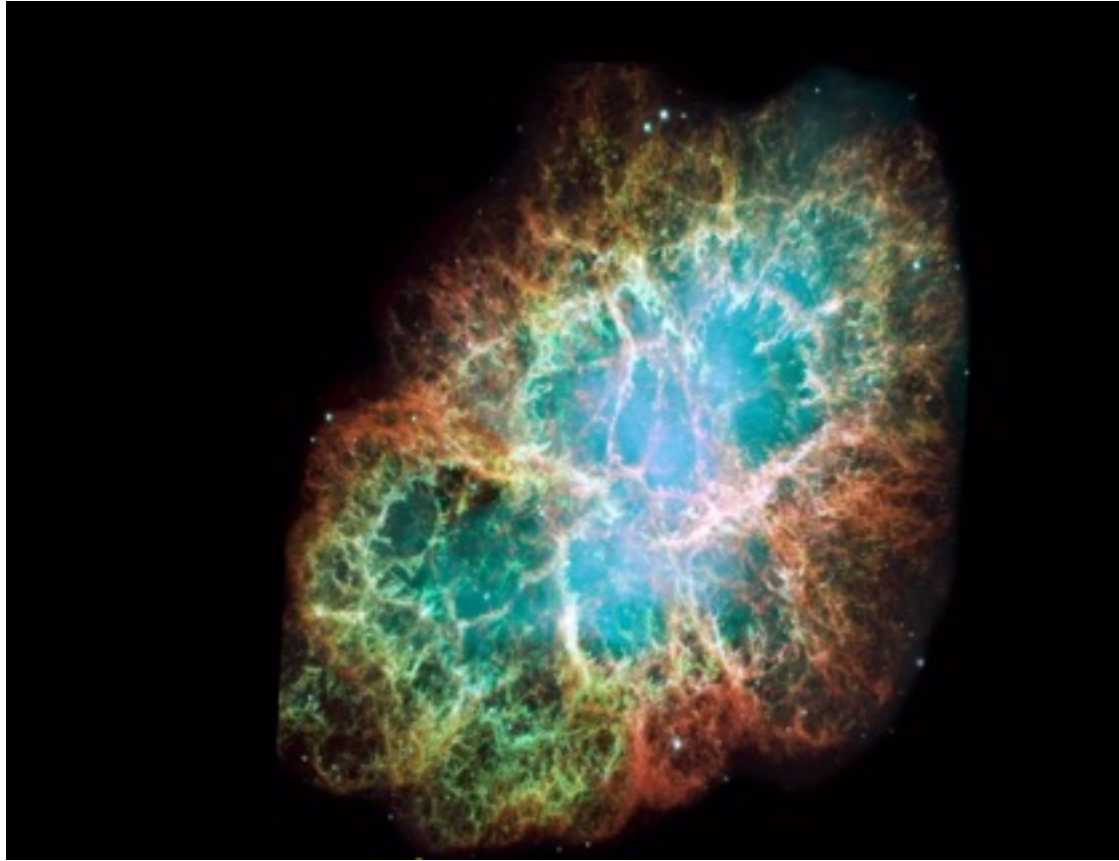
Neutrinos Solares

- El sol quema hidrógeno en reacciones de fusión nuclear para producir energía (calor y luz) y neutrinos:

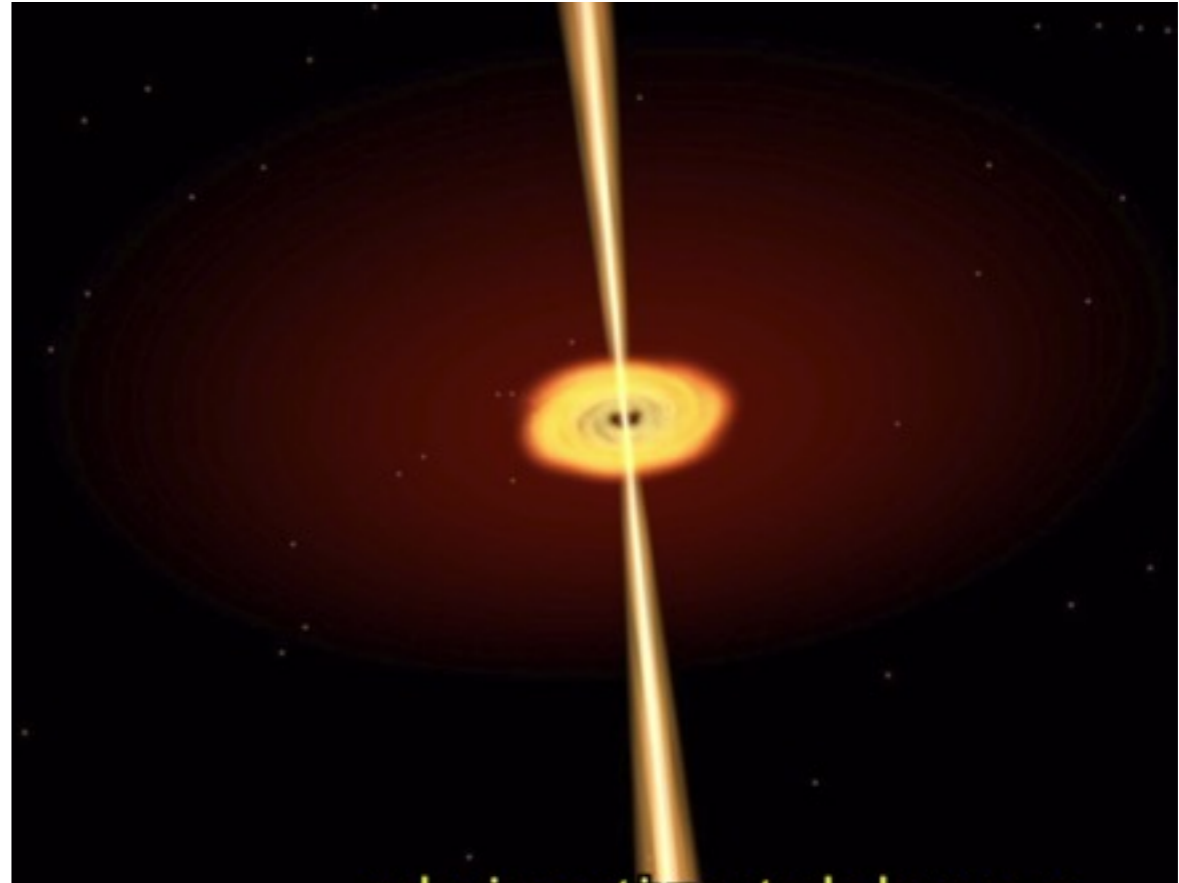


- El número de neutrinos en la tierra: $66 \times 10^9 \nu_e / \text{s} / \text{cm}^2$ después de un viaje de 8 minutos

¿Otros fenómenos que emiten neutrinos?

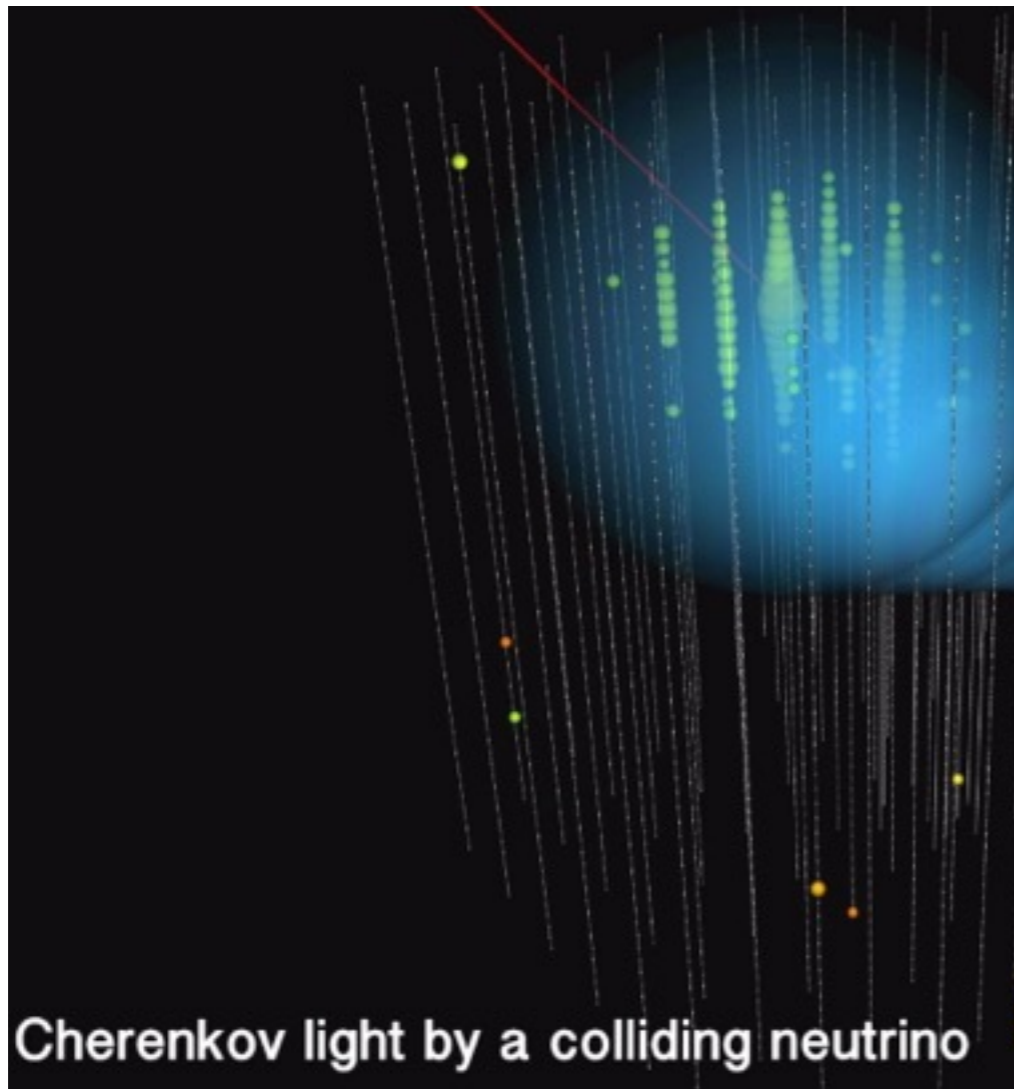


Supernovas

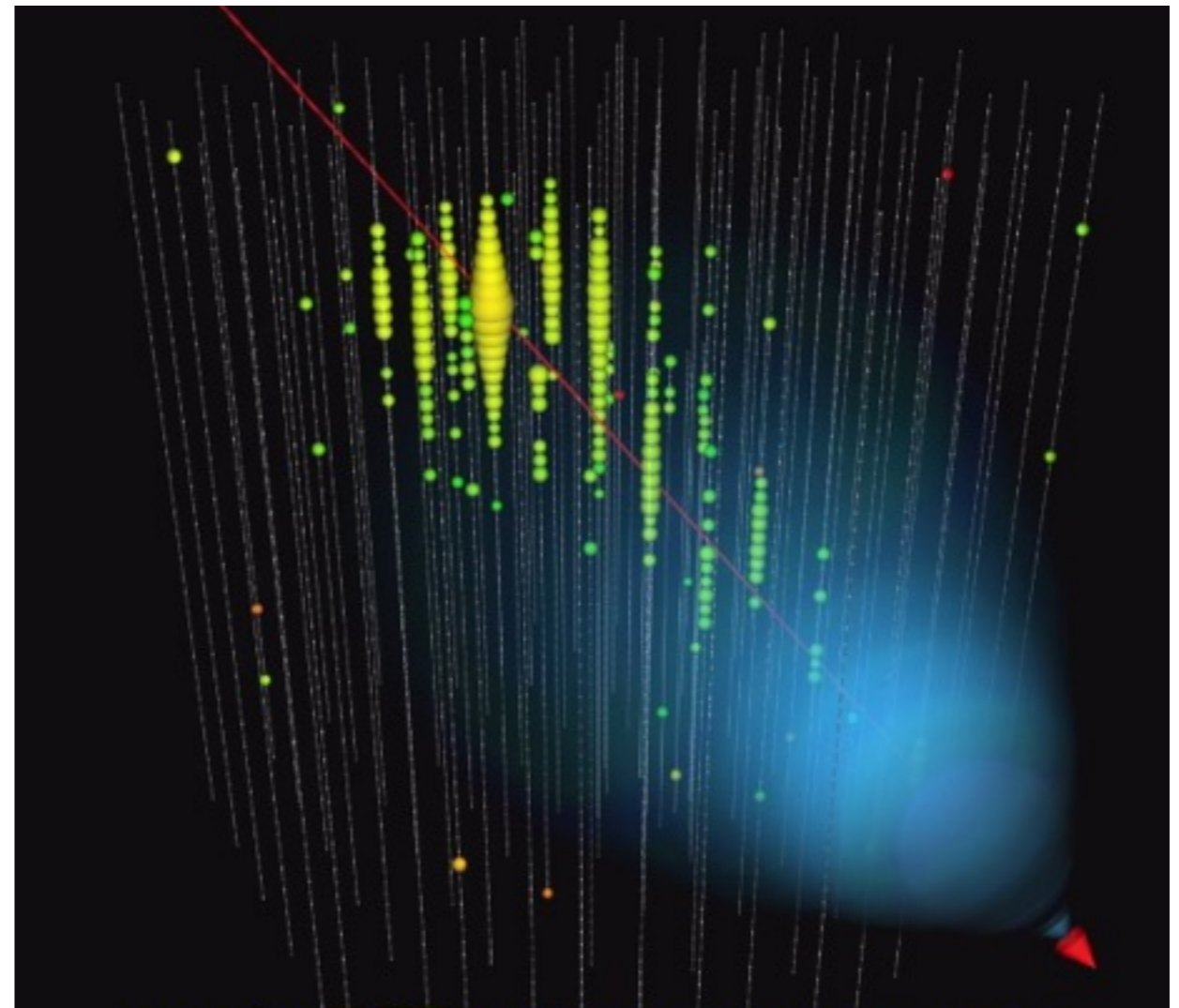


Cuásares y agujeros negros que podrían dar lugar a aceleradores cósmicos

¿Cómo detecta IceCube los neutrinos?



Los neutrinos viajan más rápido que la luz en el hielo



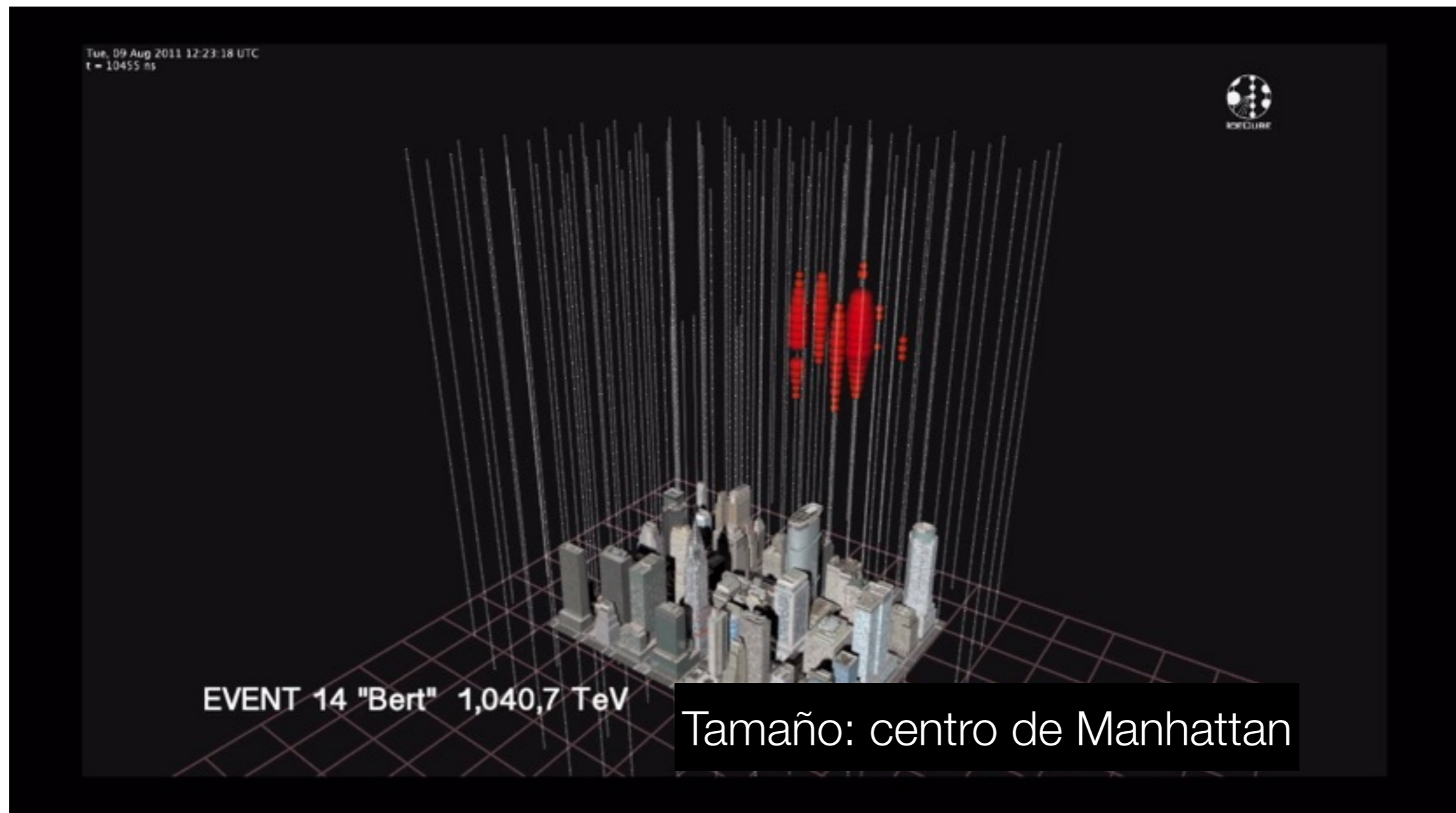
Emiten una “onda de choque” (radiación de Cerenkov) de luz azul que registran los sensores de IC



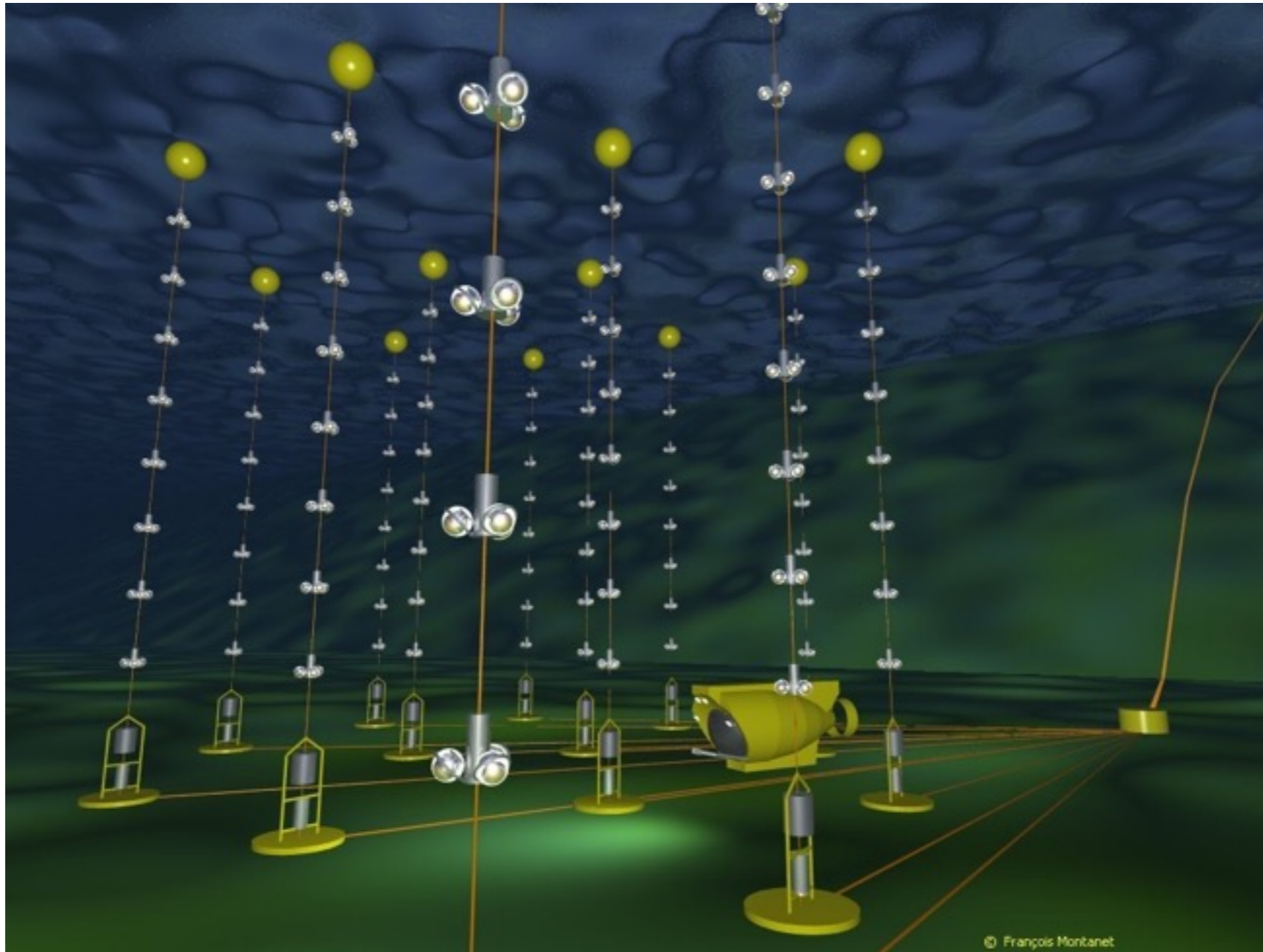
Ice Cube es una matriz de DOMs que abarca 1 kilómetro cúbico



¿Qué aspecto tiene un neutrino en Ice Cube?



Paisaje mediterráneo con neutrinos



Antares/KM3NET (con fuerte participación del IFIC)



Paisaje sin neutrinos

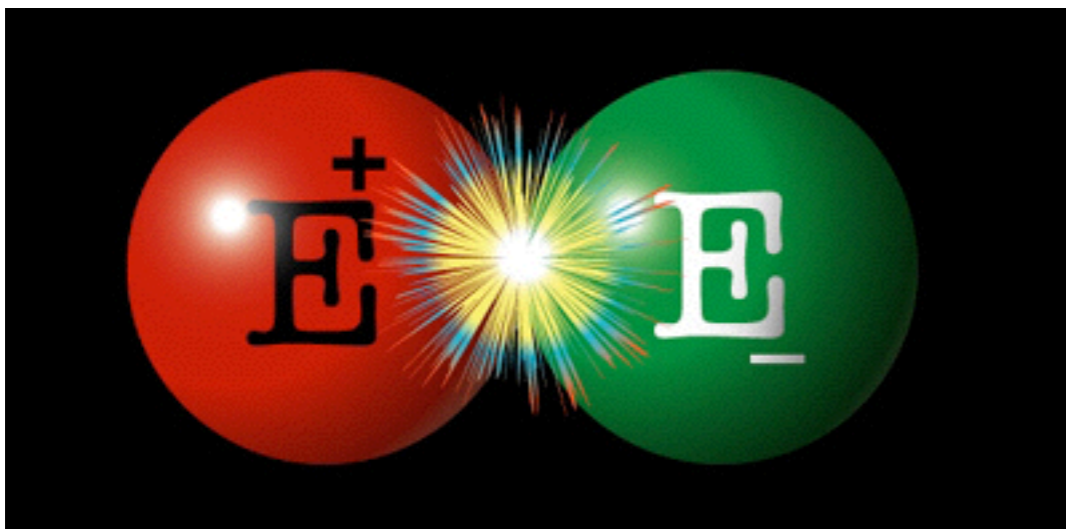
<http://www.jotdown.es/2013/02/juan-jose-gomez-cadenas-paisaje-sin-neutrinos-i-un-remedio-desesperado/>

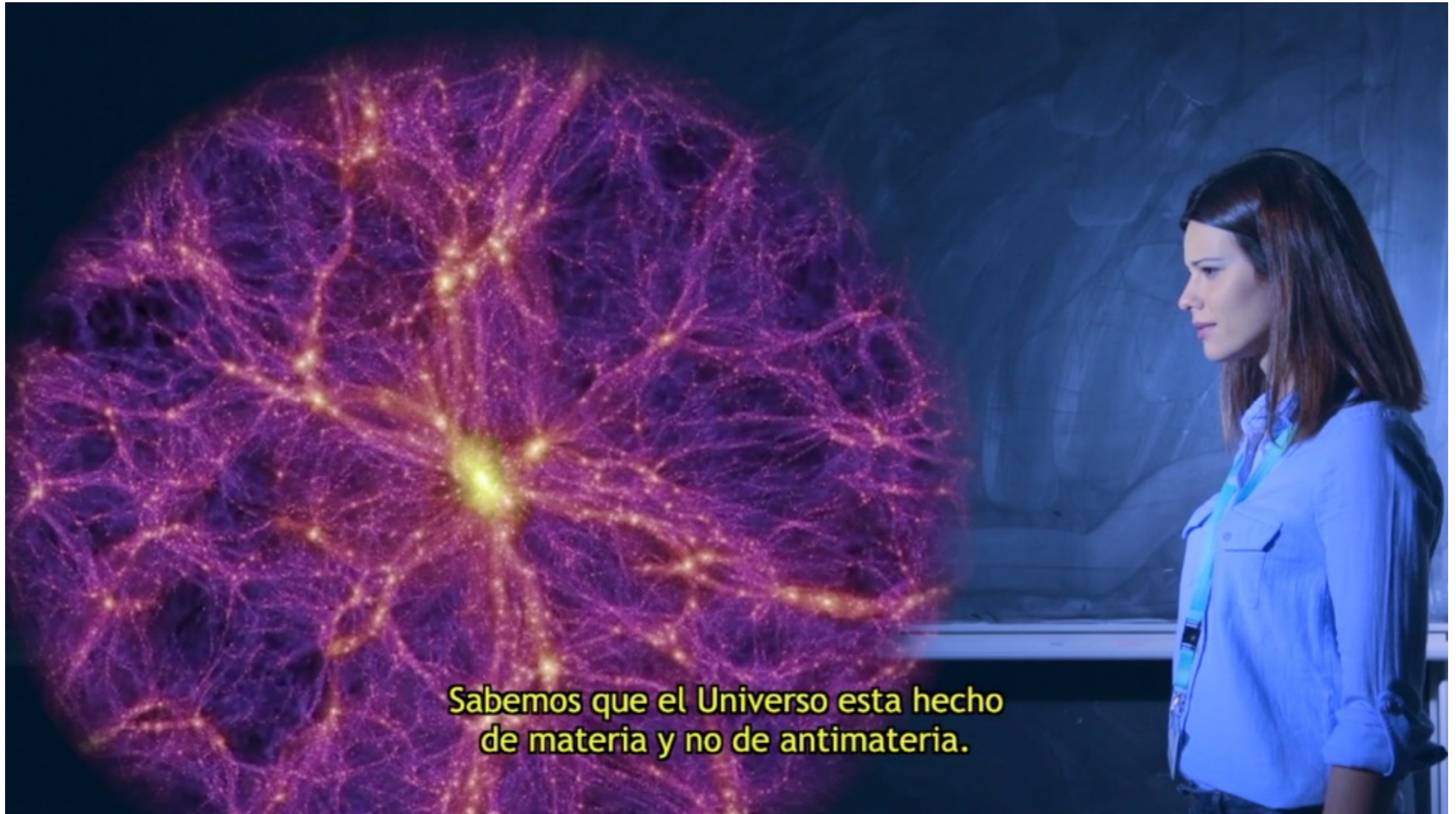


Materia y antimateria: Alice mirándose en el espejo de la realidad.

Los aceleradores de partículas producen materia con igual abundancia que antimateria

Todo indica que la materia y la antimateria deberían existir en proporciones idénticas





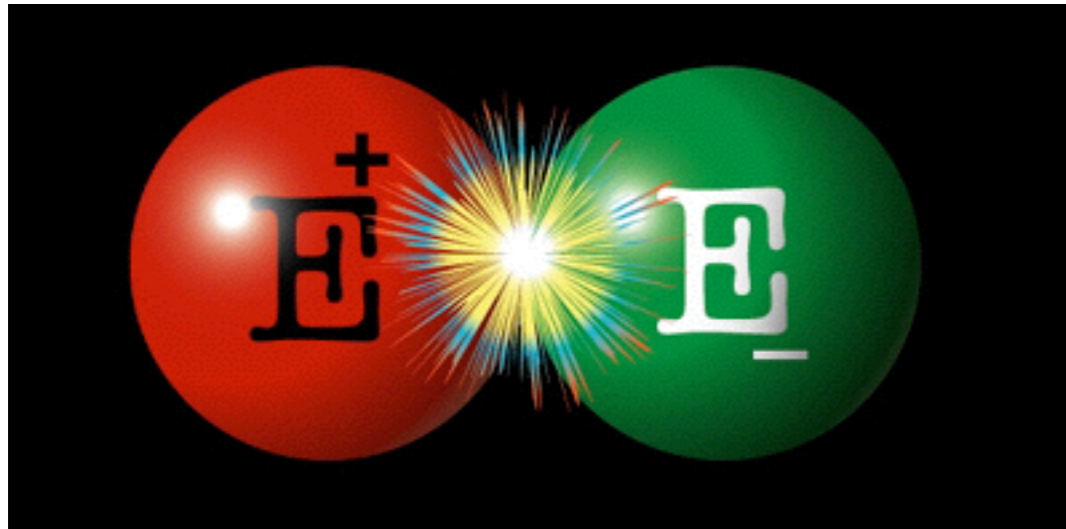
**Sabemos que el Universo esta hecho
de materia y no de antimateria.**



Sin embargo el universo primitivo debió constar de iguales cantidades de materia y antimateria. ¿Qué paso con la antimateria?



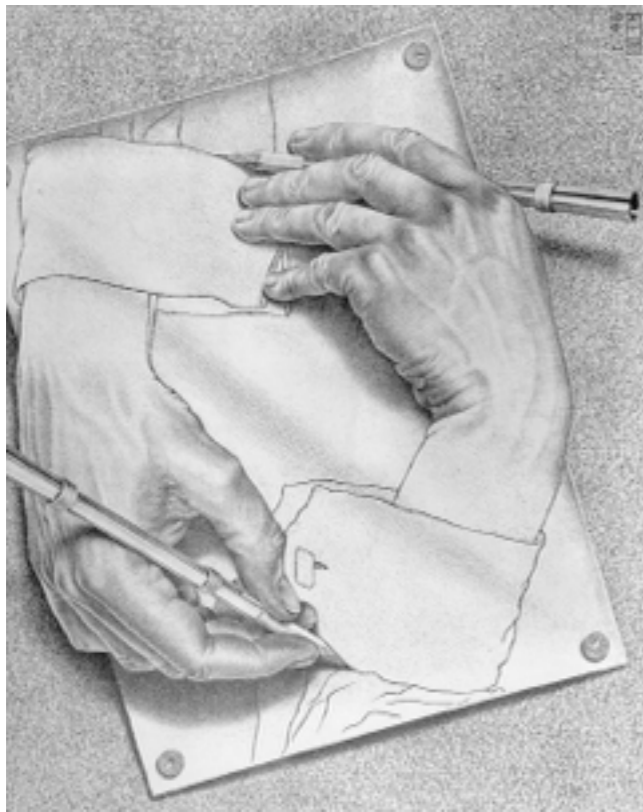
¿Cómo explicar su desaparición? (sin recurrir a Deus ex machina)



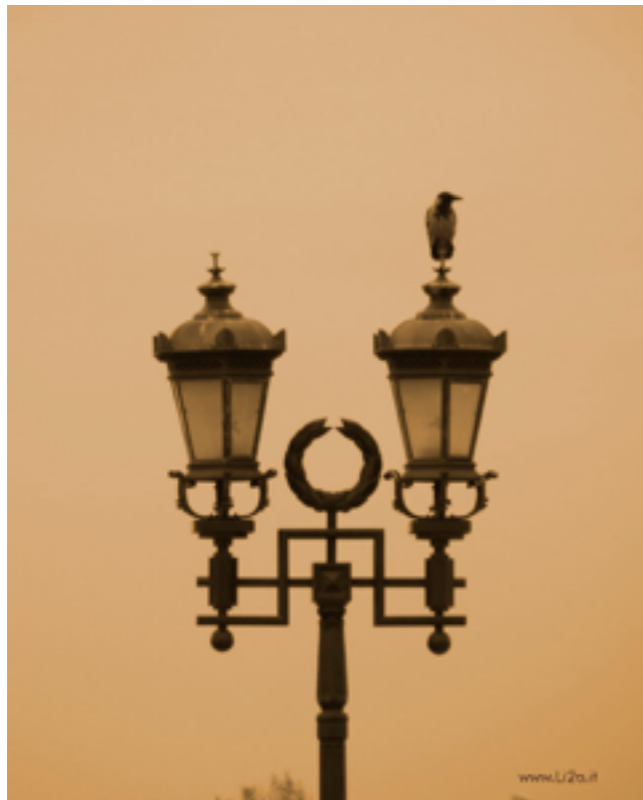
El neutrino no
tiene carga
eléctrica



Podría ser la única
partícula elemental
conocida que es su
propia
antipartícula

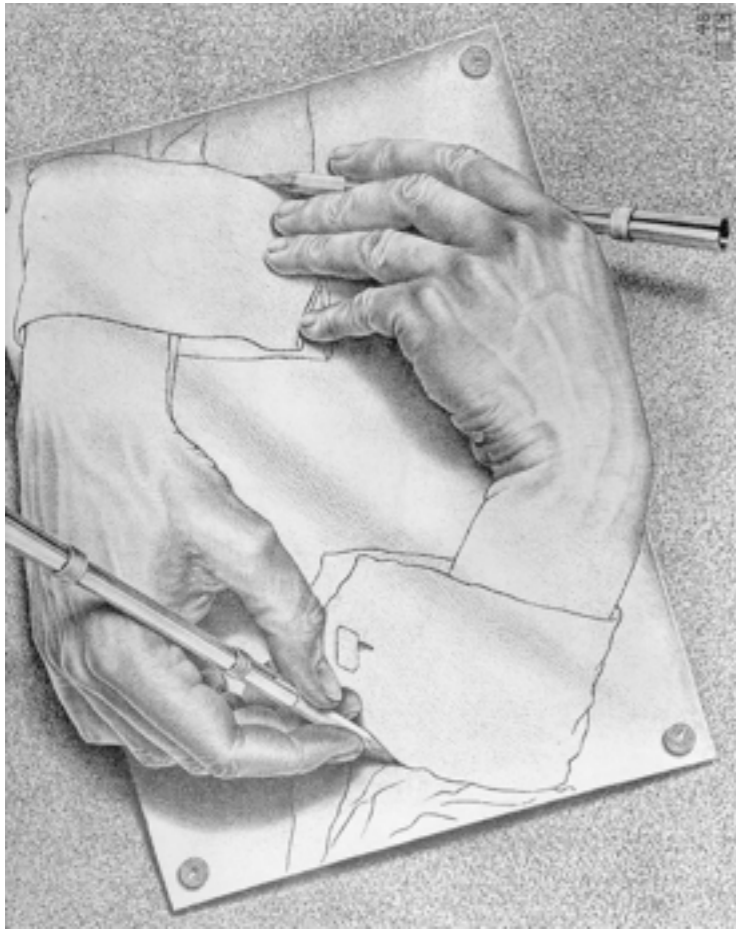


Si en el universo primitivo existen neutrinos que son a la vez materia y antimateria (neutrinos de Majorana)

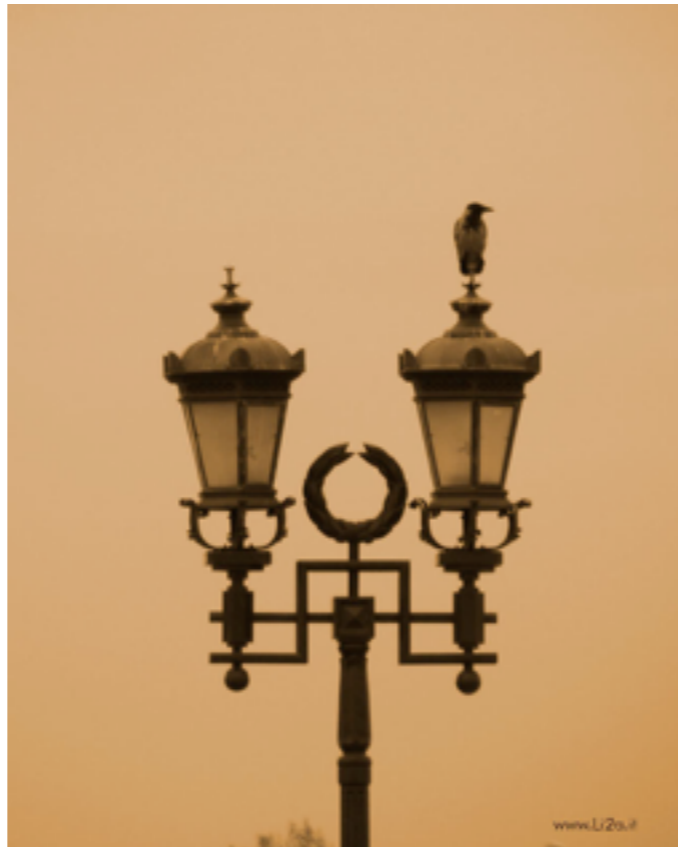


Y se da el fenómeno de violación de CP (el neutrino primitivo se desintegra un poco más a materia que a antimateria, introduciendo una asimetría entre ambas)

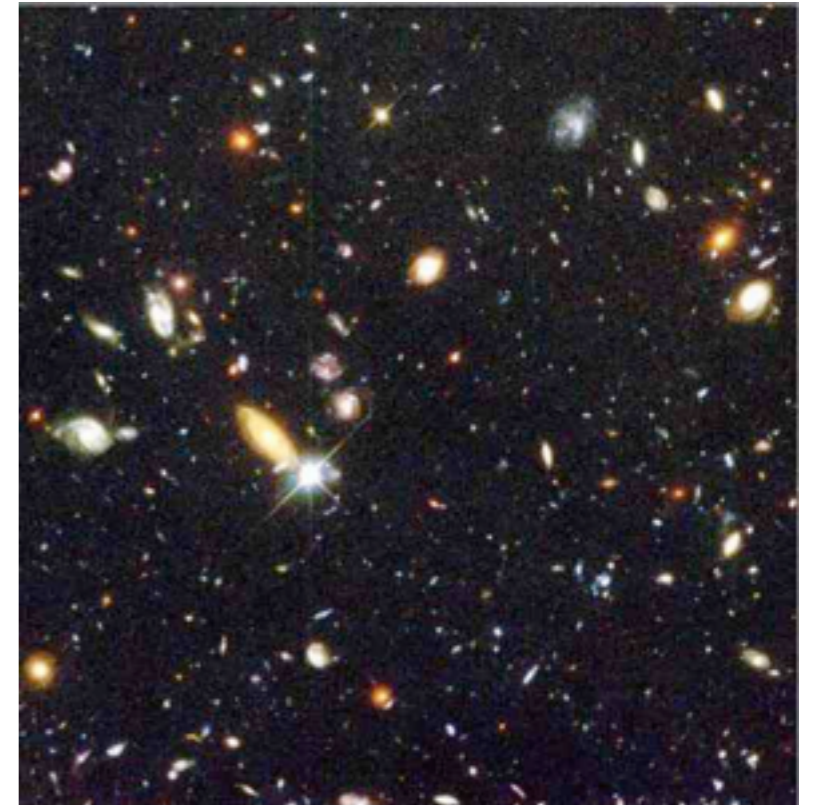
Entonces la fórmula del universo sería...

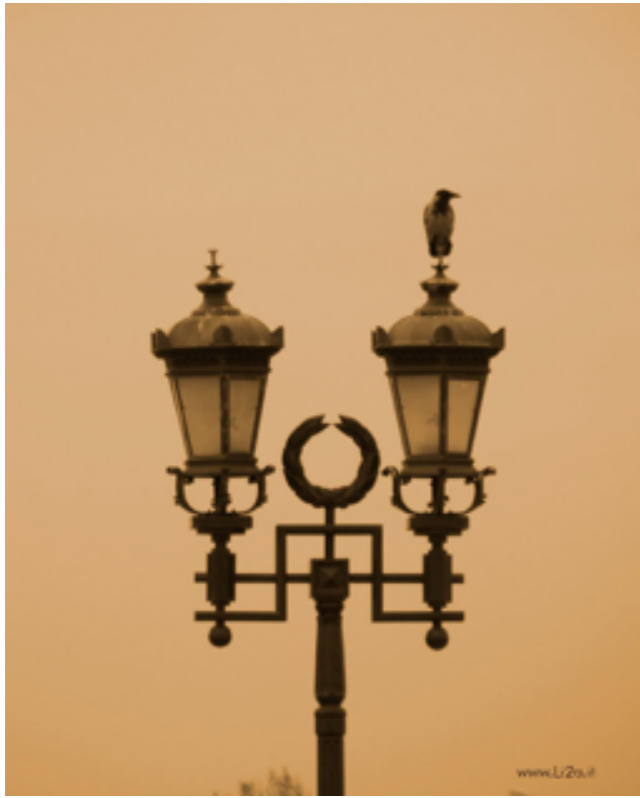


+

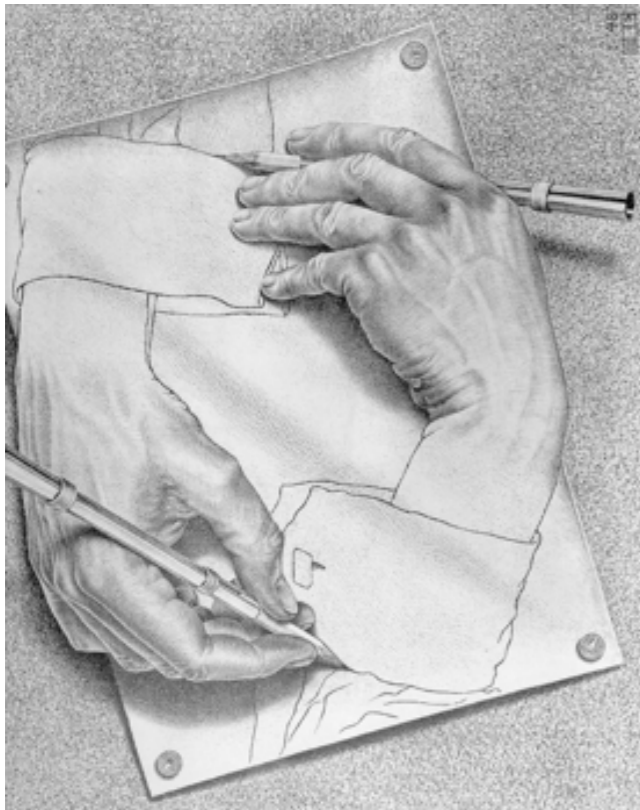


=





==



lepto_rs_pt_mix_hubble

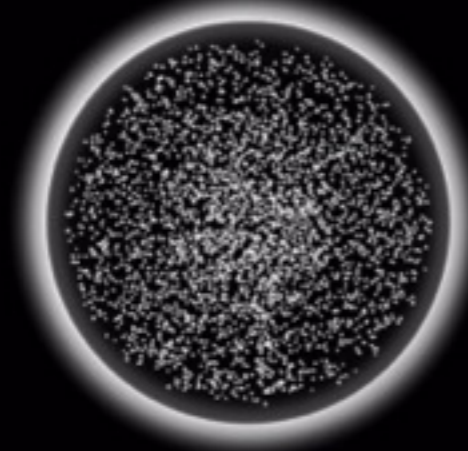
$$\begin{aligned}
 & \frac{i}{dm12 (dm12^2 - dm12 dm13)} - \frac{i}{dm13 (dm12^2 - dm12 dm13)} + \\
 & \frac{i}{(-dm12 + dm13) (dm12^2 - dm12 dm13)} - \frac{i}{(dm12 - dm13) (-dm12^2 + dm12 dm13)} - \\
 & \frac{i}{dm13 (-dm12^2 + dm12 dm13)} + \frac{i}{(dm12 - dm13) (-2 dm12^2 + 2 dm12 dm13)} + \\
 & \frac{i}{dm13 (-2 dm12^2 + 2 dm12 dm13)} + \frac{i}{dm12 (-2 dm12^2 + 4 dm12 dm13 - 2 dm13^2)} - \\
 & \frac{i}{dm12 (dm12 dm13 - dm13^2)} + \frac{i}{dm12 (-2 dm12 dm13 + 2 dm13^2)} + \frac{i}{2 dm12 dm13^2 - 2 dm13^3} - \\
 & \frac{i e^{-g1 t}}{2 dm12 dm13^2} + \frac{i e^{-g1 r t}}{(dm12 - dm13) dm13^2} - \frac{i e^{-g1 r t}}{2 dm12 (dm12 - dm13) dm13} + \\
 & \frac{i e^{-g1 r t}}{dm13^2 (-dm12 + dm13)} - \frac{i e^{-g1 r t}}{2 dm12 dm13 (-dm12 + dm13)} - \frac{i e^{-\frac{g1 t}{2} - \frac{g1 r t}{2} - \frac{1}{3} i dm12 t^3}}{dm12^2 dm13} + \\
 & \frac{i e^{-\frac{g1 t}{2} + \frac{1}{3} i dm13 t^3}}{dm12 dm13^2} + \frac{i e^{\frac{1}{3} i dm13 t^3}}{dm12 (dm12 dm13 e^{\frac{g1 t}{2}} - dm13^2 e^{\frac{g1 t}{2}})} - \frac{i e^{\frac{1}{3} i dm13 t^3}}{dm12 dm13^2 e^{\frac{g1 t}{2}} - dm13^3 e^{\frac{g1 t}{2}}} - \\
 & \frac{i}{dm12 (2 dm12^2 e^{g1 t} - 2 dm12 dm13 e^{g1 t})} + \frac{i}{dm13 (2 dm12^2 e^{g1 t} - 2 dm12 dm13 e^{g1 t})} - \\
 & \frac{i}{dm12 (-2 dm12^2 e^{g1 t} + 2 dm12 dm13 e^{g1 t})} + \frac{i}{dm13 (-2 dm12^2 e^{g1 t} + 2 dm12 dm13 e^{g1 t})} + \\
 & \frac{i}{dm12 (2 dm12 dm13 e^{g1 t} - 2 dm13^2 e^{g1 t})} + \frac{2 i}{dm12 (-2 dm12 dm13 e^{g1 t} + 2 dm13^2 e^{g1 t})} + \\
 & \frac{i}{2 dm12 dm13^2 e^{g1 t} - 2 dm13^3 e^{g1 t}} - \frac{i}{(-dm12 + dm13) (2 dm12^2 e^{g1 r t} - 2 dm12 dm13 e^{g1 r t})} + \\
 & \frac{i}{dm12 (-2 dm12^2 e^{g1 r t} + 2 dm12 dm13 e^{g1 r t})} + \\
 & \frac{i}{(dm12 - dm13) (-2 dm12^2 e^{g1 r t} + 2 dm12 dm13 e^{g1 r t})} -
 \end{aligned}$$

100%

Share ... More

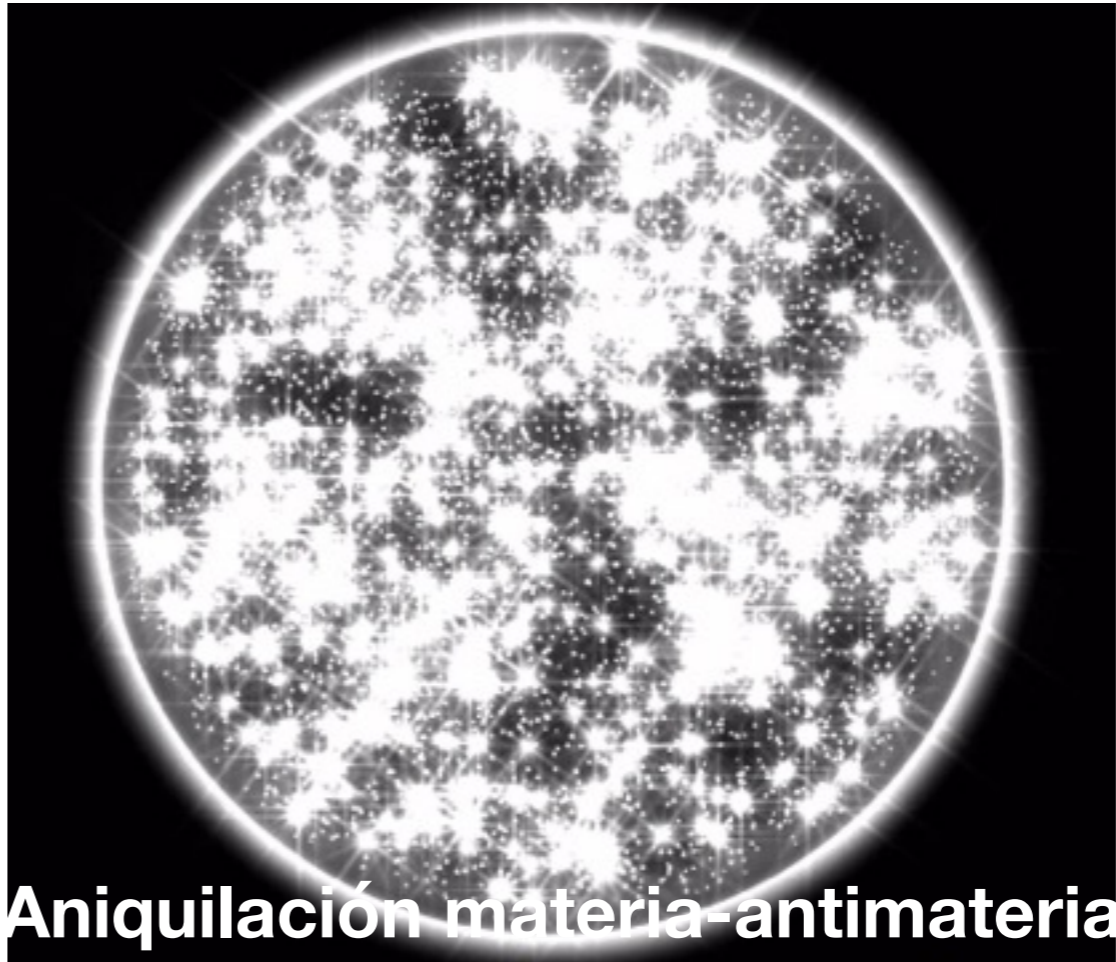
EARLY UNIVERSE

50/50...?



quarks

anti-quarks



Aniquilación materia-antimateria

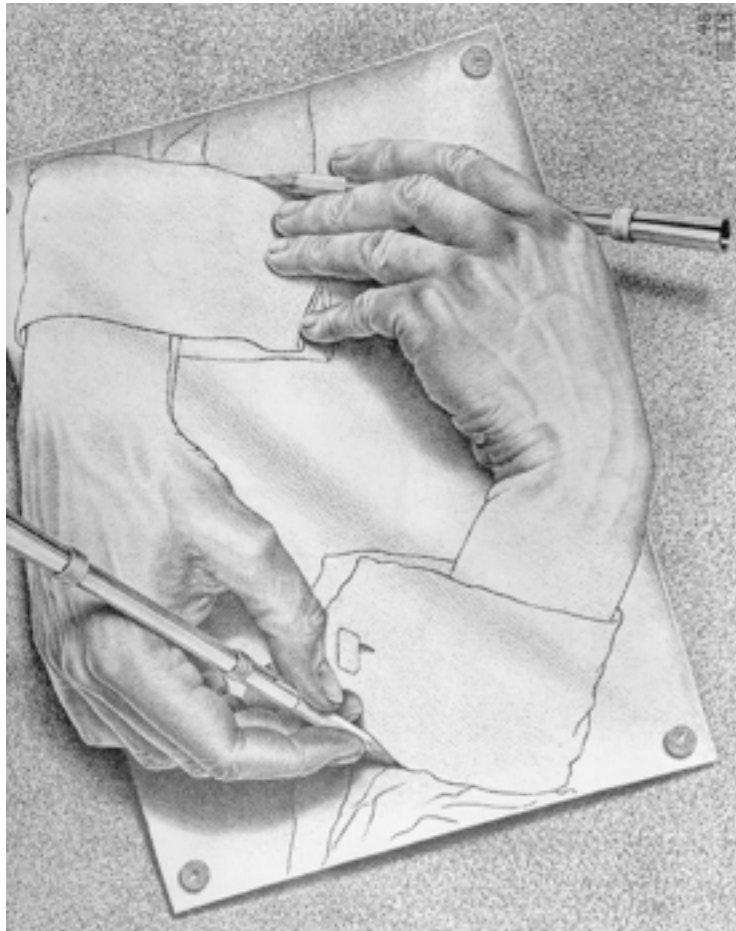


antimateria desaparece



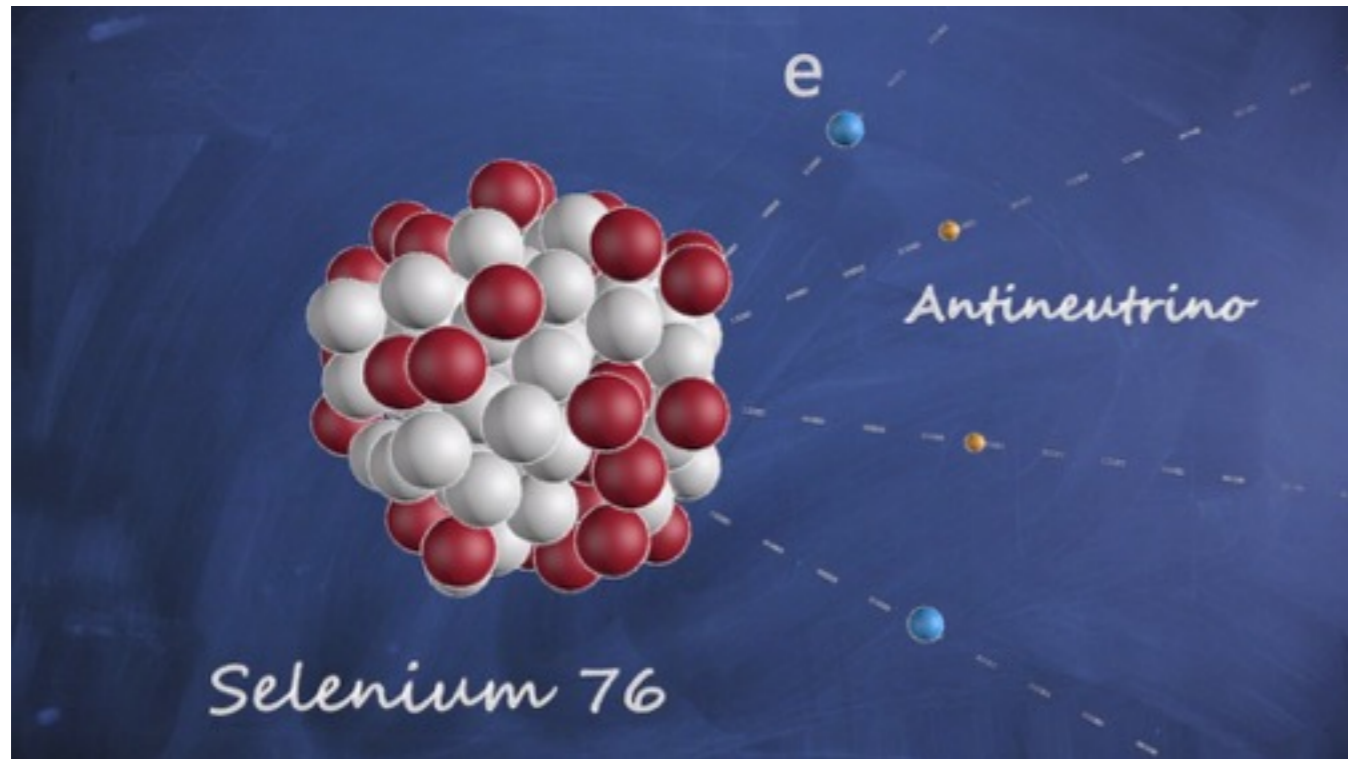
el universo, hoy

Podemos demostrar que el neutrino es su propia antipartícula?

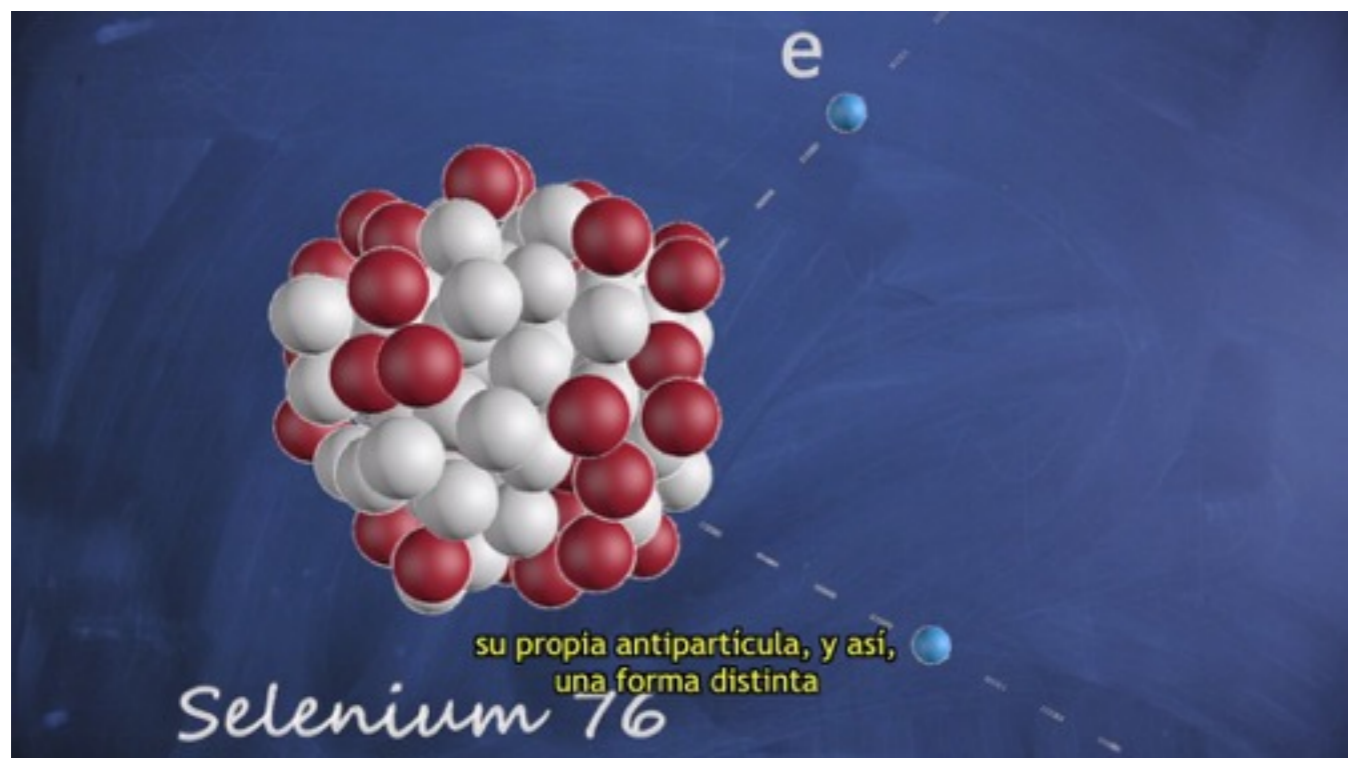


Sí! Observando la desintegración doble beta sin neutrinos

Desintegración doble beta

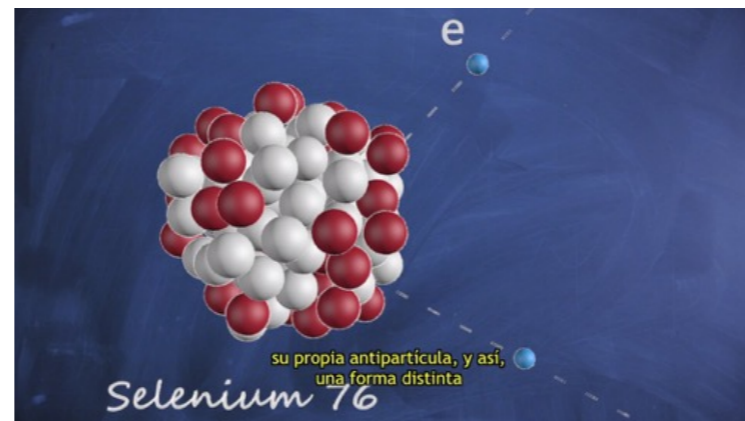
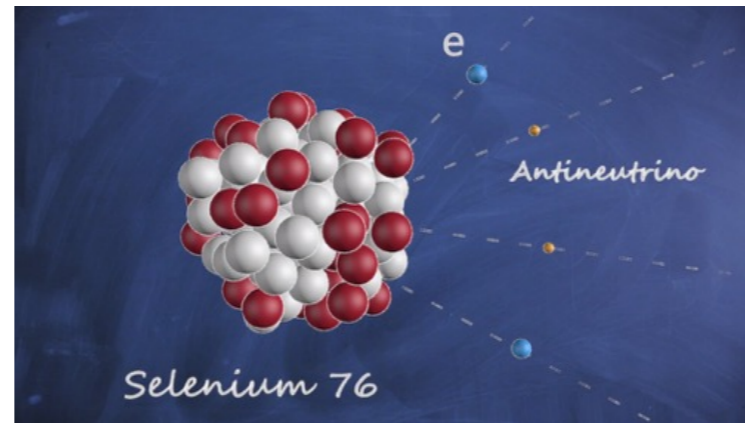
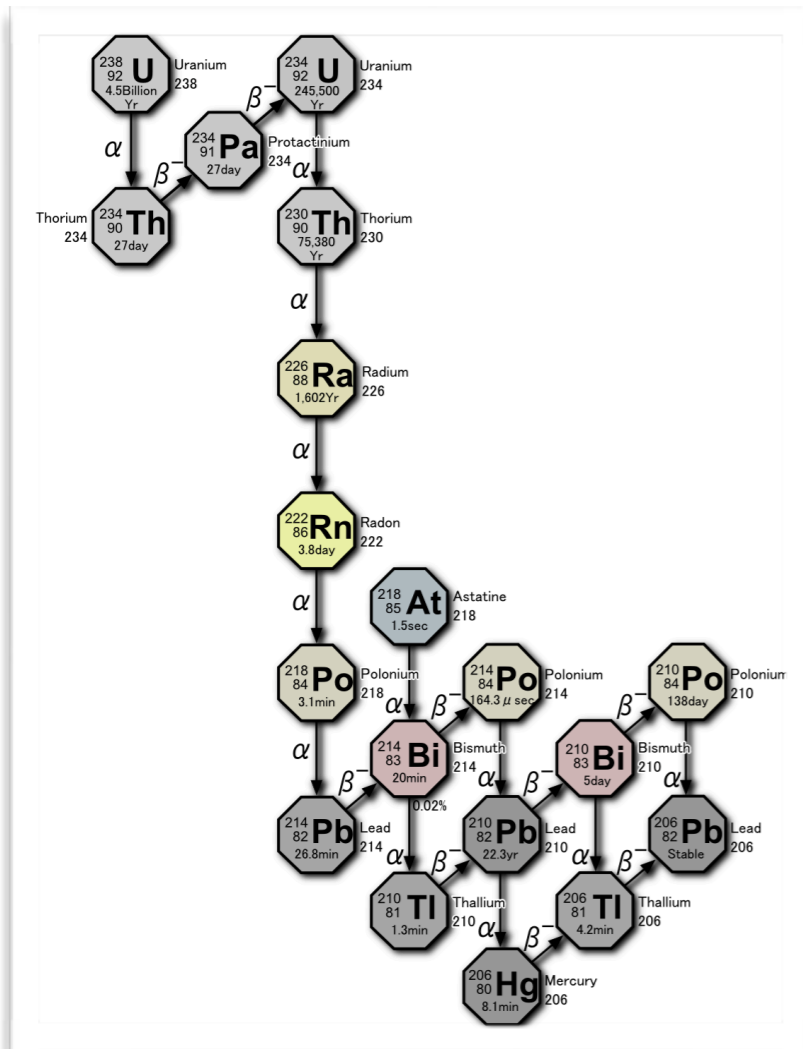


Modo permitido: 2e y 2 neutrinos.
Desintegración exótica, pero relativamente fácil de observar



Modo “prohibido”: los neutrinos se aniquilan y sólo se emiten dos electrones.
Observación = neutrino es su propia antipartícula

¿Es fácil observar $bb0\nu$?



Pero la vida media de la desintegración doble beta es del orden de la edad de quince universos consecutivos

Es MUY DIFÍCIL

La tierra es un planeta muy radioactivo

Las vida media del Th-232 es del orden de la edad del universo (14 Gy)

¿Tan difícil como...?



Buscar una aguja en un pajar?



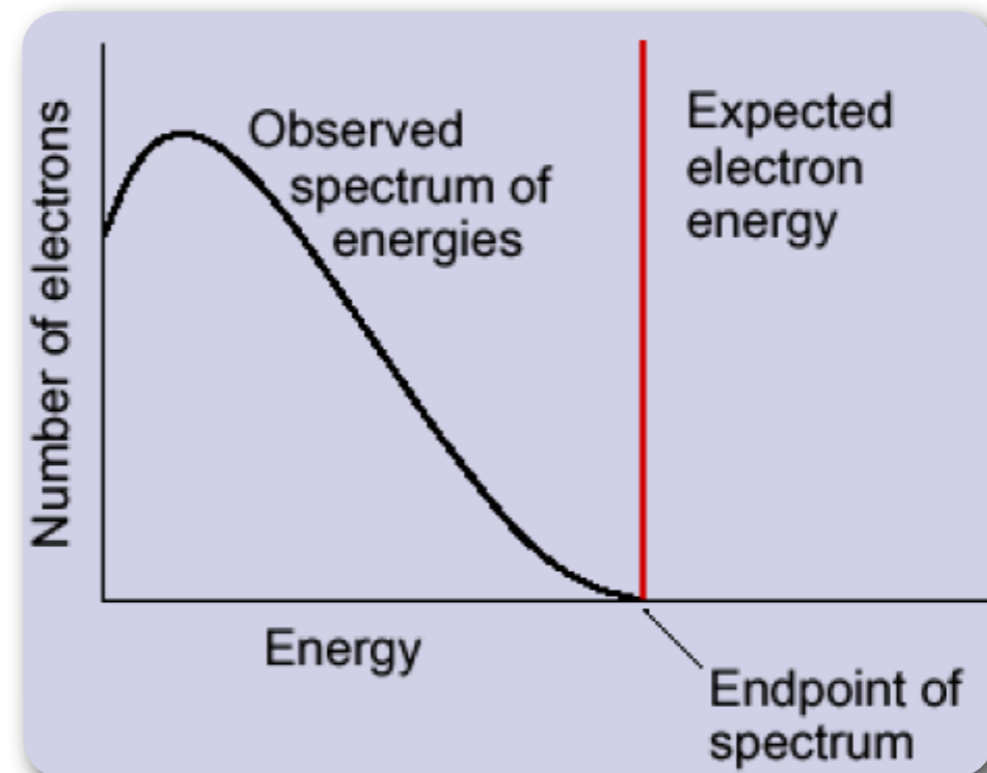
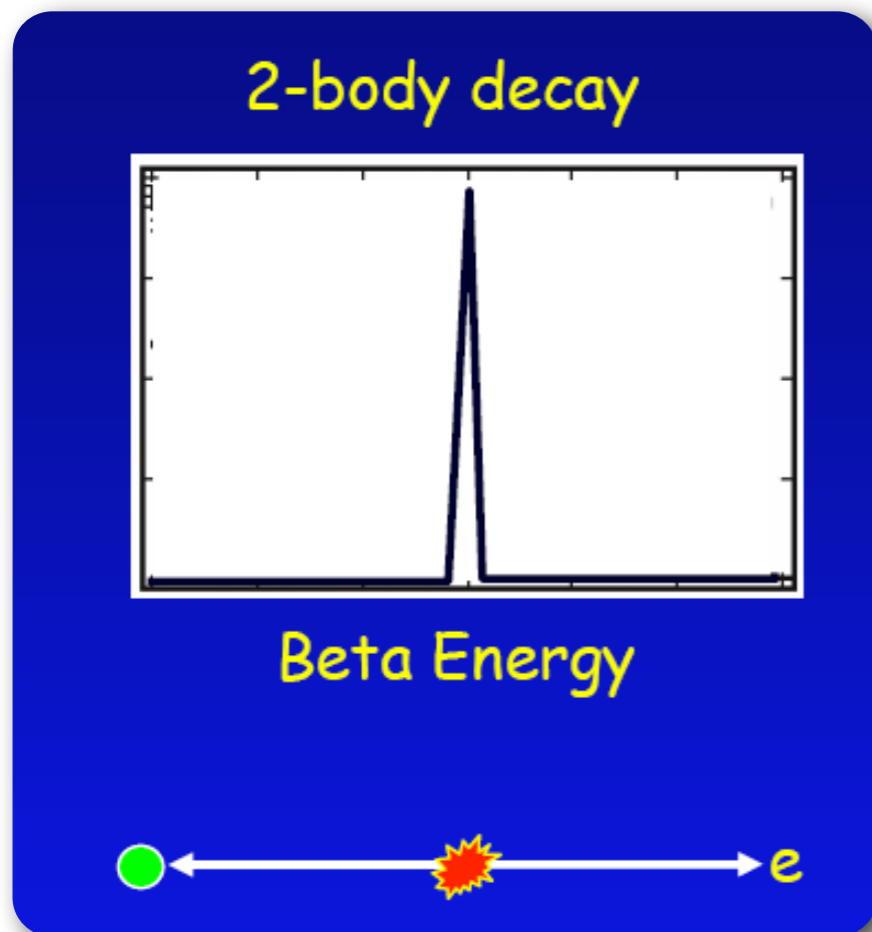
Más bien un grano de arena en una playa

¿Cómo separar la escasa señal del ingente ruido?



**Por cada suceso de señal nuestro detector tiene que
eliminar unos 10 millones de sucesos de ruido de fondo**

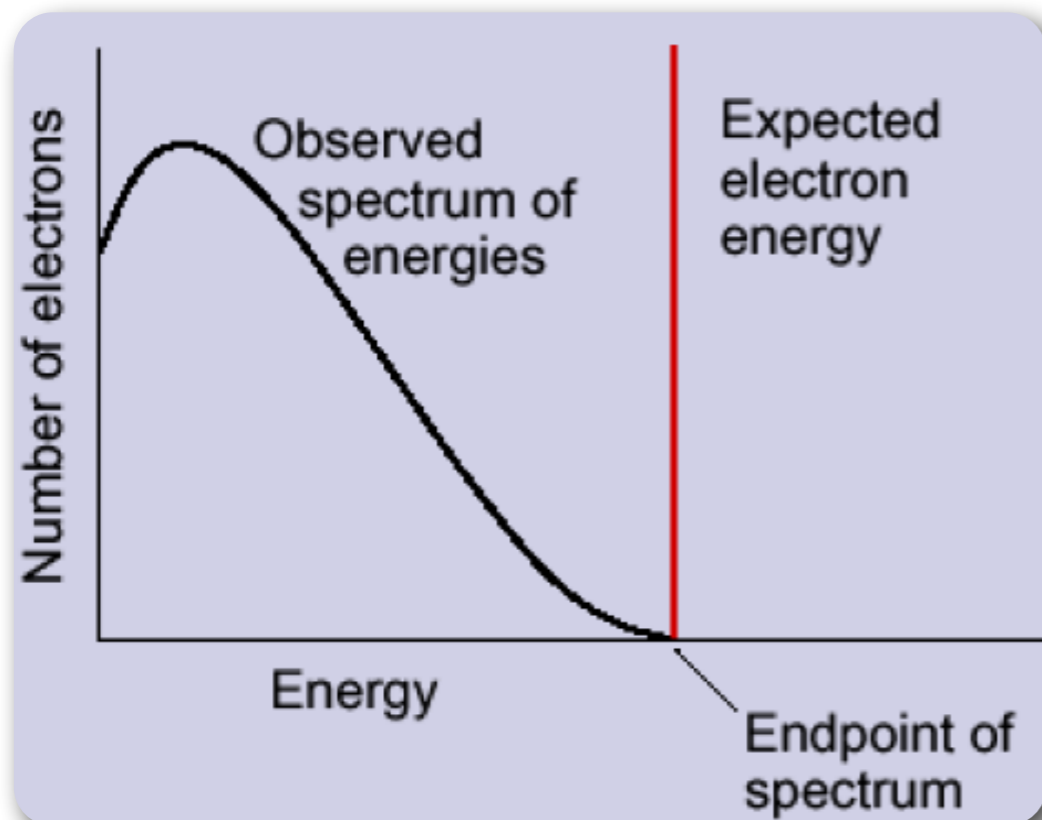
La física al rescate...



Receta para un detector bb2nu

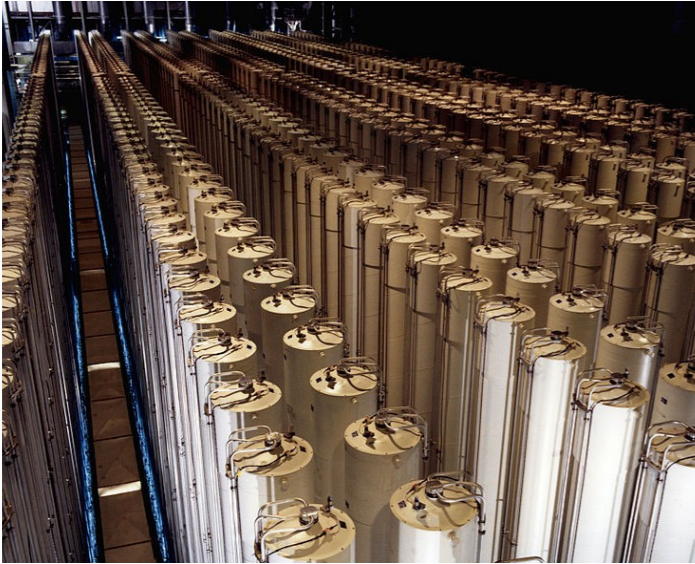


Distinguir los 2 electrones característicos del bb0nu de otros procesos (que dan típicamente 1 electrón)



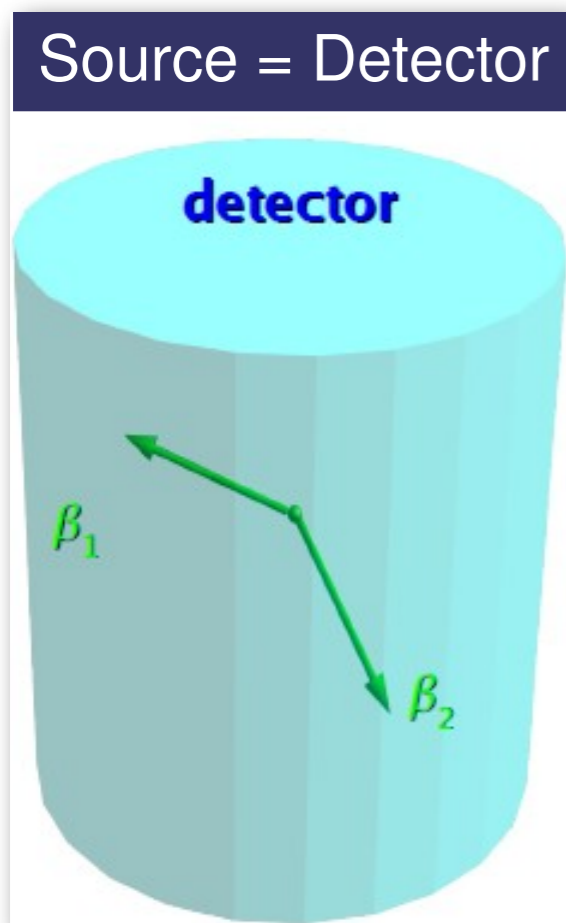
Medir muy bien la energía

Ingredientes para un detector



Los isótopos $\beta\beta 0\nu$ son raros y muy caros

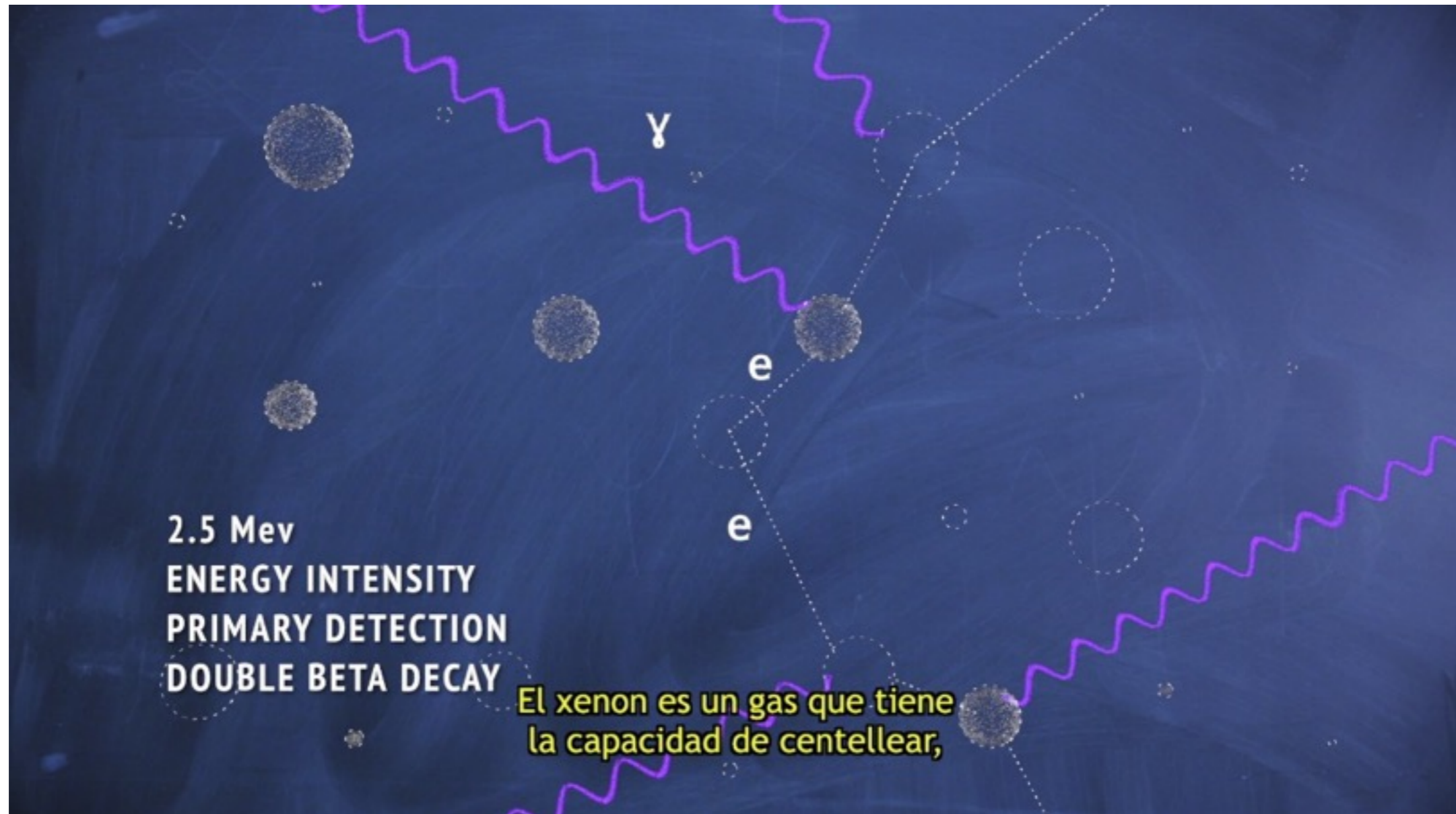
El Xe-136 es el más barato y fácil de enriquecer de todos



Además el xenón es un gas noble

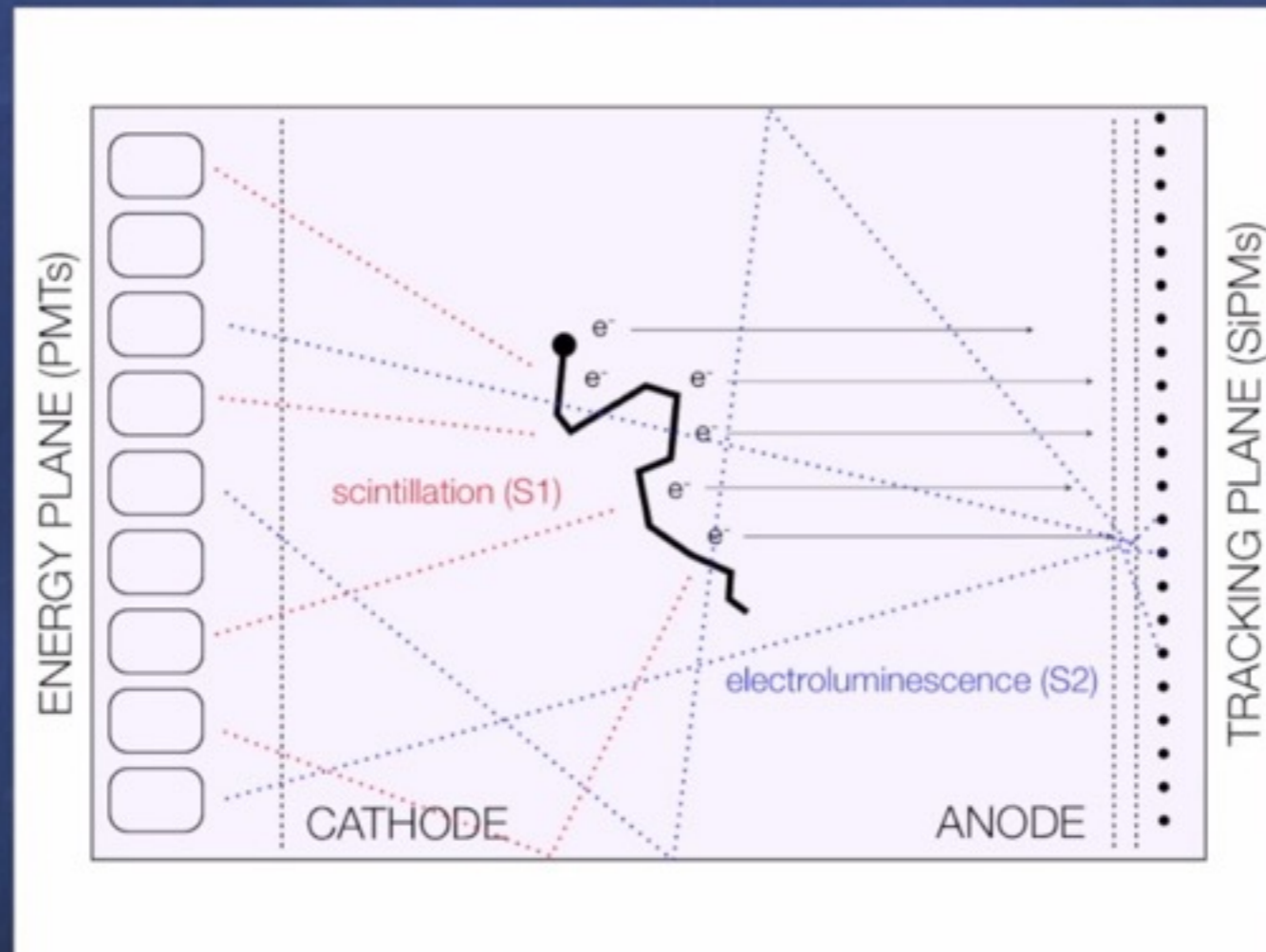
Es posible construir un detector en el que el xenón sea a la vez la fuente de las desintegraciones y el detector

Principio de funcionamiento



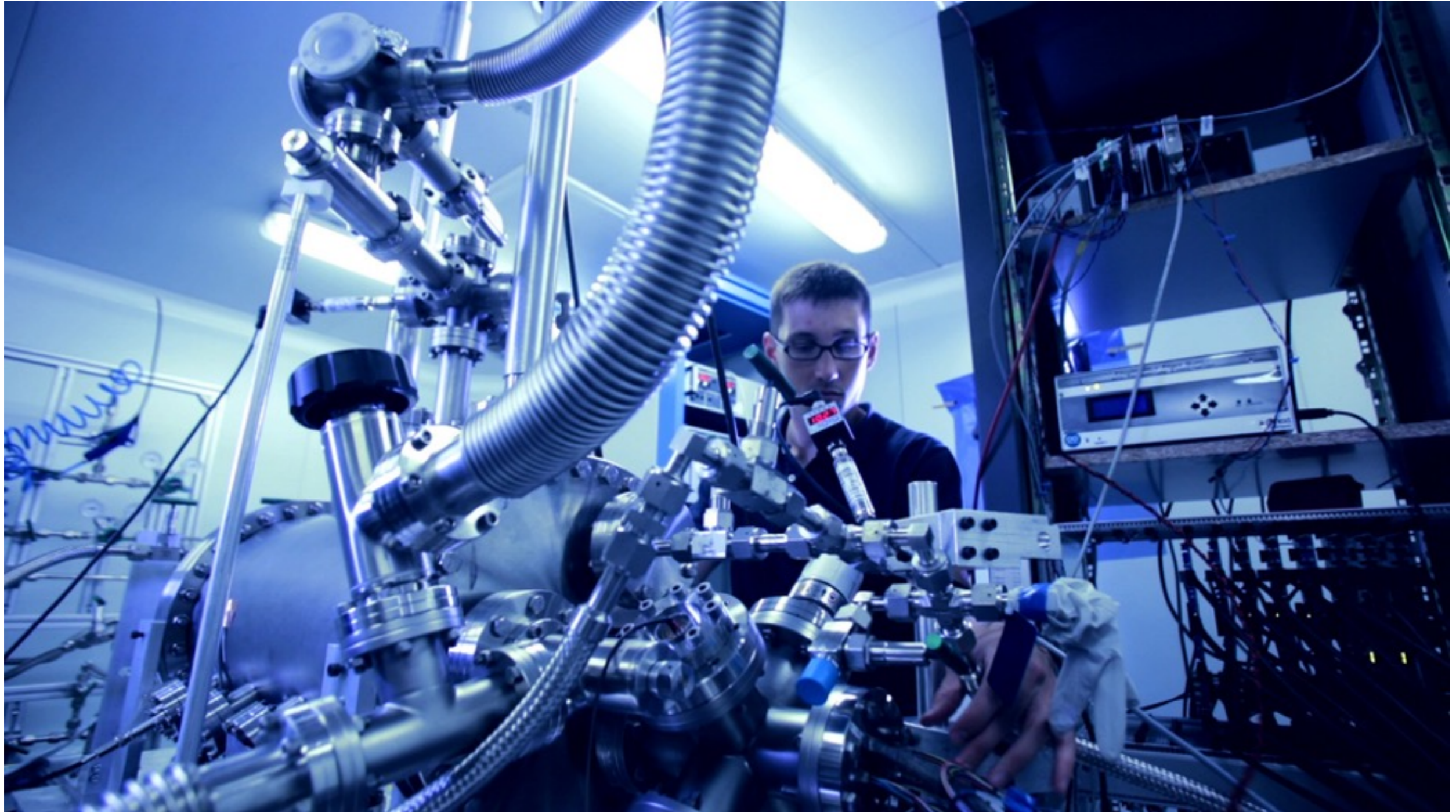
Podemos registrar ese centelleo usando sofisticados sensores ópticos que nos permiten reconstruir la topología y energía del suceso

Concepto



Primer paso: Una idea garabateada en un trozo de papel

Demostración del concepto



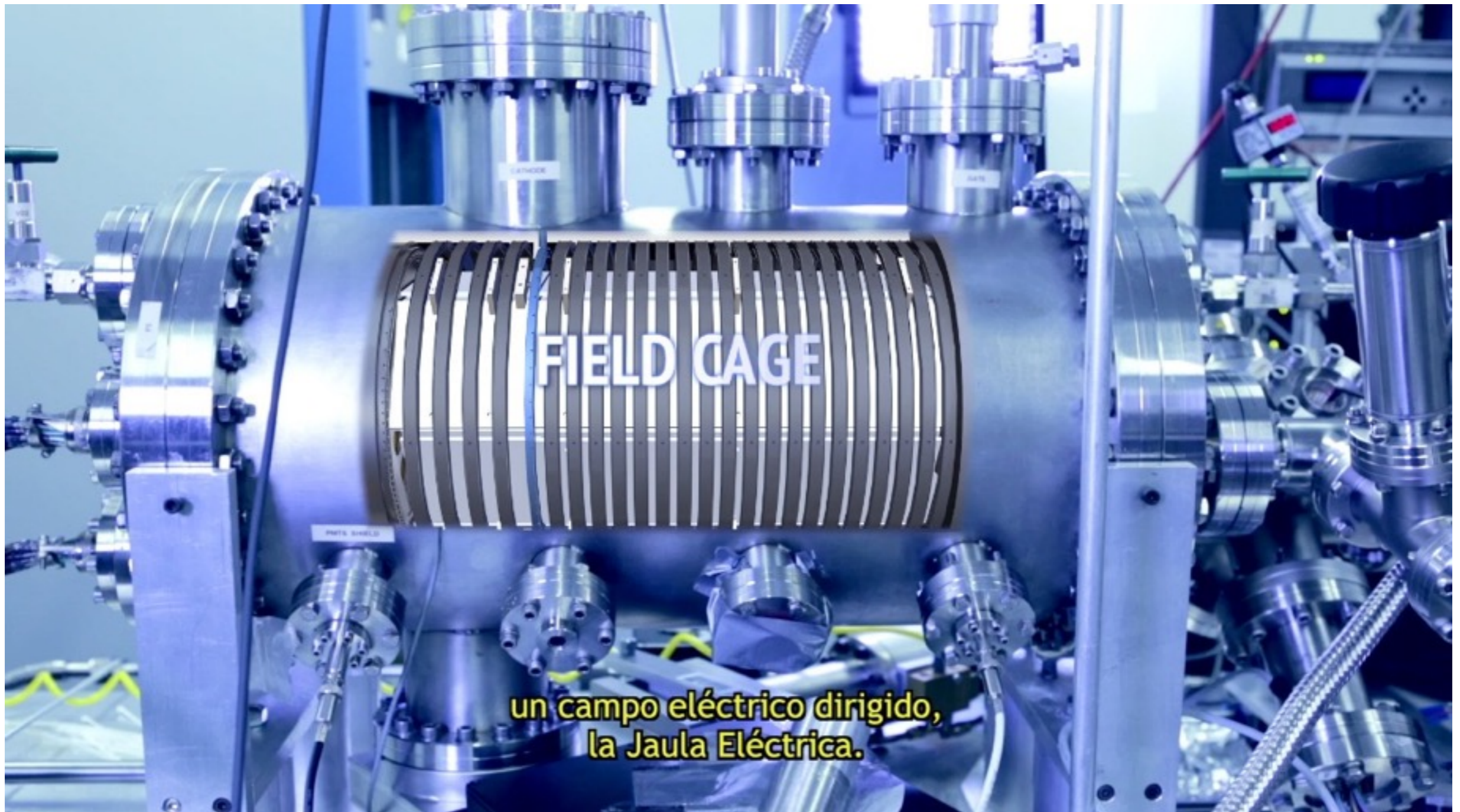
NEXT-DEMO: La primera cámara de xenón a alta presión basada en electroluminescencia del mundo

Anatomía de NEXT-DEMO



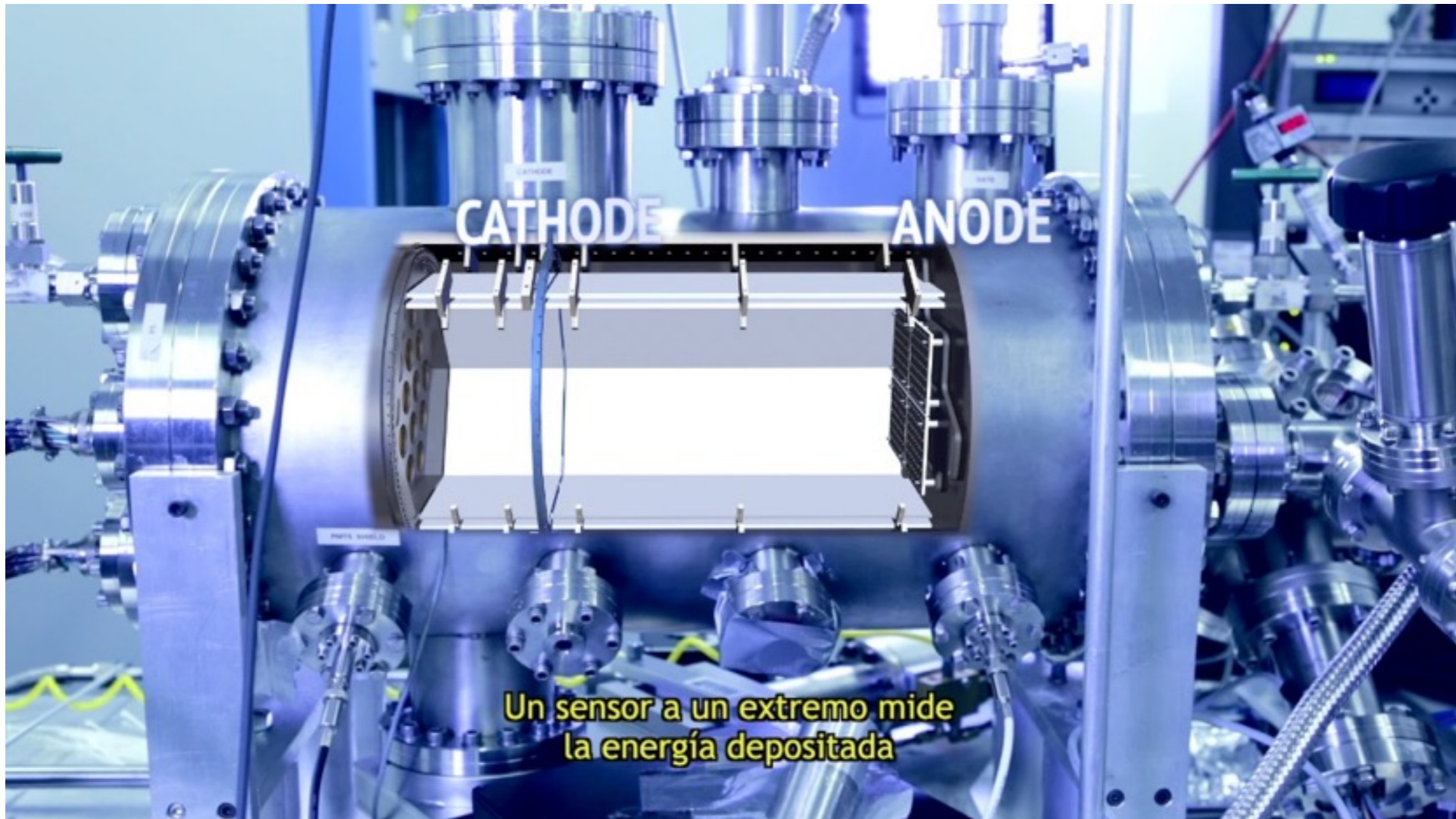
Por fuera: Una cámara de acero-titanio, capaz de encerrar xenón a alta presión

Anatomía de NEXT-DEMO



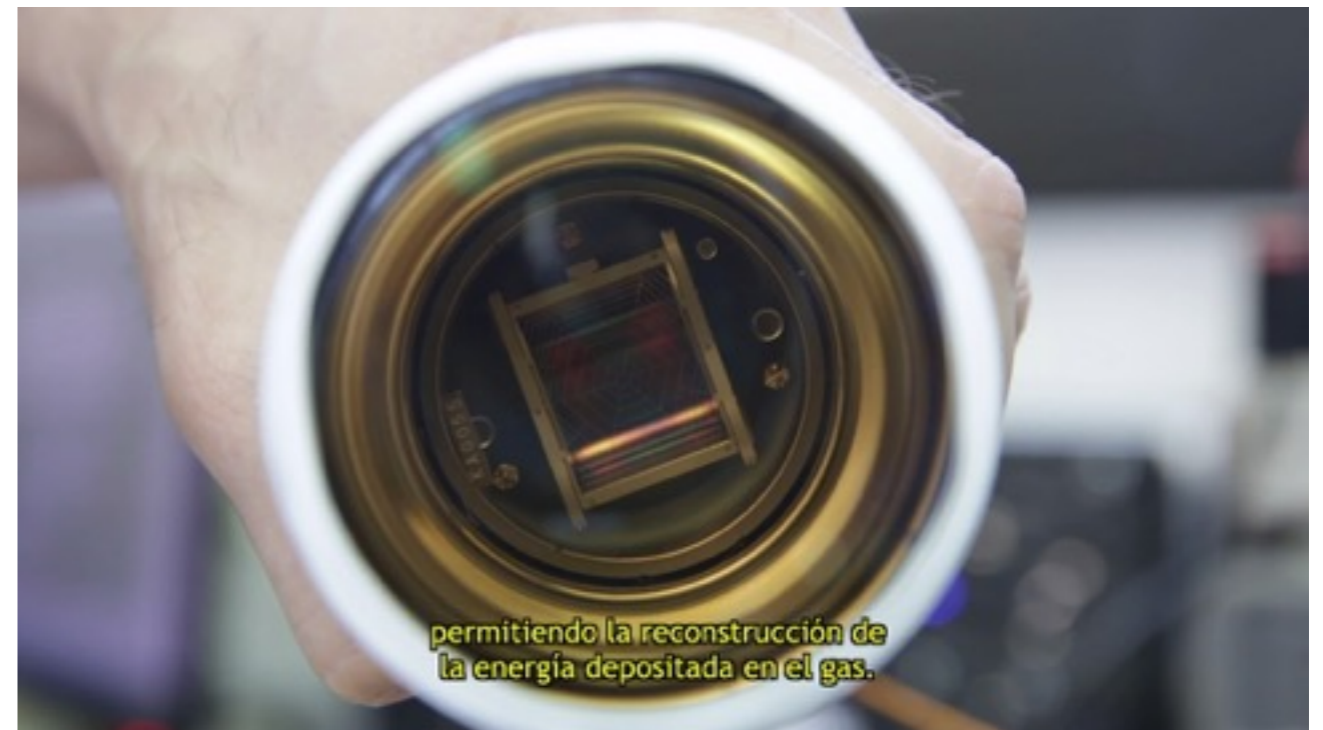
Dentro: Una jaula eléctrica donde grandes campos eléctricos permiten recoger la carga eléctrica usada para medir la energía y la topología

Anatomía de NEXT-DEMO



Dentro: Dos planos de sensores que nos permiten medir la luz ultravioleta emitida por el xenón previamente transformada en luz azul

Los ojos de NEXT-DEMO



Hot Getter

Gas System

HHV modules

NEXT-DEMO

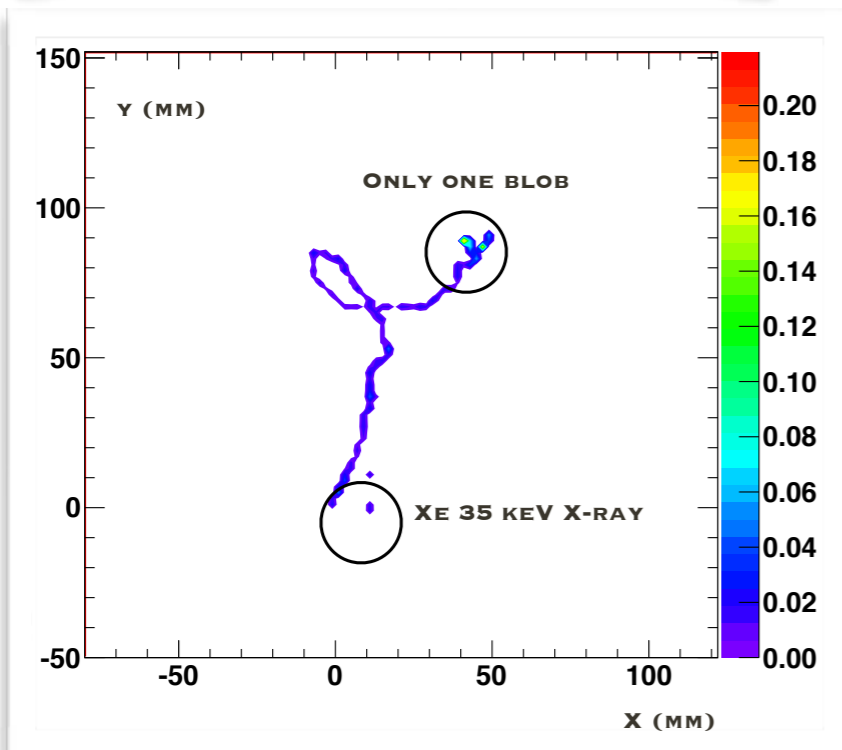
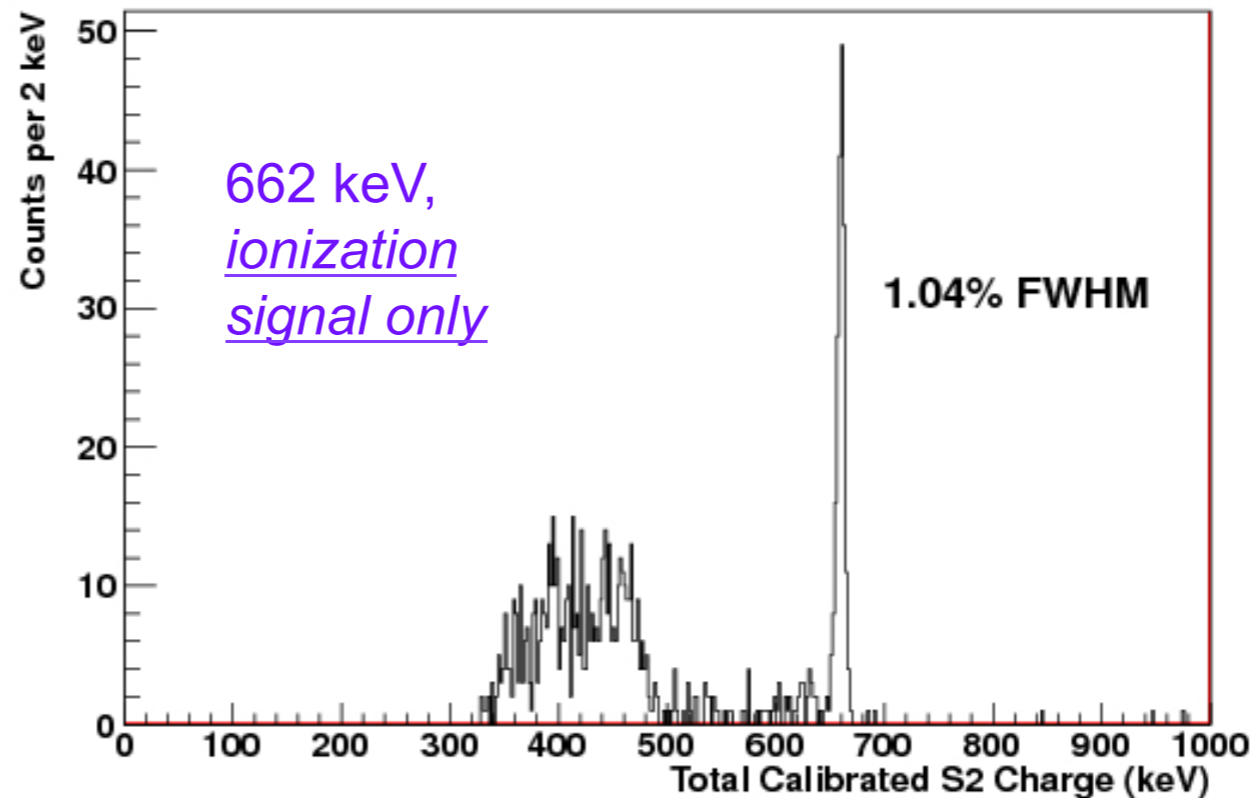
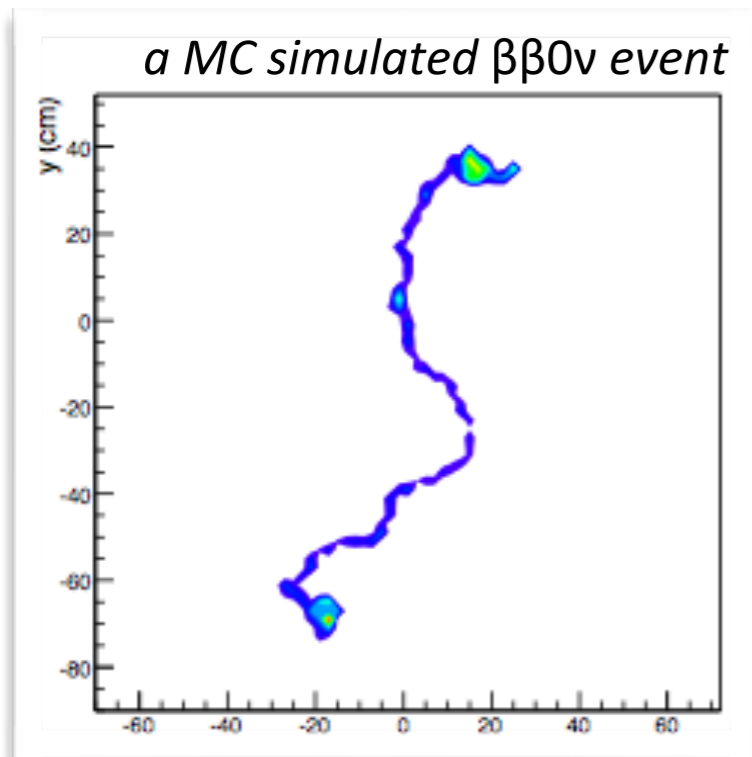
DAQ

PMTs FEE

SiPMs FEE



La demostración de la técnica



NEXT-DEMO usa fuentes radioactivas para “simular” la rara señal que NEXT va a buscar y demostrar que somos capaces de separar los 2 electrones de otros procesos y medir su energía con gran resolución

Desarrollo del proyecto NEXT



DEMO
(1 kg)

(2010–2014)
Demostración
de concepto y
prueba tecnológica



NEW
(10 kg)

(2015–2016)
Operación
subterránea,
medida bb2n



NEXT-100
(100 kg)

(2017–2020)
Búsqueda de
desintegraciones
bb0n

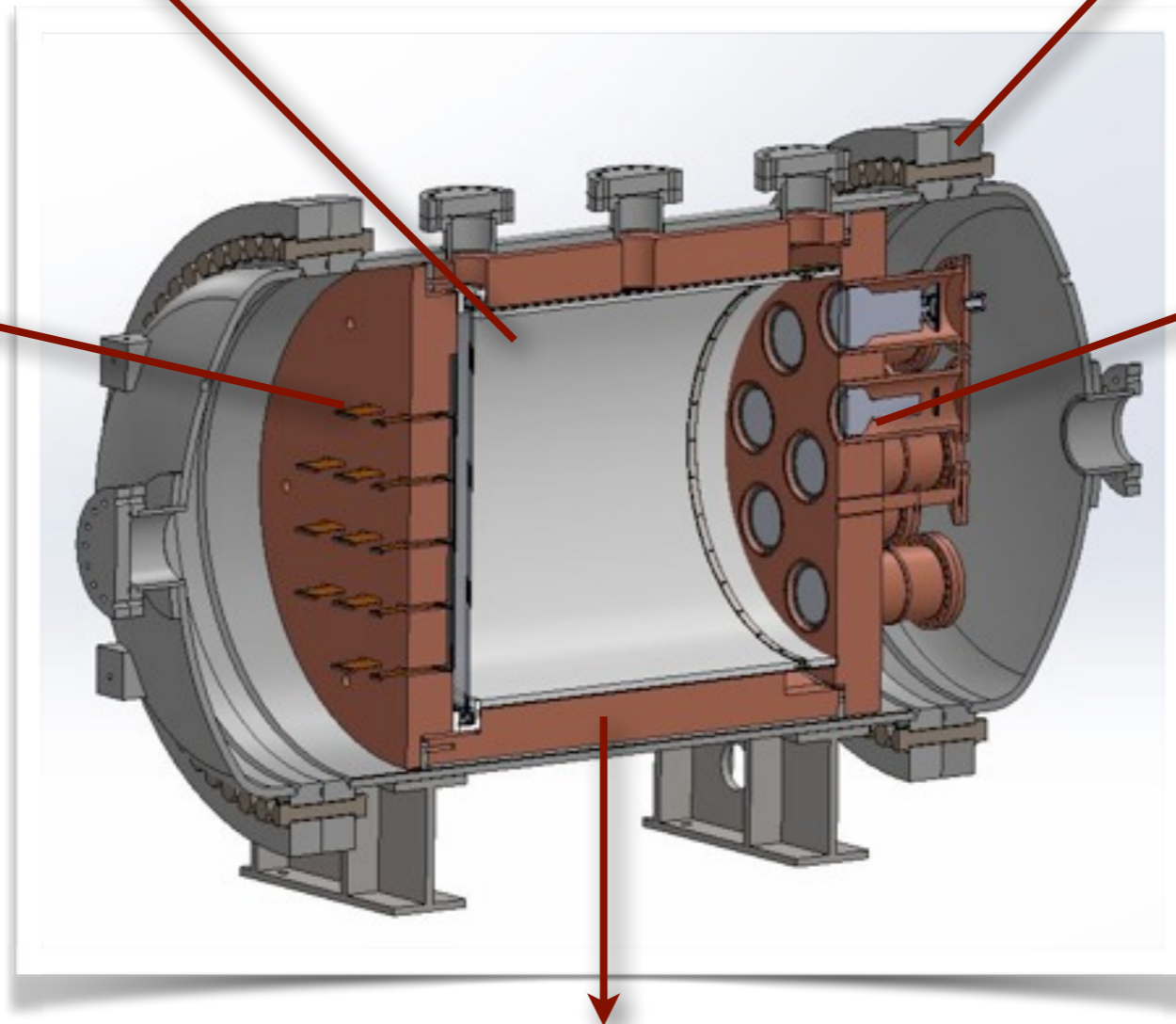
NEW (NEXT-WHITE) at glance

Time Projection Chamber:
10 kg active region, 50 cm drift length

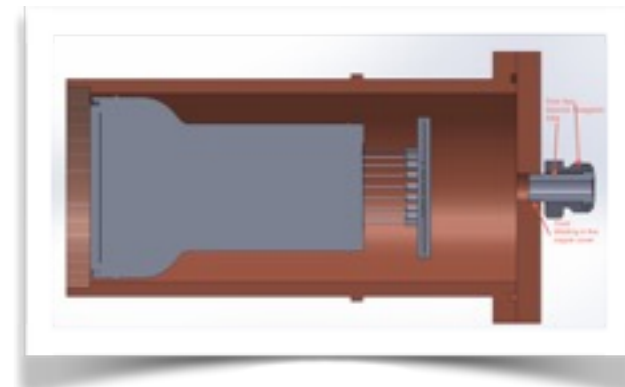
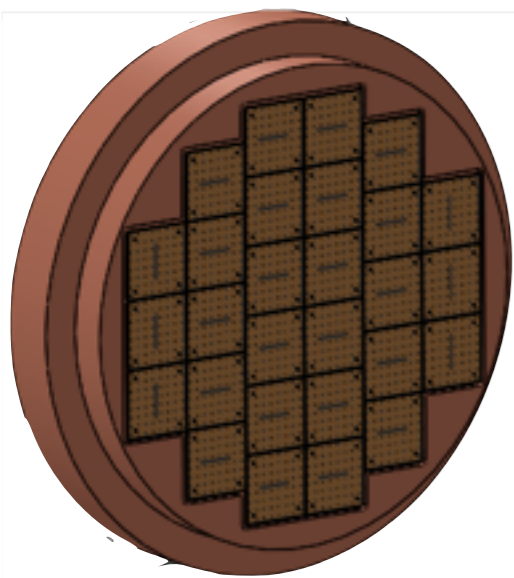
Pressure vessel:
316-Ti steel, 30 bar max pressure

Tracking plane:
1,800 SiPMs,
1 cm pitch

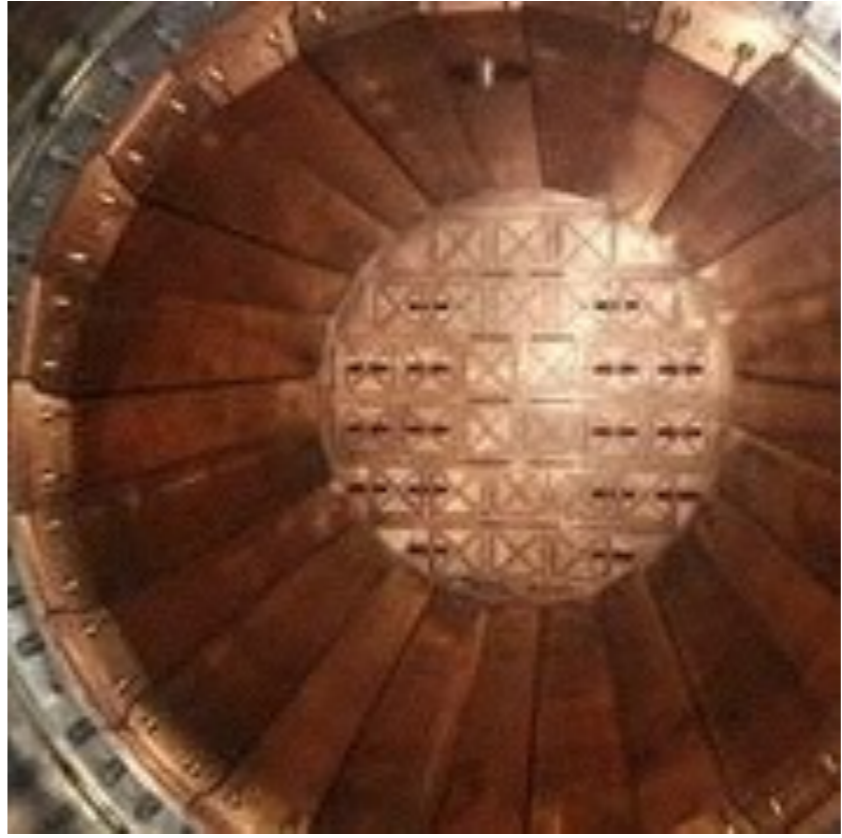
Energy plane:
12 PMTs,
30% coverage



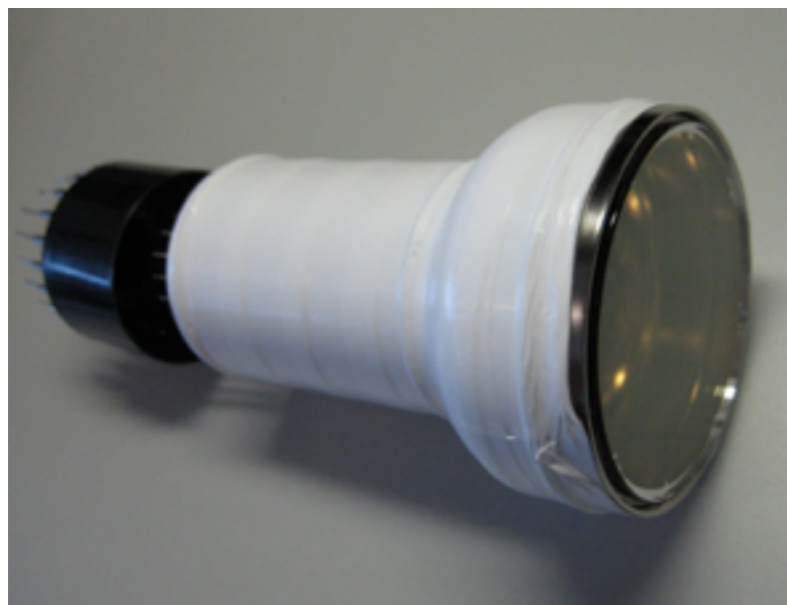
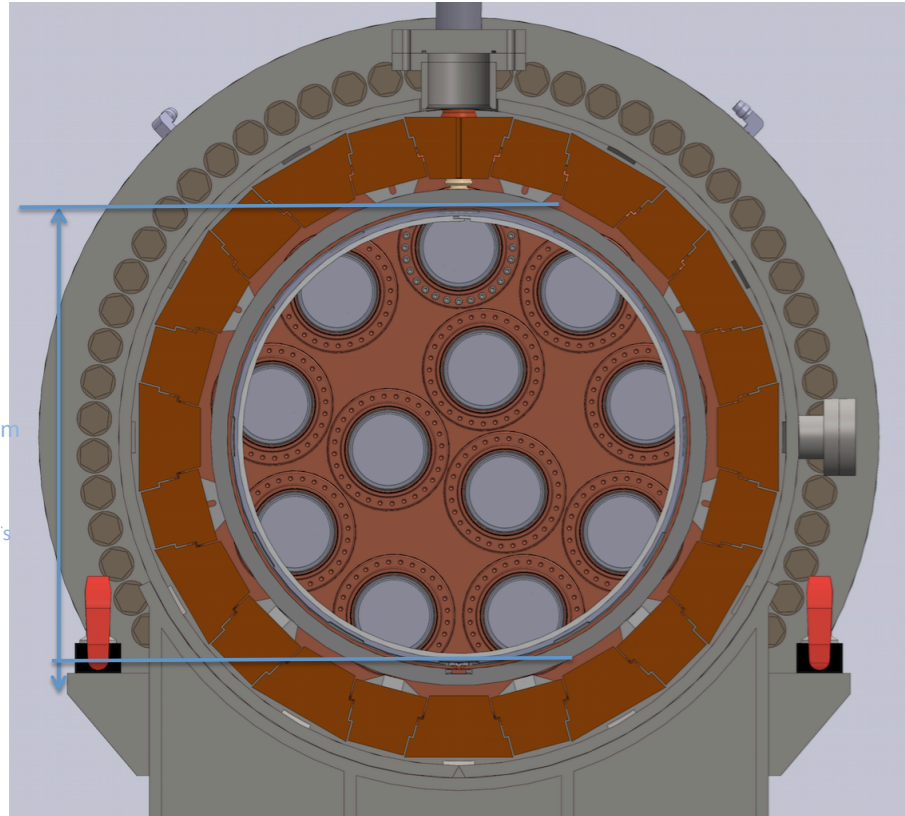
Inner shield:
copper, 6 cm thick



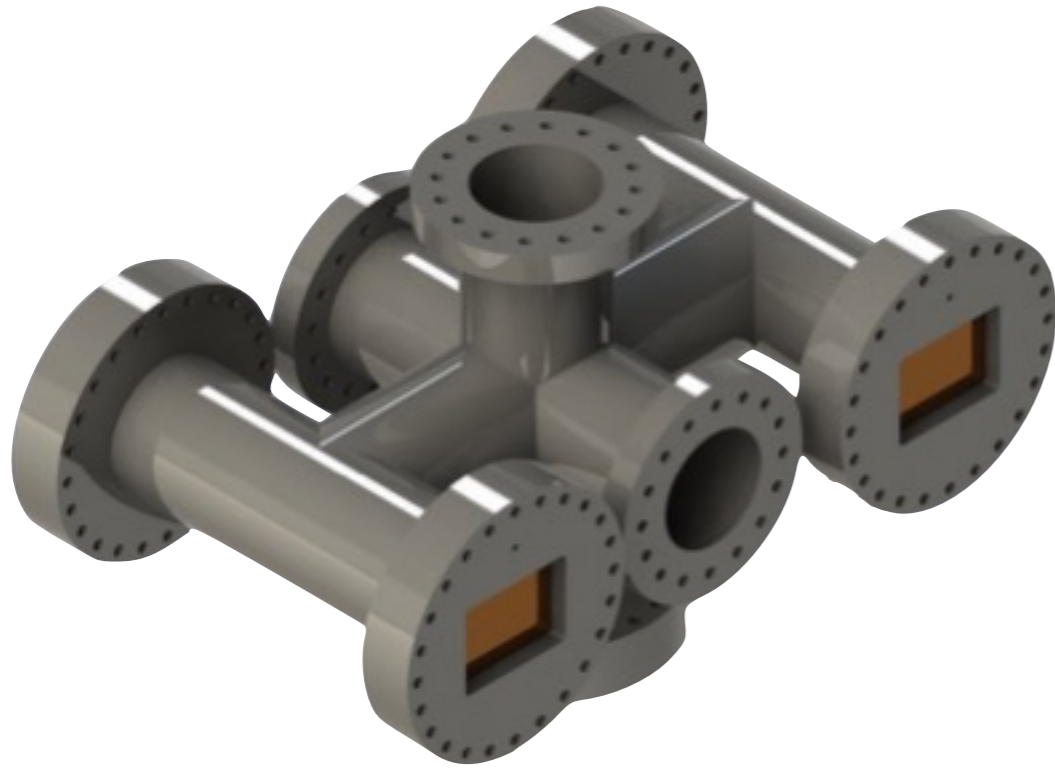




Energy plane

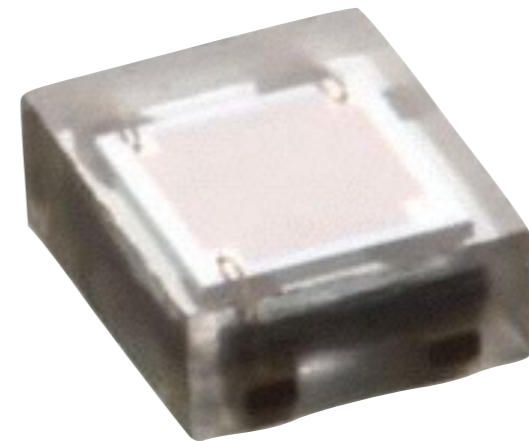
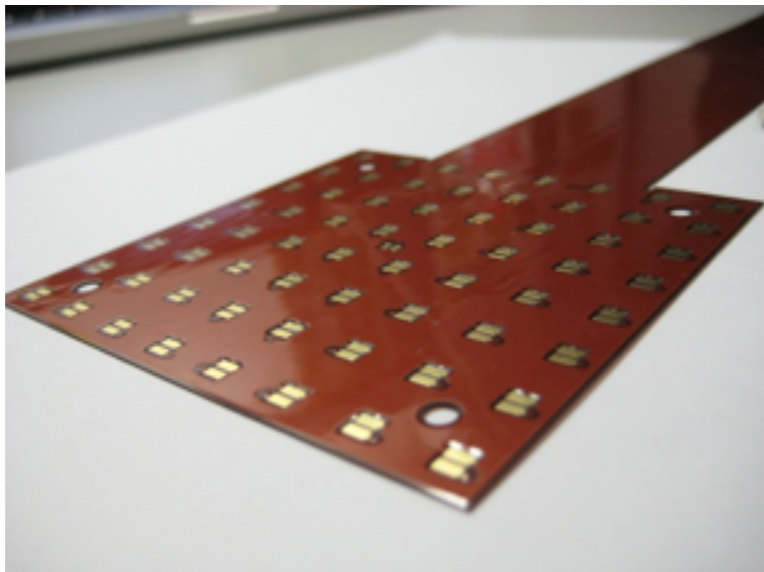
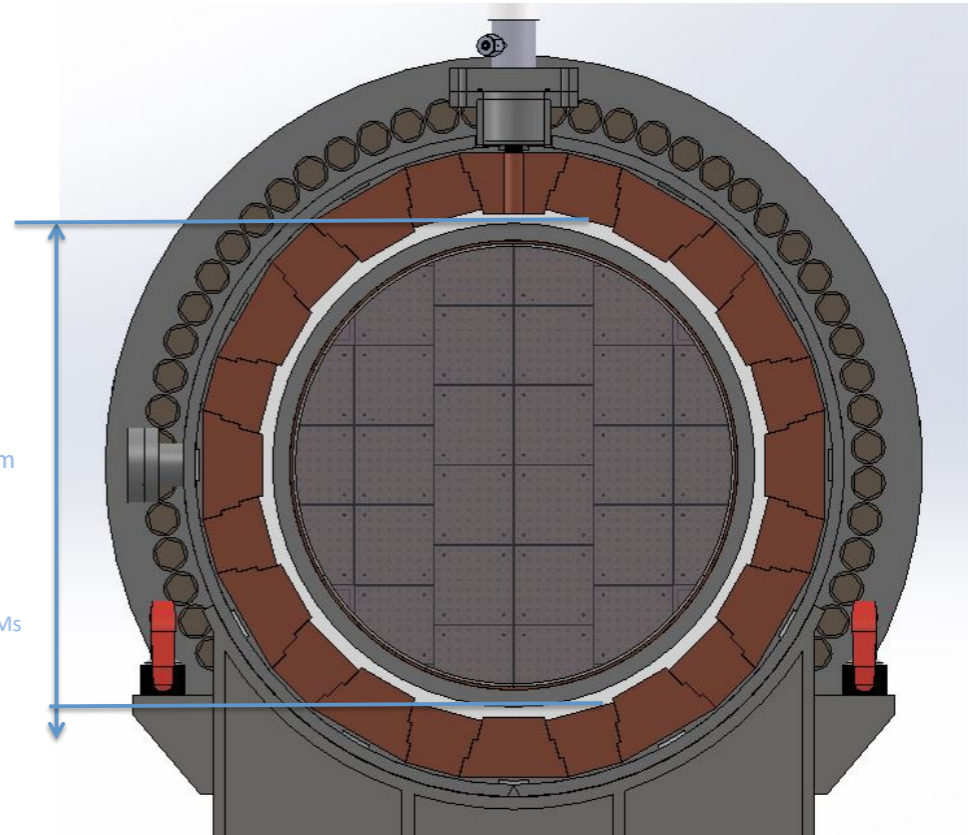


Tracking plane

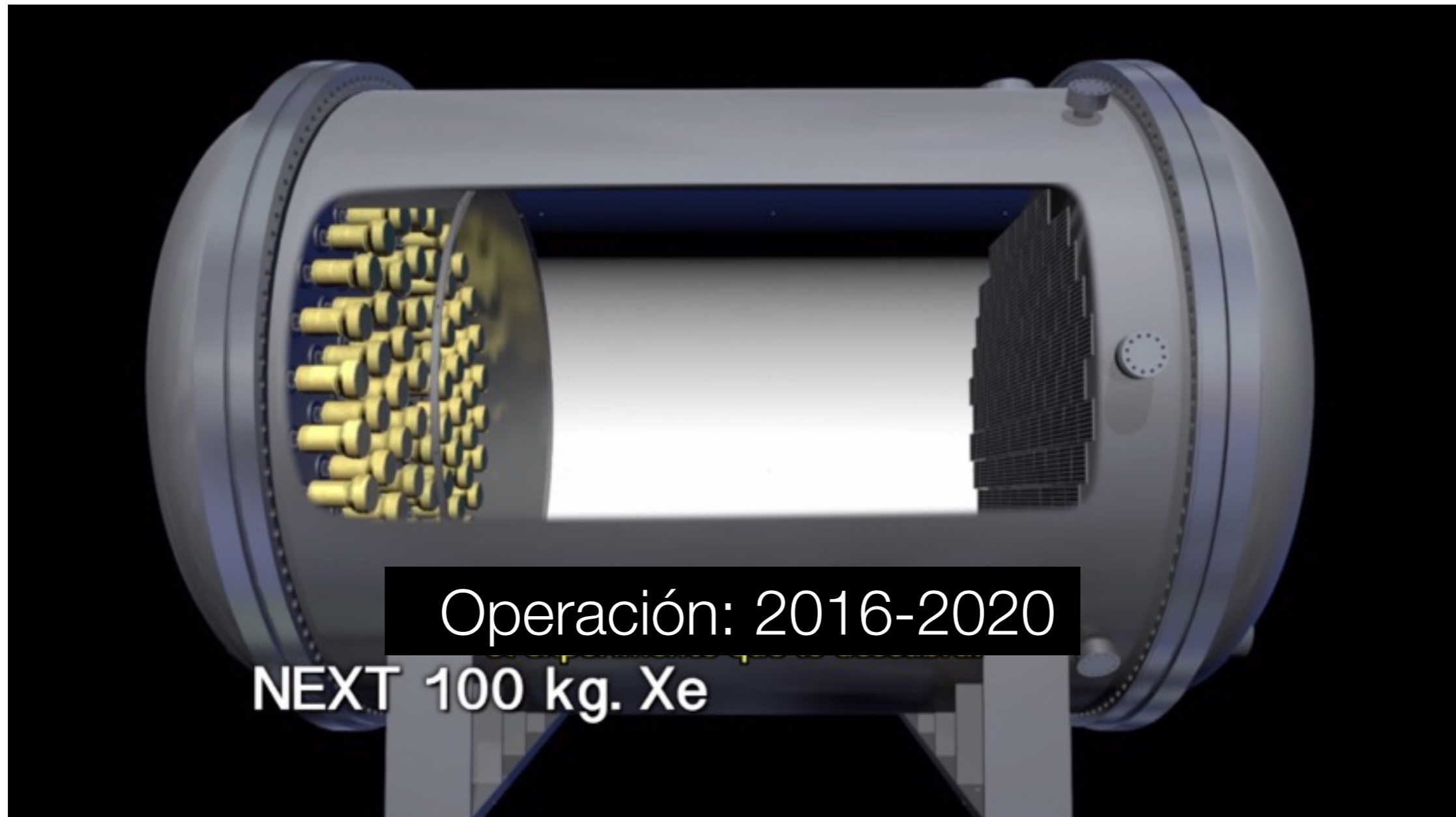


TP NEW

422mm
TOTAL DICE
BOARDS 28
AND 1.792 SIPMs



El detector NEXT-100



NEXT-100: Con cien kilos de Xe-136, esperamos poder identificar la firma del $\bar{\nu}_e$ y demostrar que el neutrino es su propia antipartícula

1kg

Pressure vessel



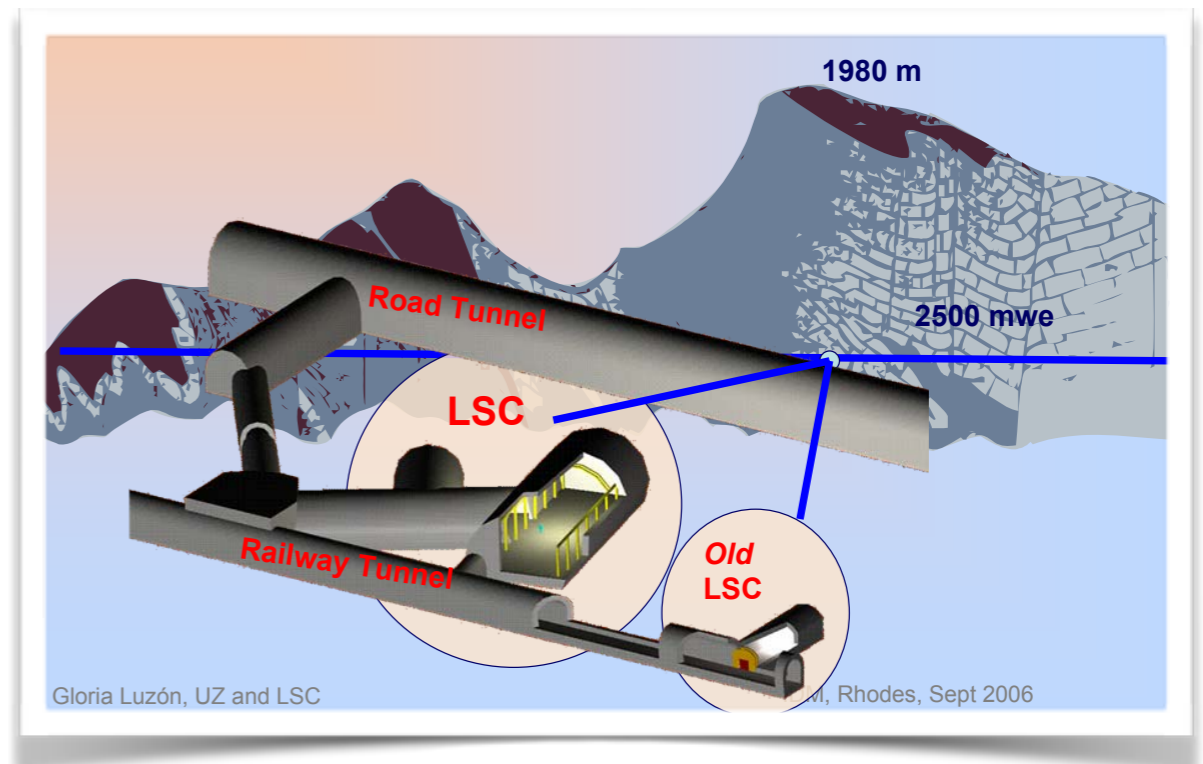
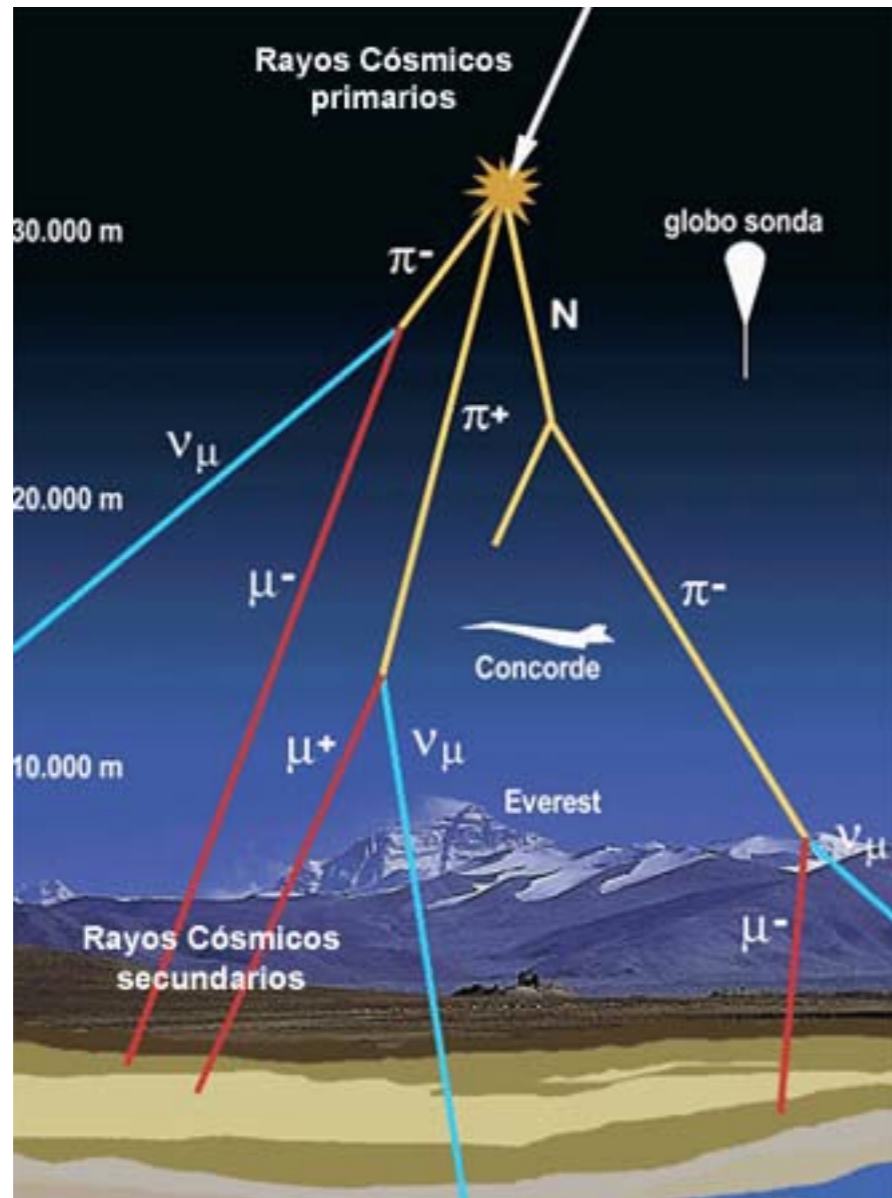
10 kg



100 kg



El Laboratorio Subterráneo de Canfranc

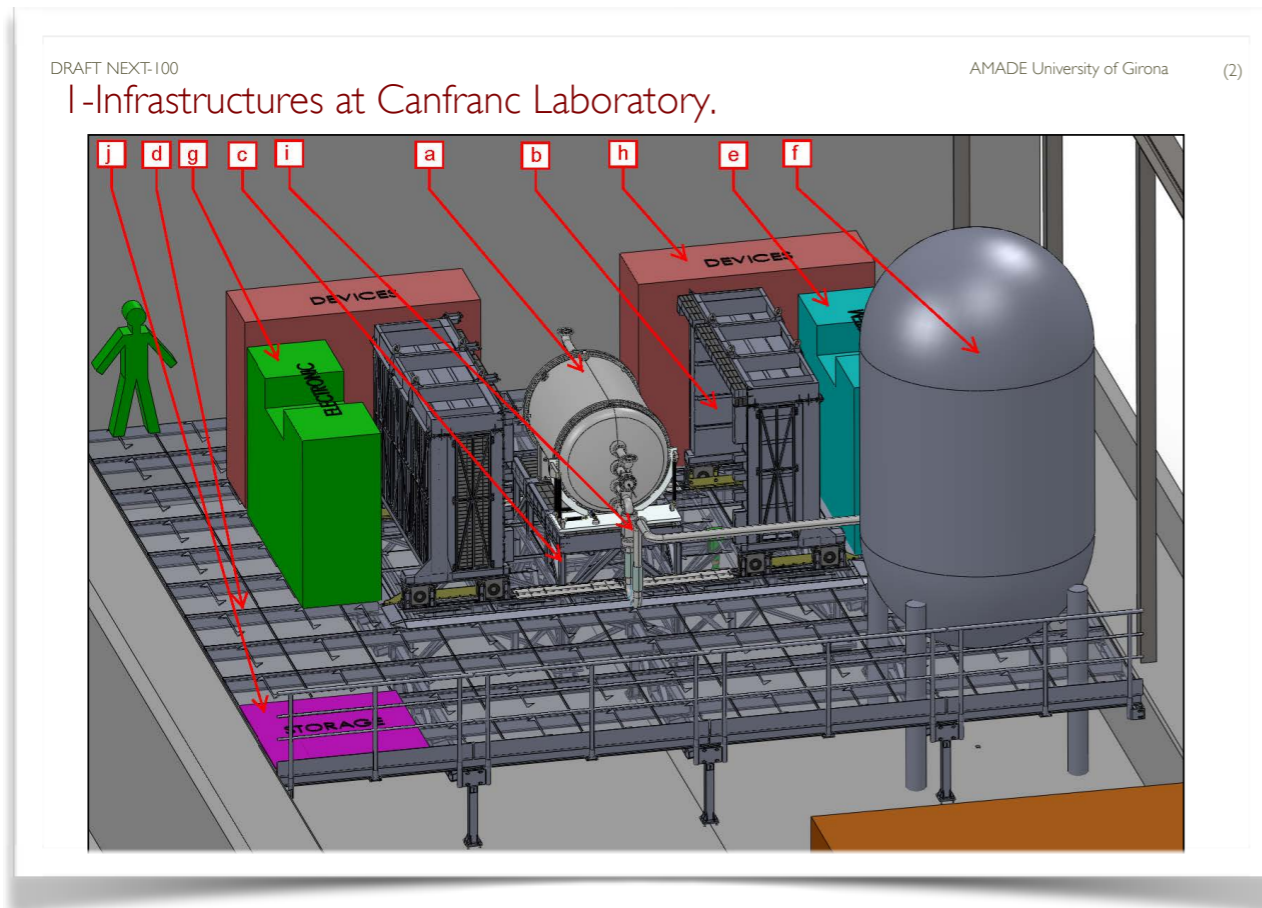


El Laboratorio Subterráneo de Canfranc





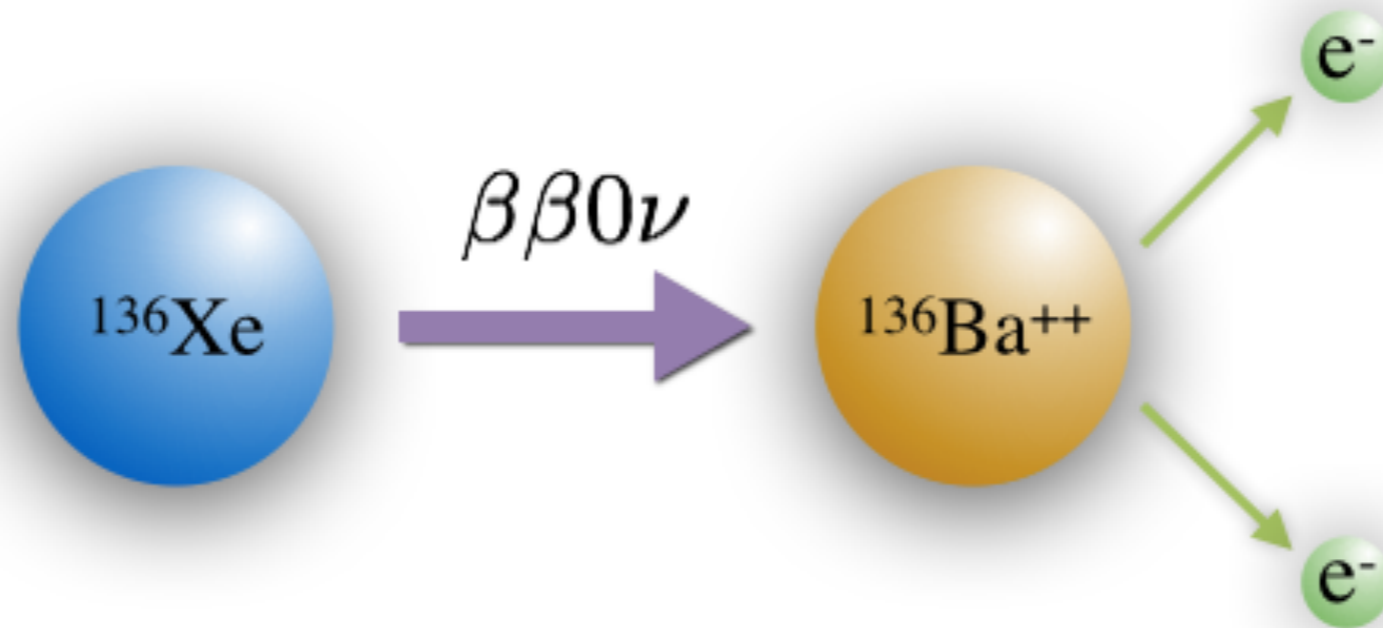
NEXT en el LSC



Instalación de infraestructuras: 2014

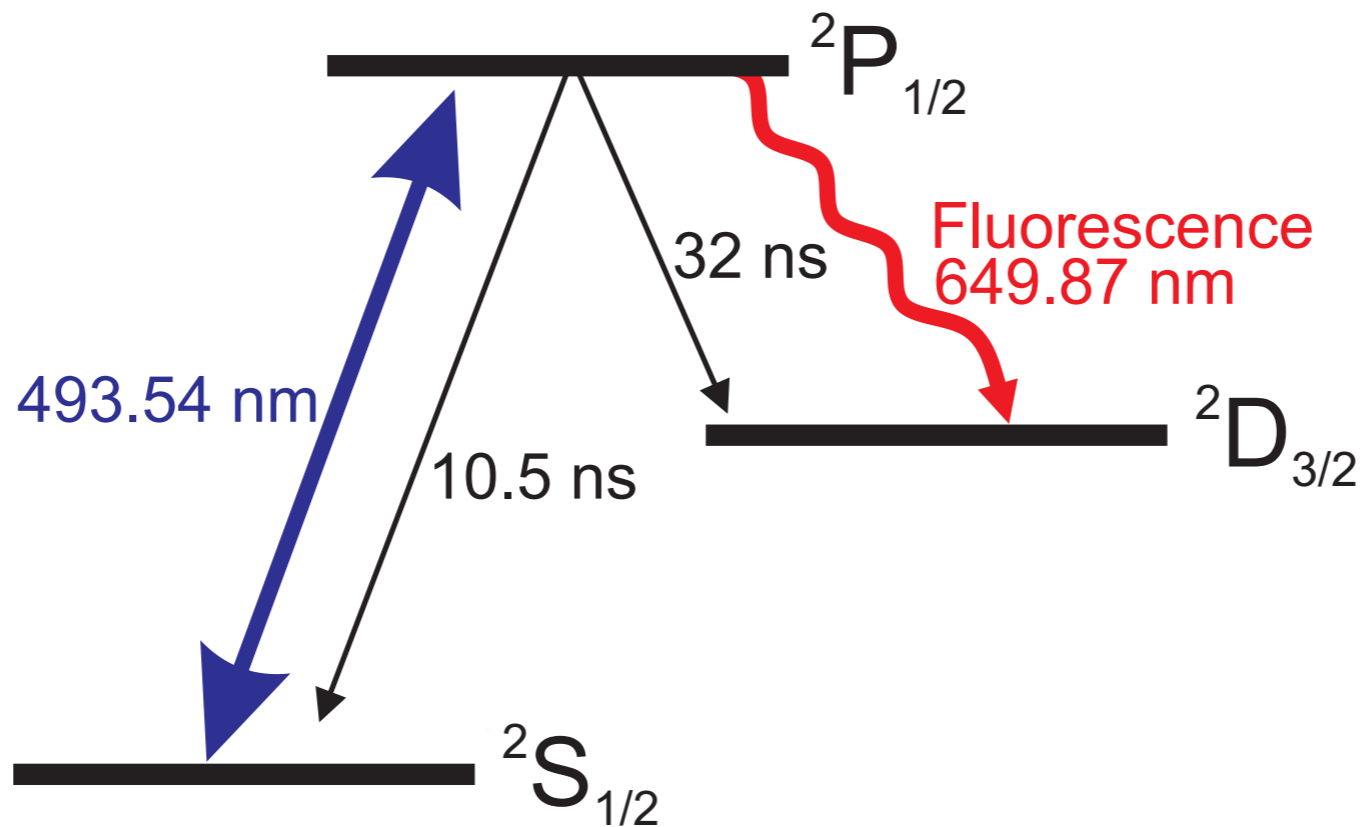
Operación de NEW: 2015-2016

Operación de NEXT-100: 2017 – 2020...



Is it possible to tag the Ba^{++} ion?

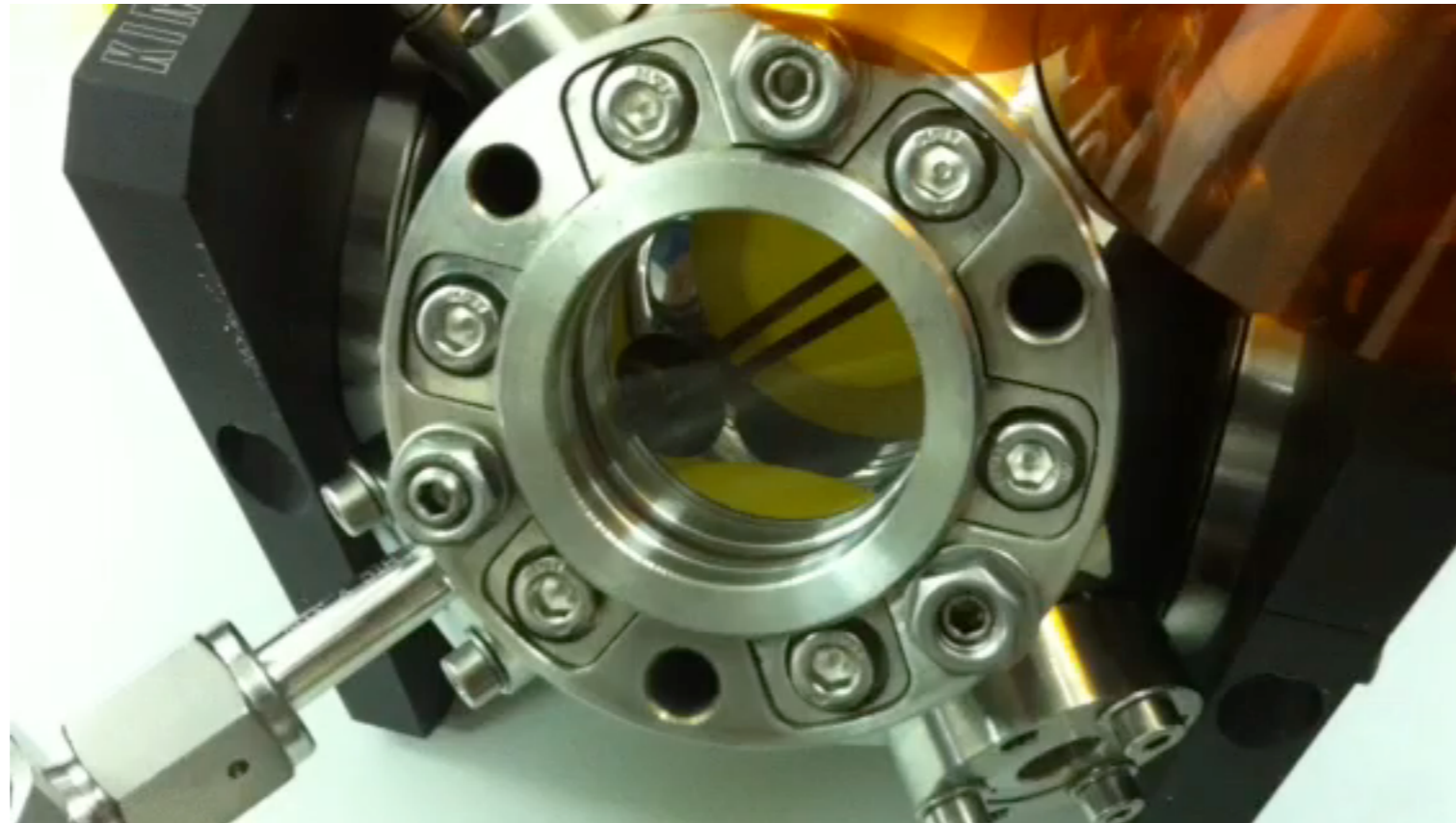
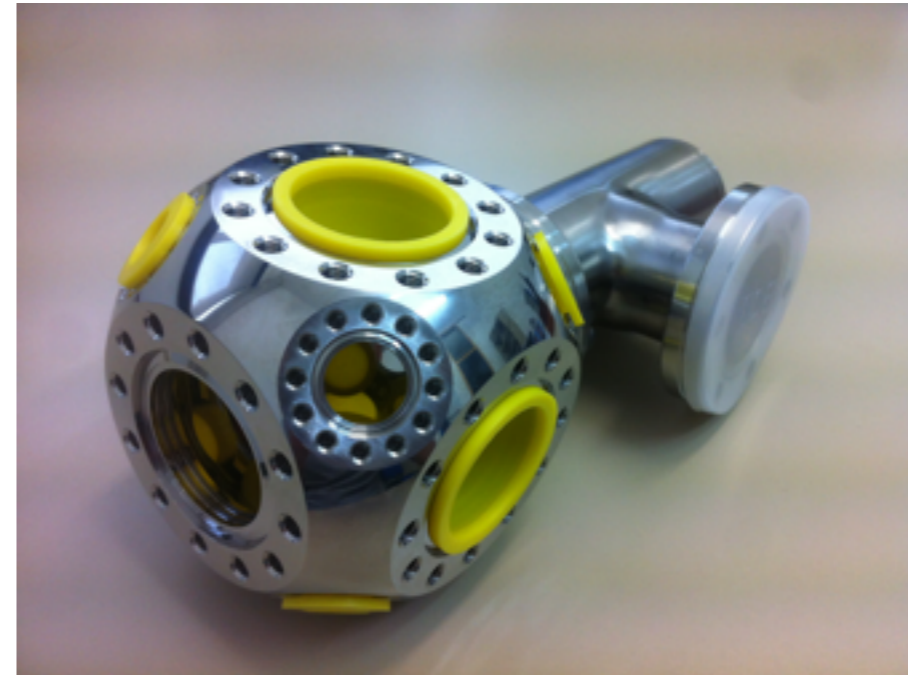
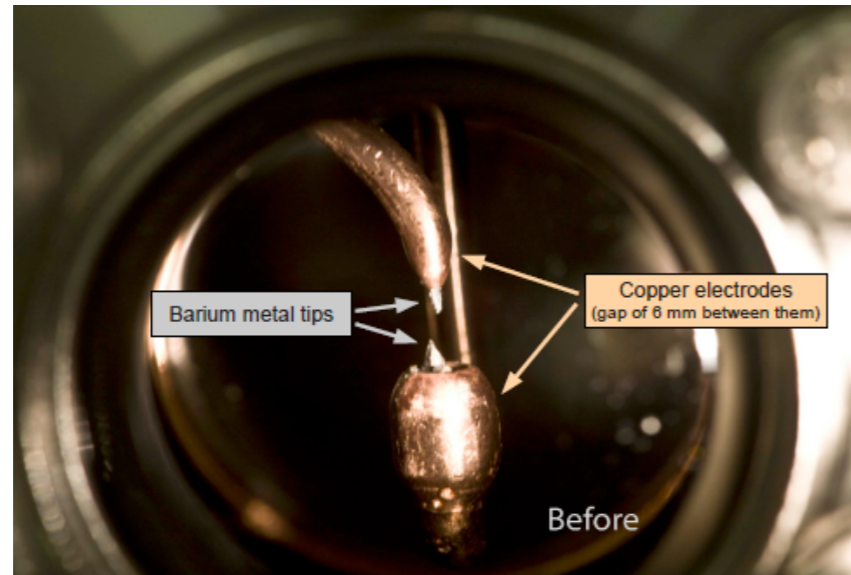
Observing Ba⁺ red light?



Recipe: blue laser excites Ba⁺ to $^2P_{1/2}$ state (10^8 times in one second)
 $^2P_{1/2}$ state decays 30% of the time to $^2D_{3/2}$

THUS, one could produce $\sim 10^7$ red photons?!

Alice Experiment (CLPU 2015)



<https://www.youtube.com/user/somific>

<https://vimeo.com/114361247>

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying `next.ific.uv.es/next/`. The browser's tab bar contains several open tabs, including "Play Chess...", "Live Chess...", "RecPack::Ho...", "Miguel Illes...", "jjgomezcad...", "Online Ches...", "Chess Tactics", "Revista de L...", and "groups - Go...". The website's header features the "next" logo on the left and a navigation menu with links for "HOME", "THE EXPERIMENT", "DOCUMENTS", "GALLERY", "MEDIA", and "MISCELLANEA".

The main content area is dominated by a large red heading: "THE NEXT MOVIE IS FINISHED". Below this heading, it states "Last Updated on Friday, 13 June 2014 09:30" and includes a link: "Neutrino, measuring the unexpected,". To the left of the main text are three logos: "incenno 2010" and "Coanolidar", the logo of the "GOBIERNO DE ESPAÑA" (Government of Spain) and the "REPARTO DE CARRERA E INNOVACION", and the "erc" logo of the "European Research Council" with the tagline "Supporting top researchers from anywhere in the world".

Below the logos, there is a text announcement: "July 2013: J.J. Gómez Cadenas got the **ERC Advanced Grant for NEXT**" and "Starting from March 2013, NEXT is a Recognized Experiment at CERN!". At the bottom right of the page is a photograph of a person working on a complex piece of scientific equipment, likely part of the NEXT experiment.

Paisaje sin neutrinos



Quizás en los próximos años NEXT sea capaz de encontrar la desintegración doble beta sin neutrinos. Ese grano de arena en la playa que nos ayude a explicarnos por qué estamos aquí.