

Astrofísica Nuclear y Física Médica



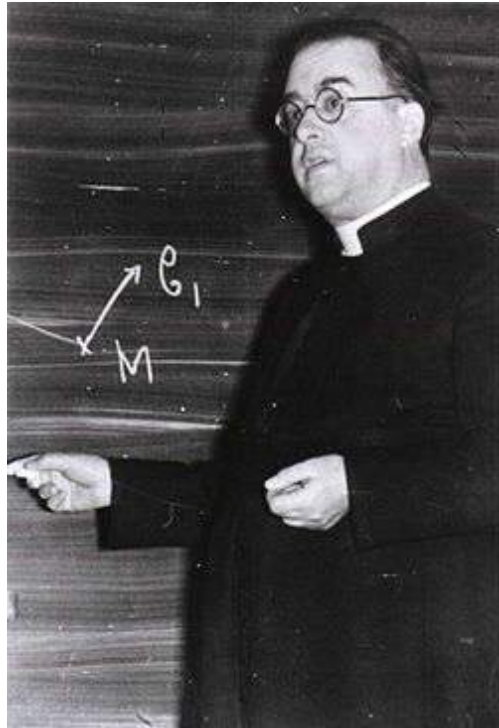
Enrique Nácher González
Instituto de Estructura de la Materia

IEM

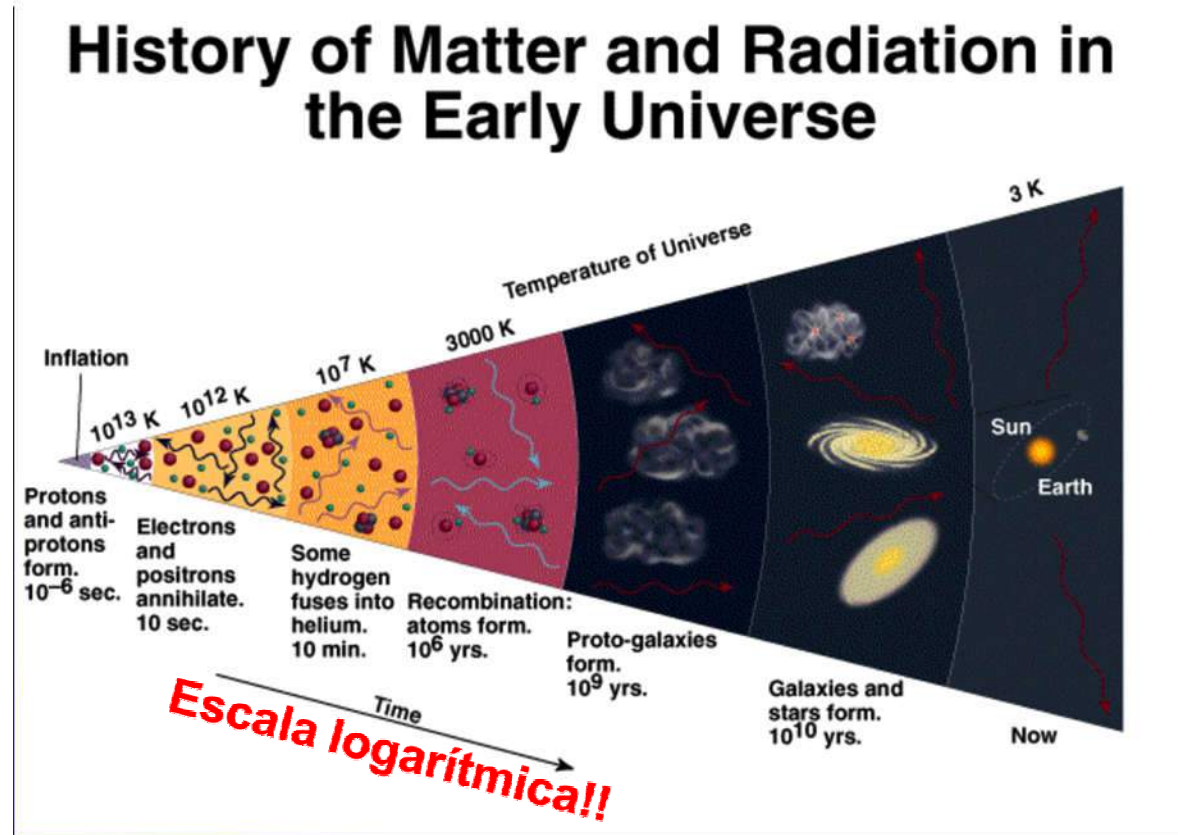
ASTROFÍSICA NUCLEAR

- De dónde vienen los núcleos atómicos?
- Cómo influyen las reacciones nucleares en la evolución de las estrellas?

De dónde vienen los núcleos atómicos: nucleosíntesis primordial

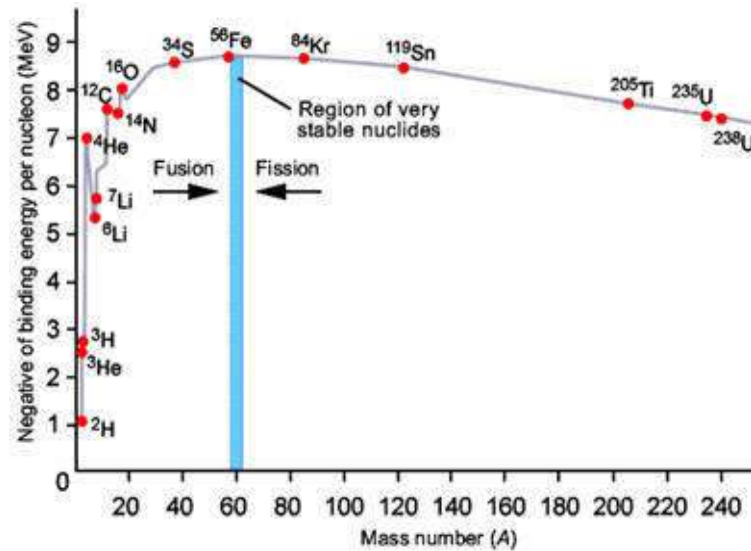
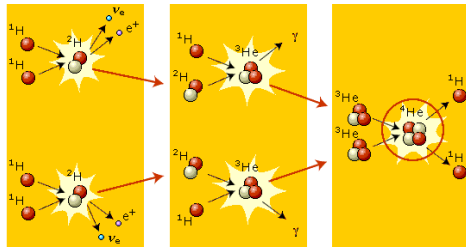
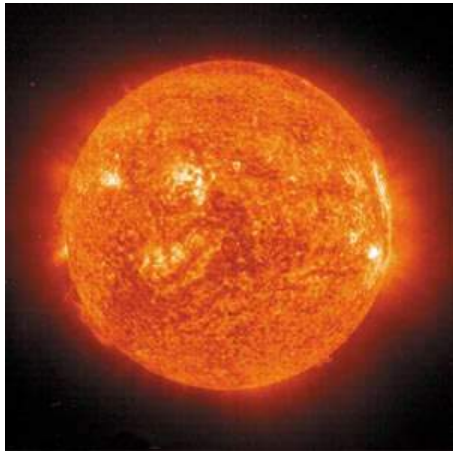


Henri Joseph Edouard Lemaitre, sacerdote católico y astrofísico belga (1894-1966), aplicó las ecuaciones de la relatividad general de Einstein a la Cosmología y propuso la teoría del Universo expansivo y del Big-Bang.



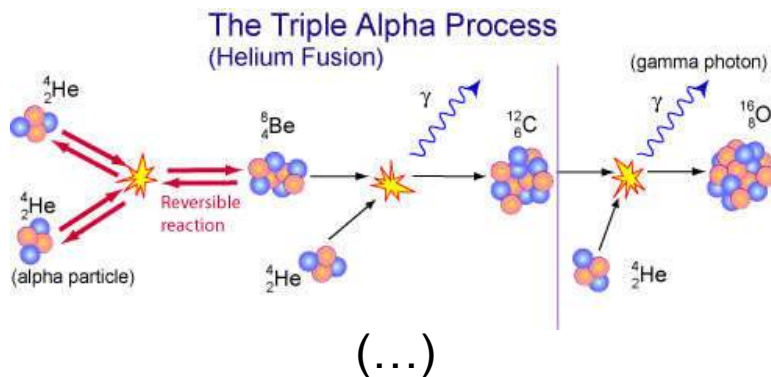
De dónde vienen los núcleos atómicos: nucleosíntesis estelar

FUSION



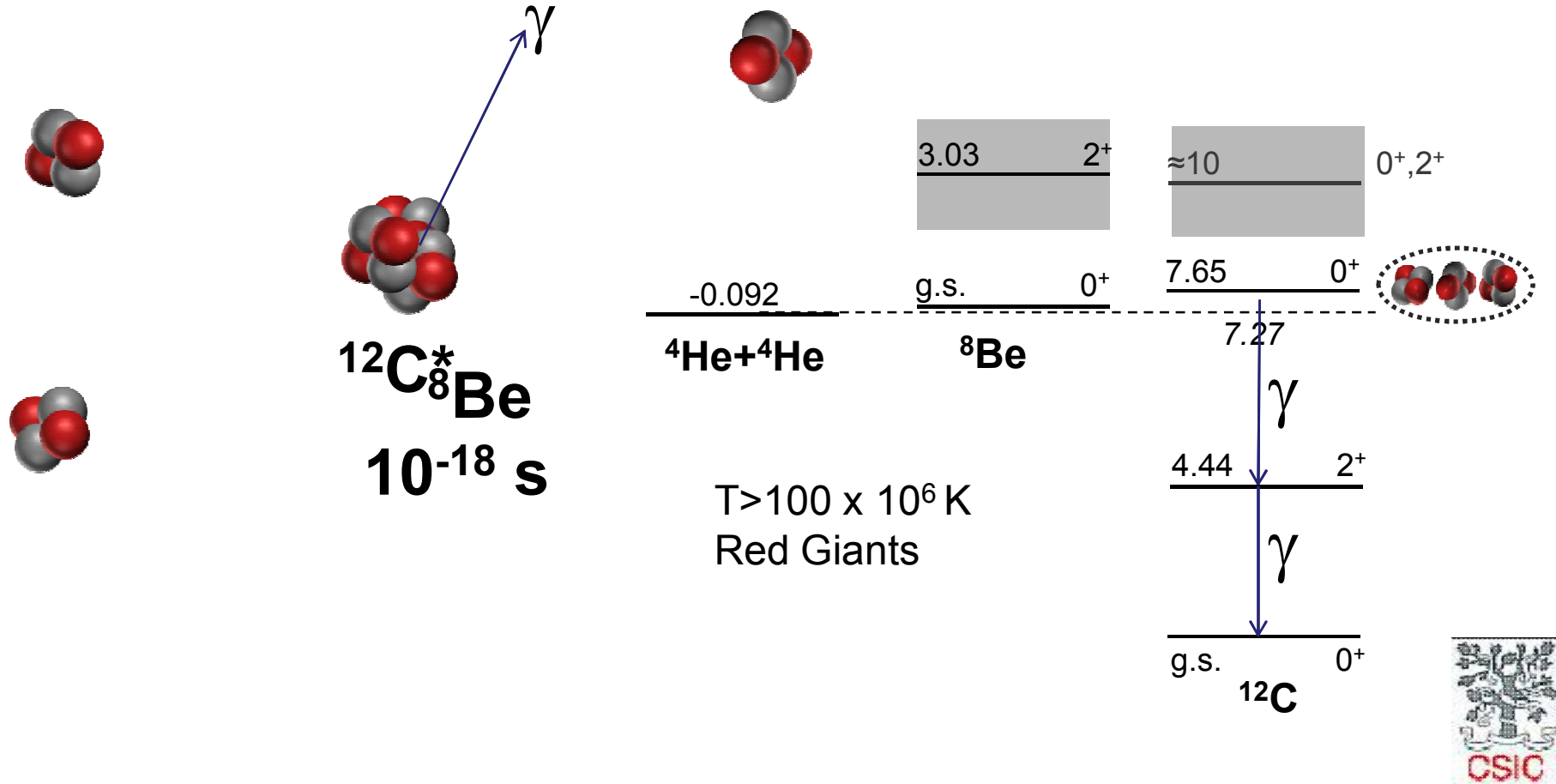
A mayor energía de enlace, más ligados los nucleones, más estable es el núcleo. La naturaleza tiende a formar sistemas estables. Por ello, la fusión de elementos ligeros libera energía, y la rotura o fisión de elementos pesados también libera energía.

•700000 Toneladas/s de Hidrógeno se fusionan en el centro del Sol para producir Helio y energía, que nos llega a nosotros en la Tierra.

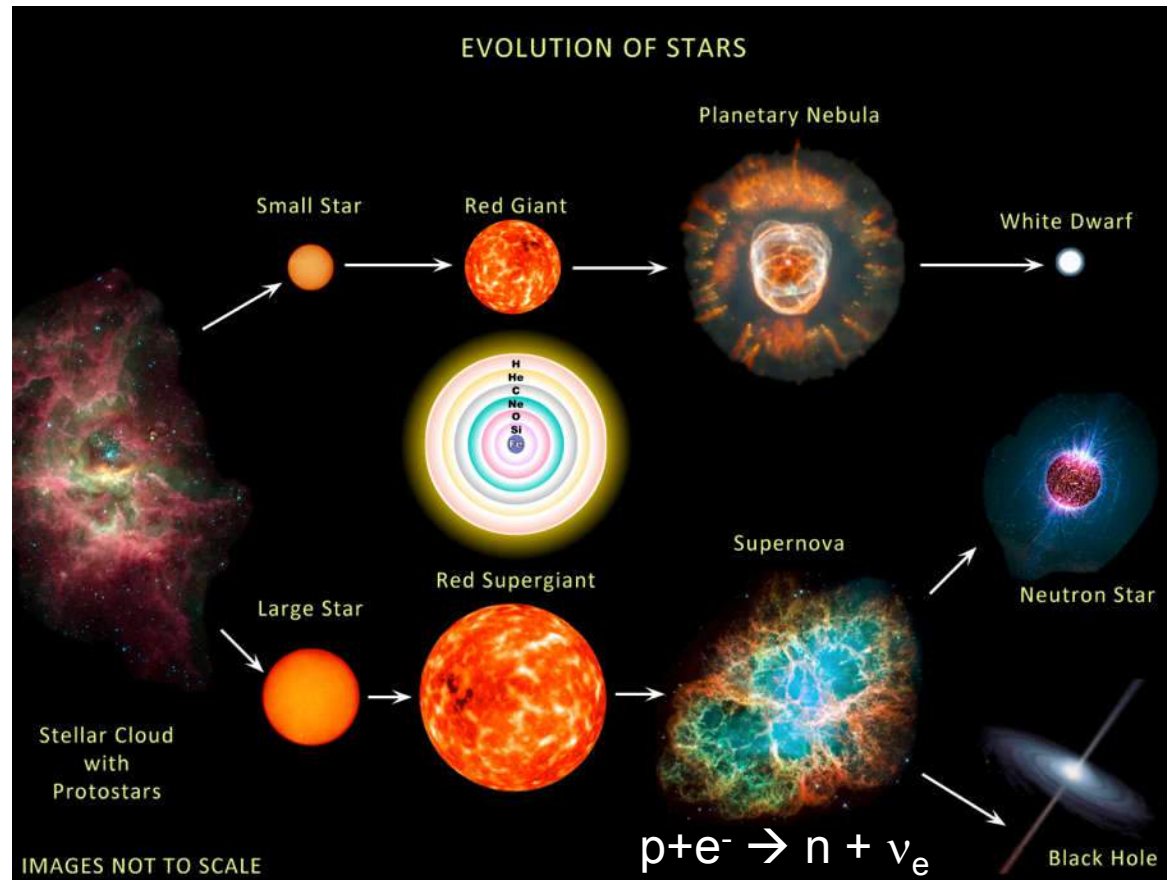


De dónde vienen los núcleos atómicos: nucleosíntesis estelar

Fred Hoyle propuso la existencia de una resonancia en ^{12}C sin la cual no podría producirse el proceso triple alpha en las condiciones que se encuentra el He en una gigante roja => =>Argumento antropocentrista:



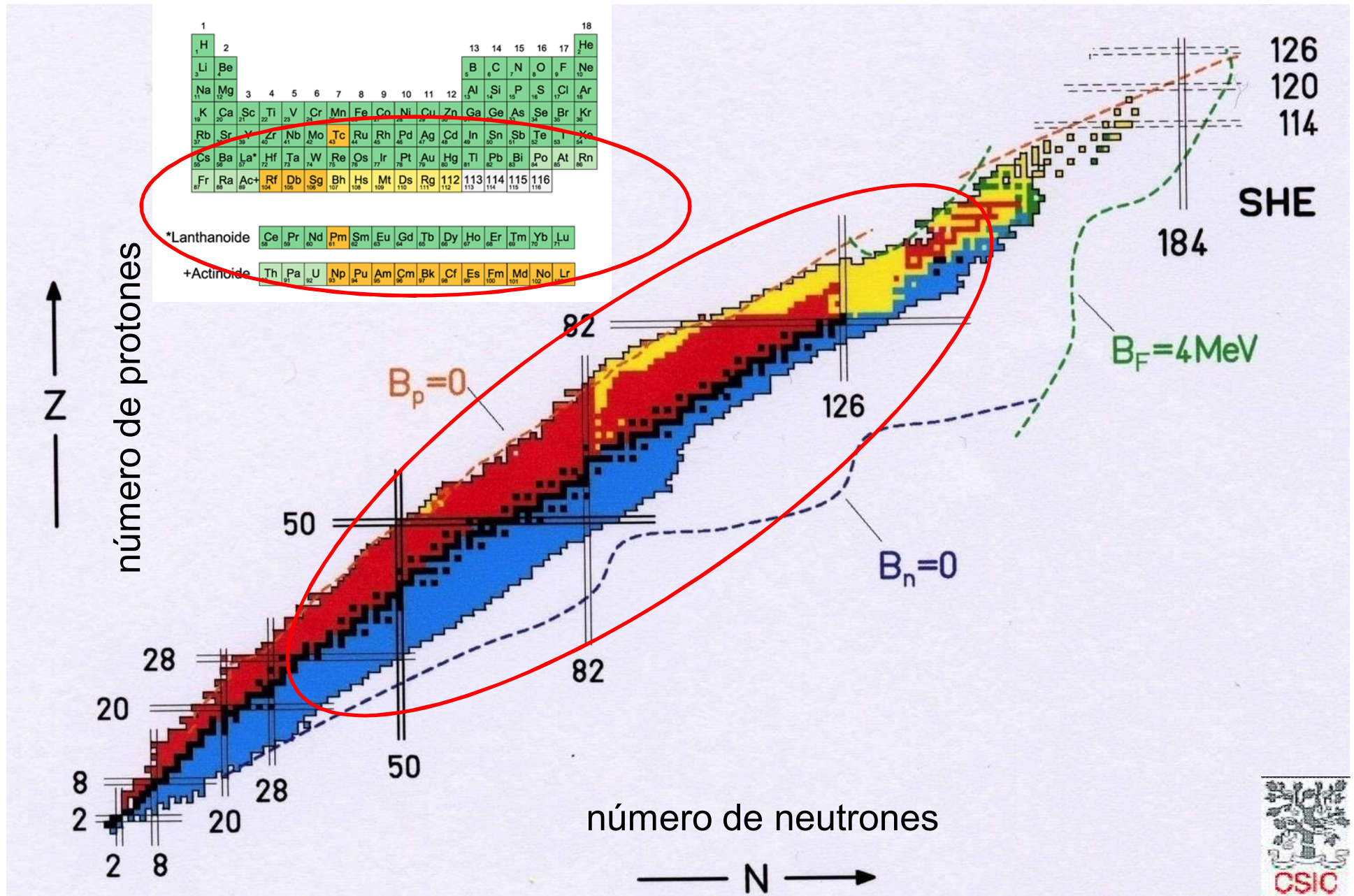
De dónde vienen los núcleos atómicos: nucleosíntesis estelar



- Evolución estelar => “batalla” entre la energía de fusión “expansiva” y la energía gravitatoria “contractiva”
- Cuando el combustible se termina, solo queda la gravedad: colapso => supernova

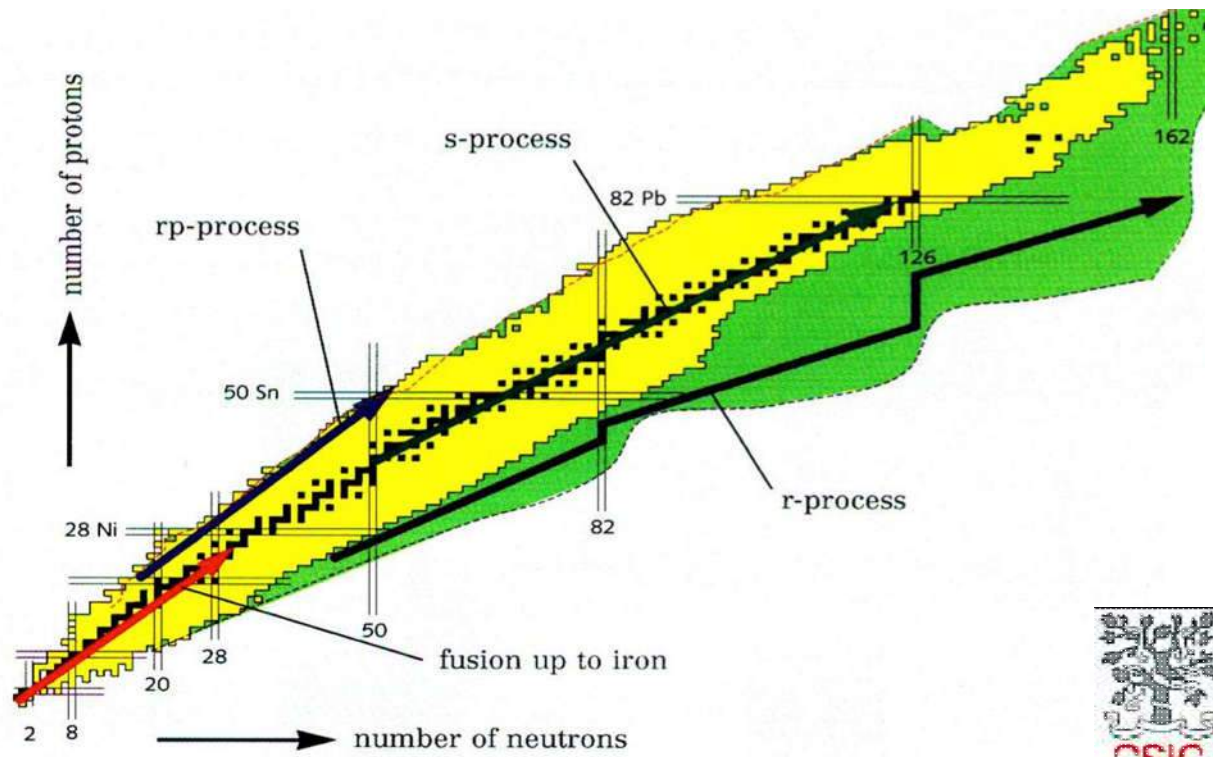
Pero en la Tierra, tenemos elementos más pesados que el hierro

¿De dónde vienen?



Procesos s, r y rp

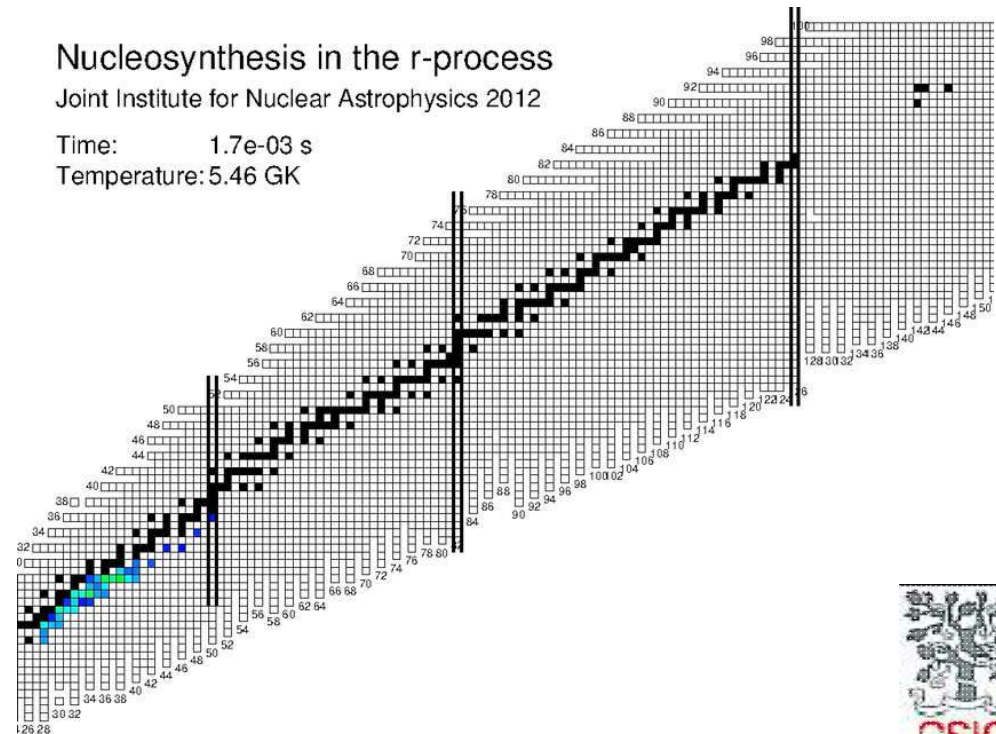
- Captura de neutrones: procesos s (slow) y r (rapid)
- Captura de protones: proceso rp (rapid proton)



Procesos s, r y rp

- <http://www.jinaweb.org>

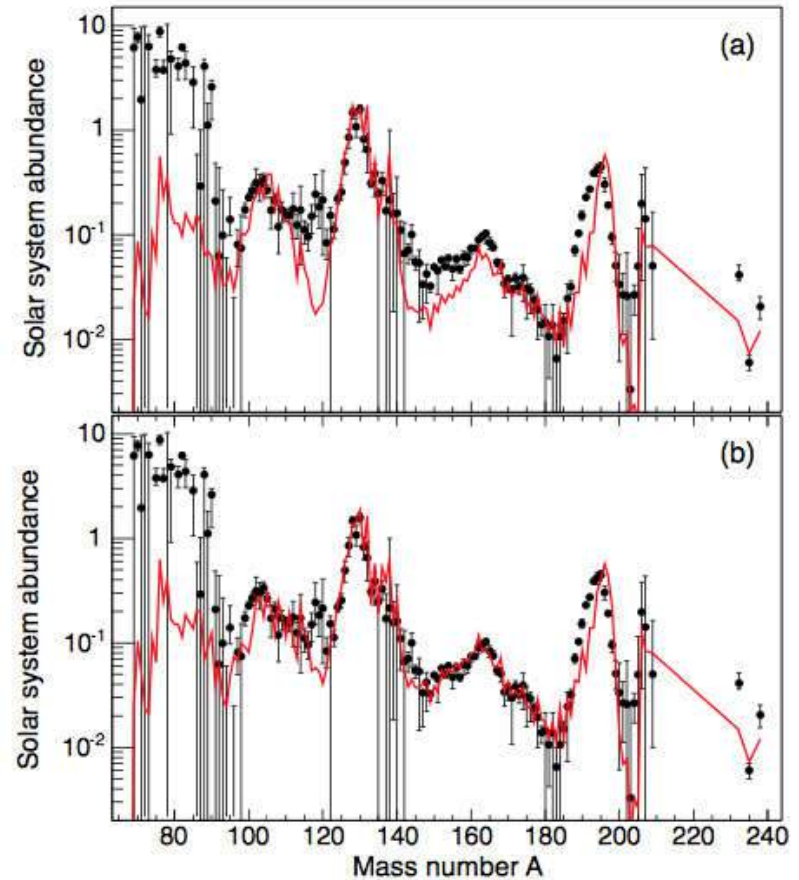
The r-process is responsible for the origin of about half of the elements heavier than iron that are found in nature, including elements such as gold or uranium. Shown is the result of a model calculation for this process that might occur in a supernova explosion. Iron is bombarded with a huge flux of neutrons and a sequence of neutron captures and beta decays is then creating heavy elements.



Procesos s, r y rp

- Observable Físico: abundancias nucleares en el Sistema Solar

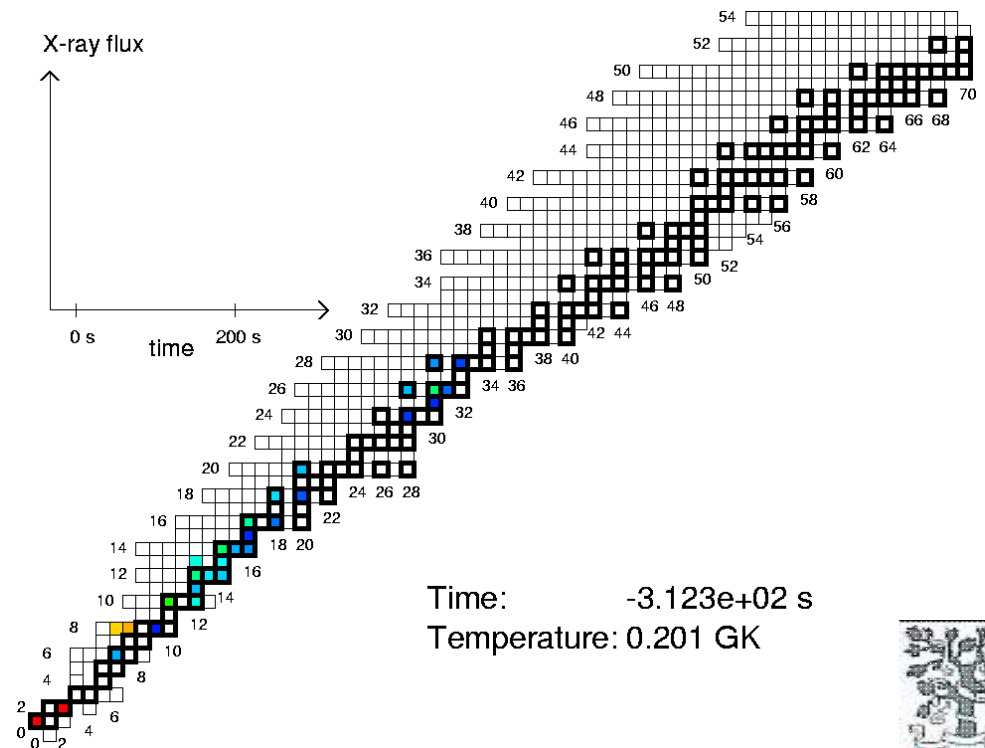
RI 114, 192301 (2015) PHYSICAL REVIEW LETTERS
 15 MAY 2015
 β -Decay Half-Lives of 110 Neutron-Rich Nuclei across the $N = 82$ Shell Gap: Implications for the Mechanism and Universality of the Astrophysical r Process
 G. Lorusso,^{1,2,3} S. Nishimura,^{1,4} Z. Y. Xu,^{1,5,6} A. Jungclaus,⁷ Y. Shimizu,¹ G. S. Simpson,⁸ P.-A. Söderström,¹
 H. Watanabe,^{1,9} F. Browne,^{1,10} P. Doornenbal,¹ G. Gey,¹⁸ H. S. Jung,¹¹ B. Meyer,¹² T. Sumikama,¹³ J. Taprogge,^{1,7,14}
 Zs. Vajta,^{1,15} I. Wu,^{1,16} H. Baba,¹ G. Benzoni,¹⁷ K. Y. Chae,¹⁸ F. C. L. Crespi,^{17,19} N. Fukuda,¹ R. Gerthäuser,²⁰ N. Inabe,¹
 T. Isobe,¹ T. Kajino,²¹ D. Kameda,¹ G. D. Kim,²² Y.-K. Kim,^{23,25} I. Kojouharov,²⁴ F. G. Kondév,²⁵ T. Kubo,¹ N. Kur,¹
 Y. K. Kwon,²² G. J. Lane,²⁶ Z. Li,^{1,6} A. Montaner-Piña,²⁷ K. Moschner,²⁸ F. Nagvi,²⁹ M. Niikura,⁵ H. Nishubari,¹
 A. Odahara,³⁰ R. Orlandi,³¹ Z. Patel,³ Zs. Podolyák,³ H. Sakurai,^{1,5} H. Schaffner,²⁴ P. Schury,¹ S. Shibagaki,^{4,21} K. S.



Procesos s, r y rp

- <http://www.jinaweb.org>

If neutron stars are orbited by a normal companion star they can suck matter from the companion. This matter gets compressed and heated as it reaches the neutron star surface and if enough has accumulated it explodes in a gigantic hydrogen bomb. The explosion can be observed from earth as an X-ray burst with duration of 10-100s.



Time: $-3.123e+02$ s
Temperature: 0.201 GK



Stellar weak decay rates in neutron-deficient medium-mass nuclei

P. Sarriguren

Instituto de Estructura de la Materia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Serrano 123, E-28006 Madrid, Spain

(Received 5 November 2010; revised manuscript received 5 January 2011; published 2 February 2011)

Weak decay rates under stellar density and temperature conditions holding at the rapid proton-capture process are studied in neutron-deficient medium-mass waiting-point nuclei extending from Ni up to Sn. Neighboring isotopes to these waiting-point nuclei are also included in the analysis. The nuclear structure part of the problem is described within a deformed Skyrme Hartree-Fock + BCS quasiparticle random-phase-approximation approach, which reproduces not only the β -decay half-lives but also the available Gamow-Teller strength distributions, measured under terrestrial conditions. The various sensitivities of the decay rates to both density and temperature are discussed. In particular, we study the impact of contributions coming from thermally populated excited states in the parent nucleus and the competition between β decays and continuum electron captures.

DOI: 10.1103/PhysRevC.83.025801

PACS number(s): 23.40.-s, 21.60.Jz, 26.30.Cu, 27.50



EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

Proposal to the ISOLDE and Neutron Time-of-Flight Committee

Beta decay of the $N=Z$, rp-process waiting points: ^{64}Ge , ^{68}Se and the $N=Z+2$: ^{66}Ge , ^{70}Se for accurate stellar weak-decay rates

[May 29th - 2013]

E. Náchter, J.A. Eriz, M. Carmona, A. Illana, A. Jungclauss, A. Perea, V. Fesudo, G. Ribeiro, J. Sánchez-del-Río, P. Sarriguren, J. Taprogge, O. Tengblad
Instituto de Estructura de la Materia - CSIC, Madrid (Spain)

C. Domingo, A. Algorta, J. Agramunt, G. Giubone, V. Guadilla, A. Montaner, S.E.A. Origo, B. Rubio, J. L. Tain, E. Valencia
Instituto de Física Corpuscular, CSIC - Universidad de Valencia (Spain)

J. José, A. Parikh
Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona (Spain)

I.M. Frade, I. Masroquán, O. Moreno, B. Olazola, V. Pazis, J.M. Udías, V. Vedia
Universidad Complutense de Madrid (Spain)

M.J.C. Borge, T. Day Goodacre, V. Fedosseev, B. Marsh, E. Rapisarda, T. Stora
CERN, Geneva (Switzerland)

W. Gelletly, P. Regan, Z. Podolyak, S. Rice
University of Surrey, Guildford (United Kingdom)

R. Orlandi
Katholieke Universiteit Leuven (Belgium)

Spokesperson(s): E. Náchter (Enrique.Nachter@cern.ch)
C. Domingo (Cesar.Domingo@ific.uv.es)
A. Algorta (Alejandro.Algorta@ific.uv.es)

Local contact: Elisa Rapisarda (Elisa.Rapisarda@cern.ch)



CERN-INTC-2013-009 / INTC-F-374
29/05/2013

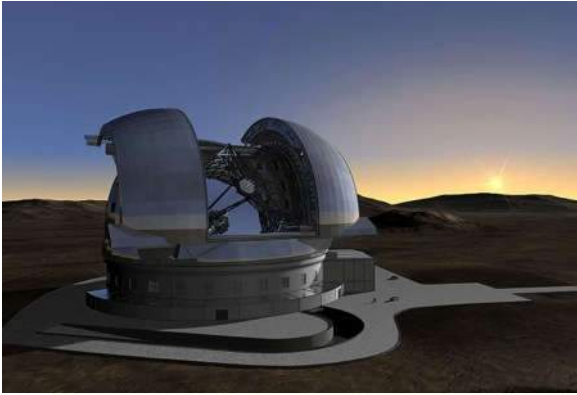


- Resumiendo: los núcleos son “productos” de la vida (y muerte) de las estrellas... y algo más
- Para entender la procedencia de los núcleos y sus abundancias en la Tierra necesitamos comprender los mecanismos de evolución estelar y galáctica a lo largo de la historia del Universo

... y viceversa ...

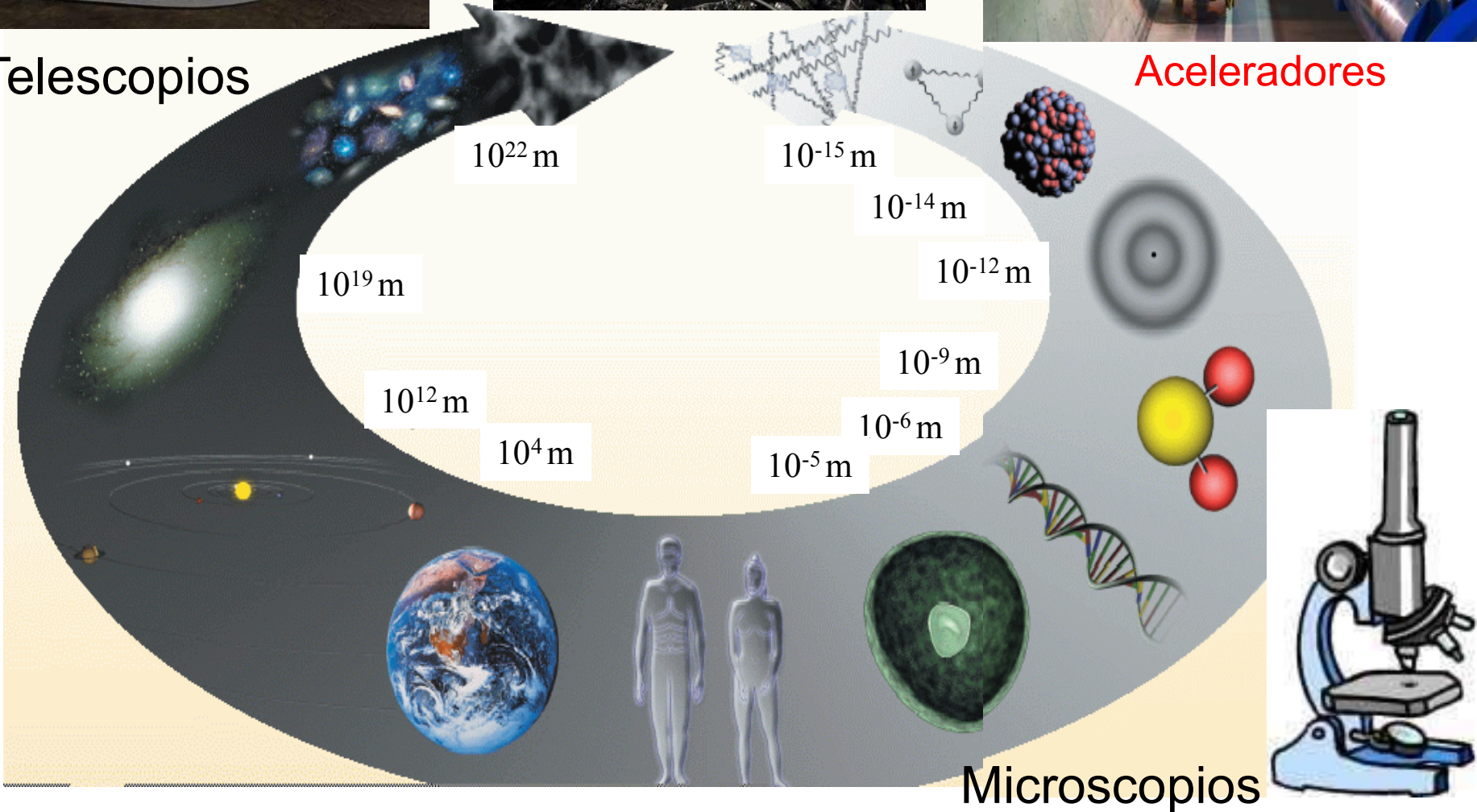
- Para comprender la evolución de las estrellas, necesitamos comprender las propiedades de los núcleos (secciones eficaces de captura, tasas de desintegración, masas...)
- Esto se estudia experimentalmente en el laboratorio utilizando aceleradores de partículas y detectores.





Telescopios

Aceleradores

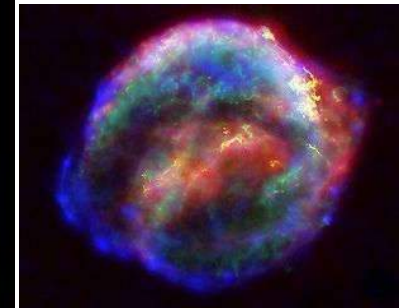
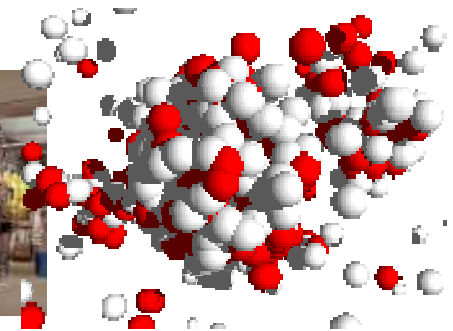
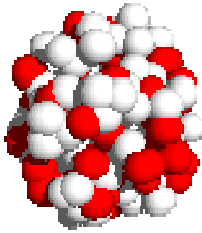


Astrofísica Nuclear

Las **reacciones nucleares** que ocurren de modo natural en las estrellas, se pueden reproducir artificialmente en el laboratorio mediante **aceleradores de partículas** y estudiarlas empleando **detectores**.

Instalación GSI/FAIR en Darmstadt (Alemania)

ACELERADORES DE PARTÍCULAS



Y TODO ESTO..., ¿PARA QUÉ?



FÍSICA MÉDICA

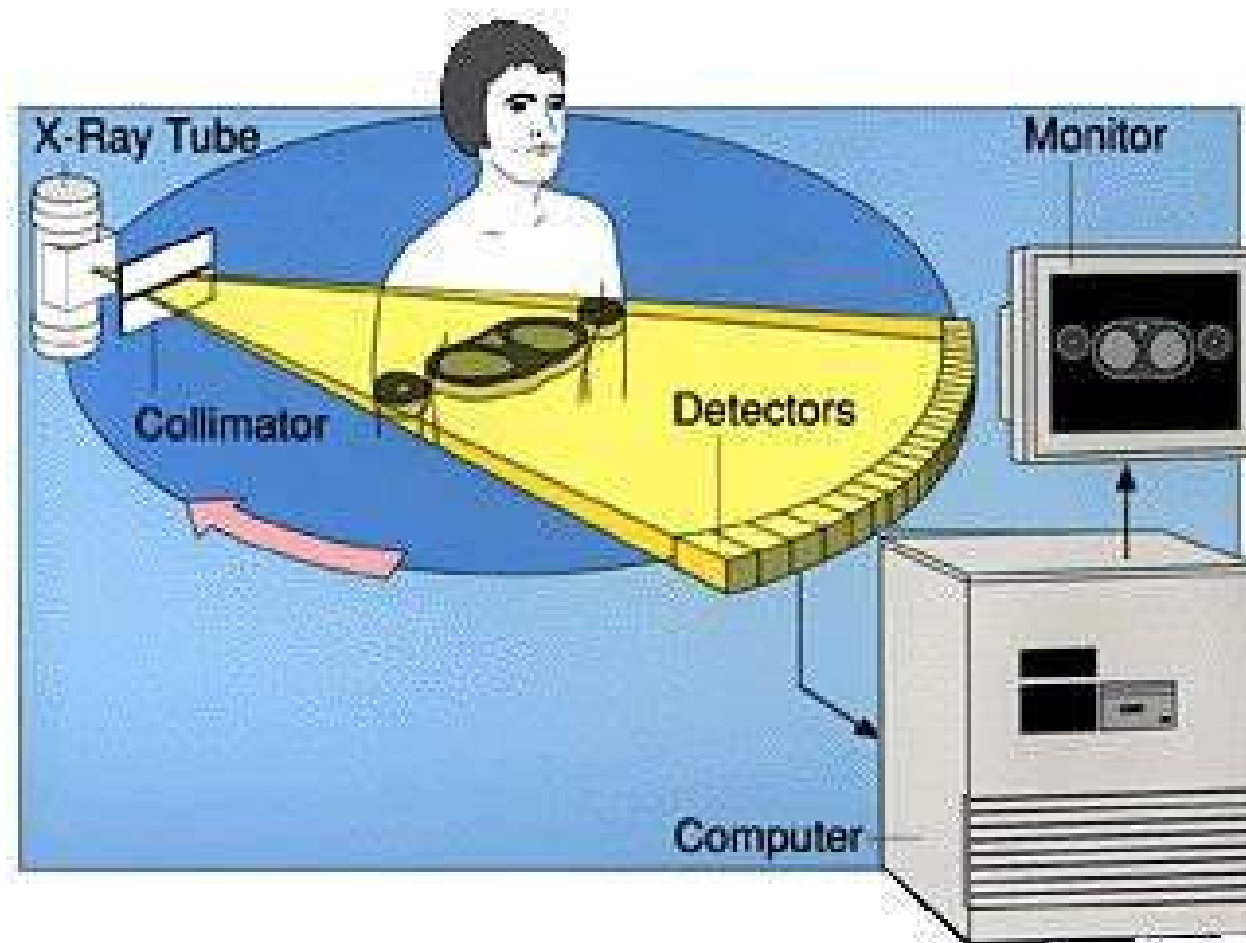
- Física nuclear para radiodiagnóstico: imagen médica (CT, PET, NMR...)
- Física nuclear para radioterapia

Radiodiagnóstico: CT & PET

- *Computerized Tomography* (CT): diagnóstico tradicional por transmisión de rayos X => buena imagen morfológica
- *Positron Emission Tomography* (PET): uso de radiotrazadores y su acumulación en diferentes órganos del cuerpo => buena imagen funcional

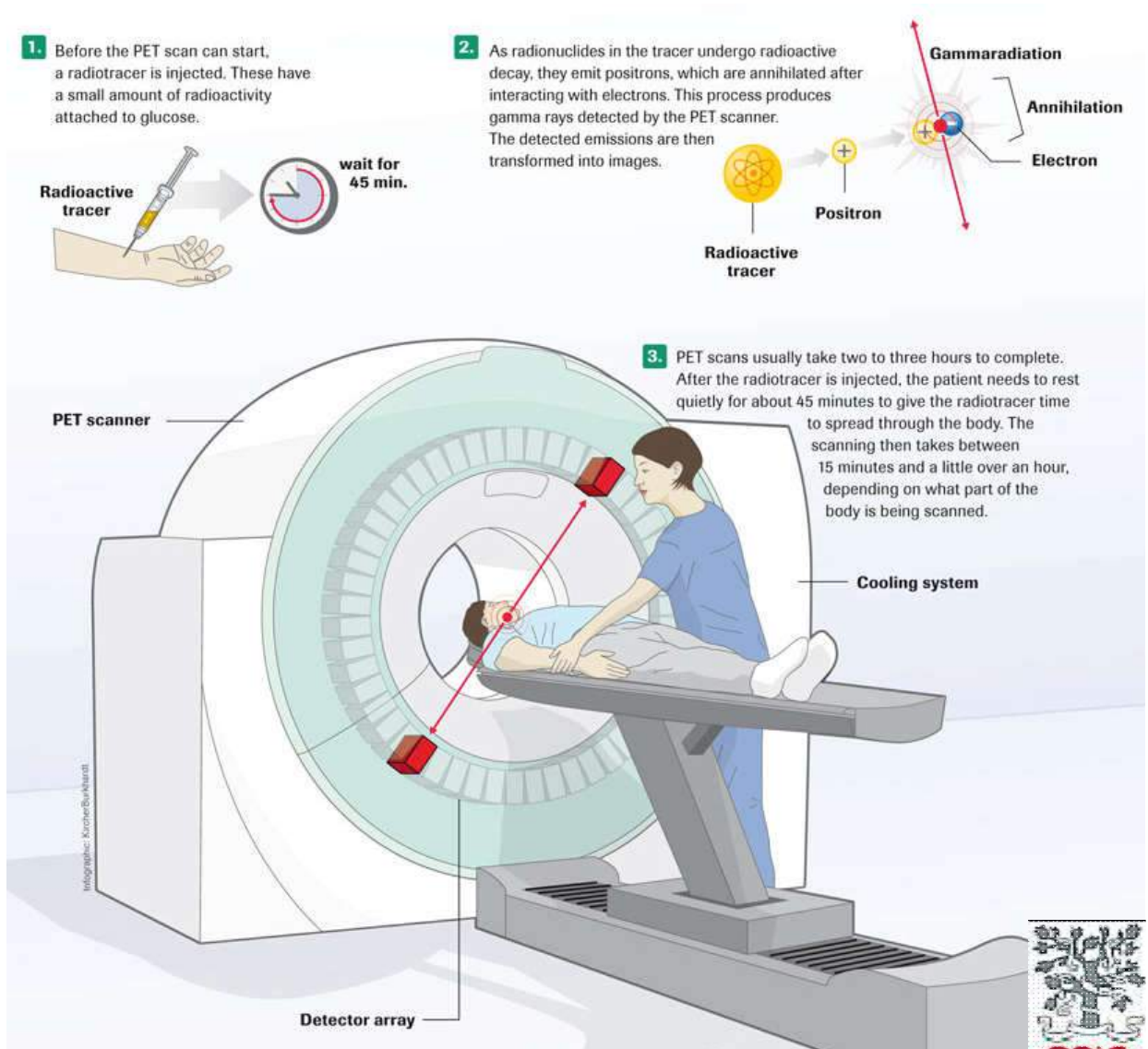


Radiodiagnóstico: CT & PET



Computerized Tomography (CT)

Radiodiagnóstico: CT & PET



Positron Emission Tomography (PET)



Radiodiagnóstico: CT & PET

CT Scan

Organs and bones



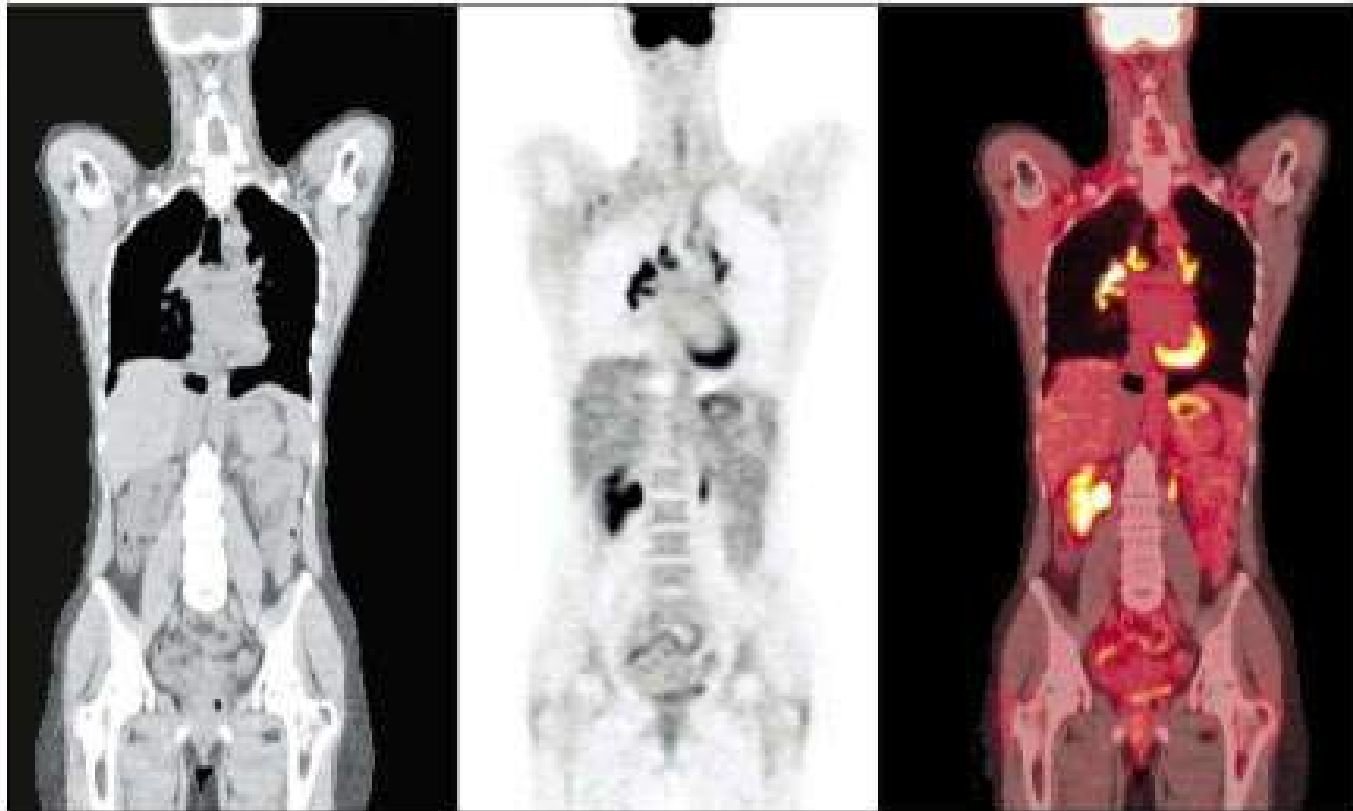
PET Scan

Cell activity



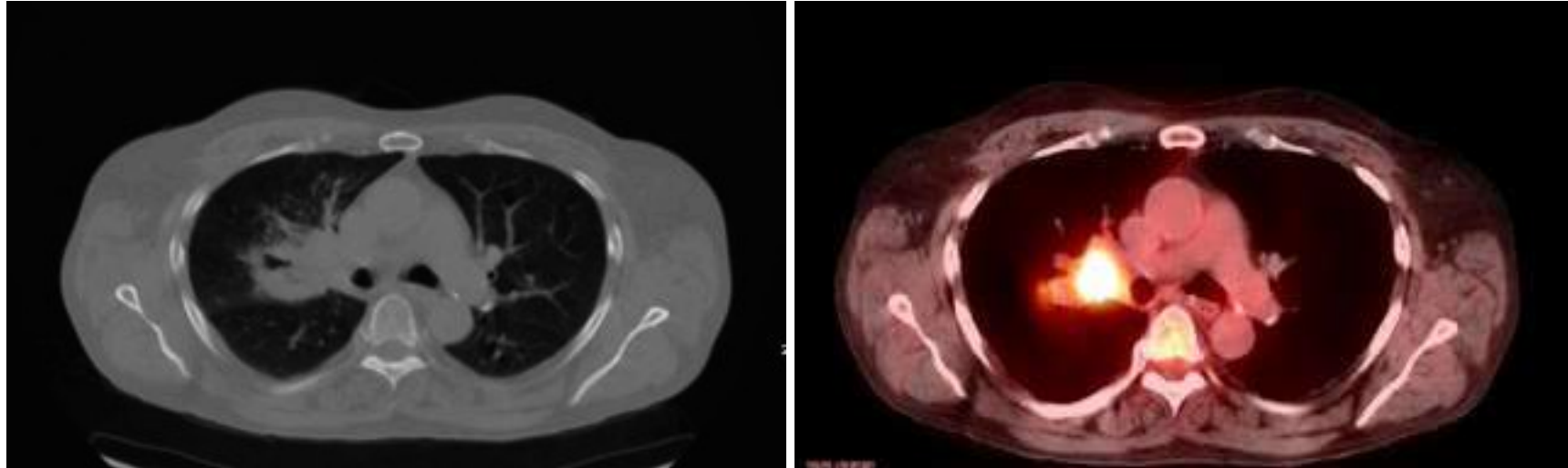
PET/CT Scan*

Exact location of high cell activity



Combinación PET/CT: imagen funcional con gran definición y calidad morfológica

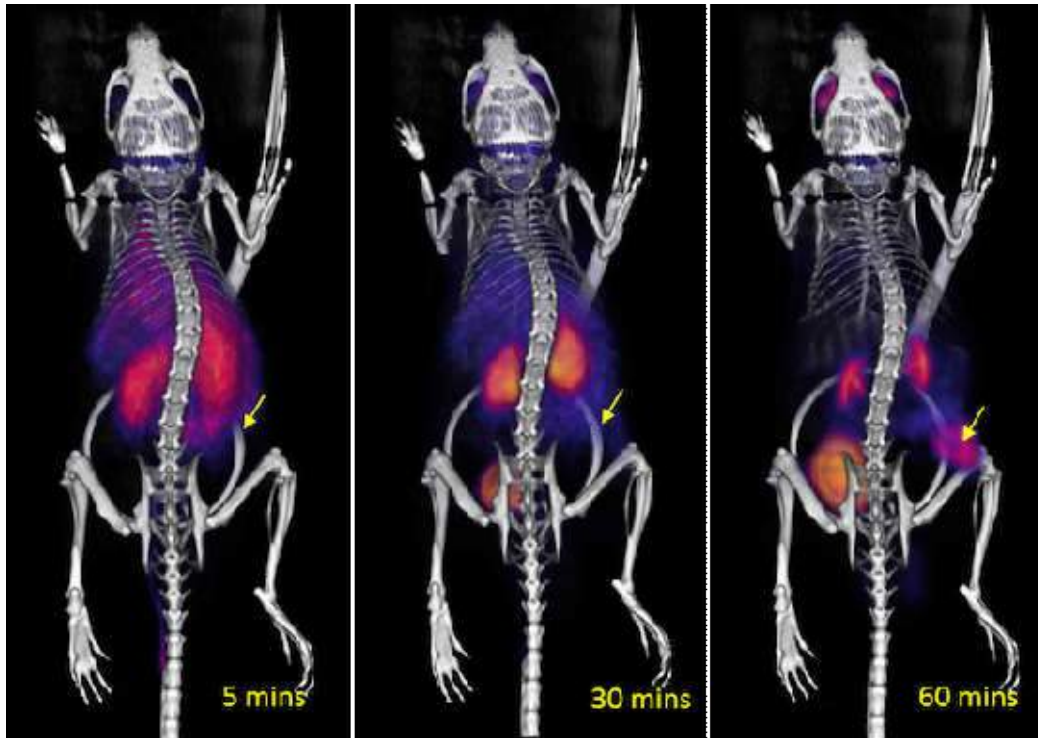
Radiodiagnóstico: CT & PET



Combinación PET/CT: imagen funcional con gran definición y calidad morfológica



Radiodiagnóstico: CT & PET



Combinación PET/CT: imagen funcional con gran definición y calidad morfológica

Gammacámaras portátiles

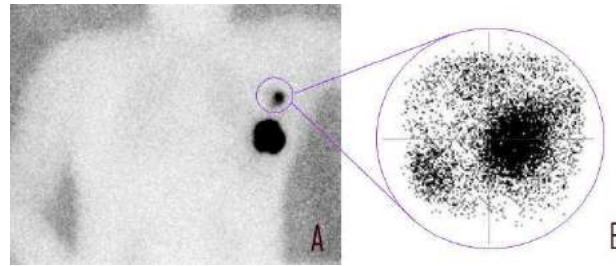
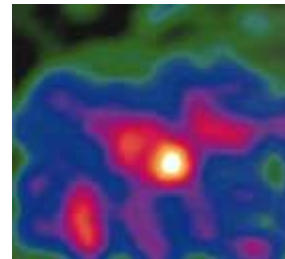
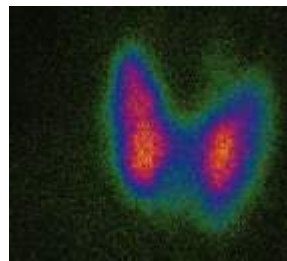


Imagen de tumor de
New Scientist,
Agosto 2007



Paratiroides, Hospital General Universitario, Valencia



Imagen de cámara gamma portátil de www.gem-imaging.com, empresa spin-off del CSI



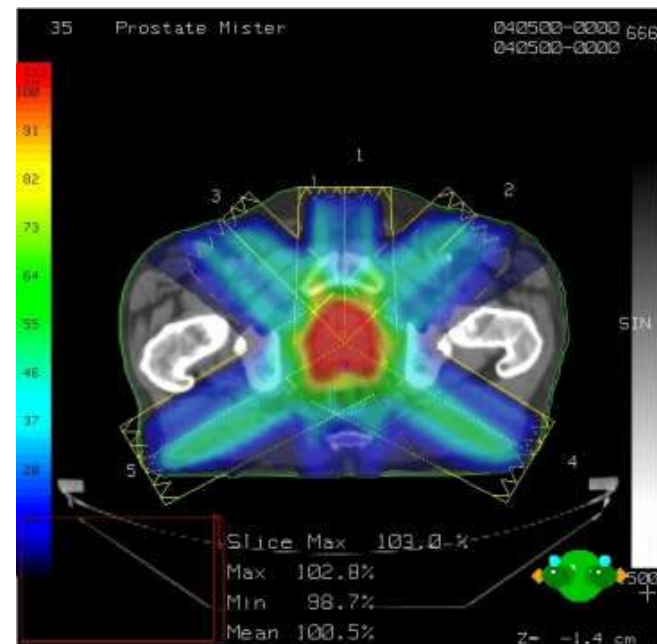
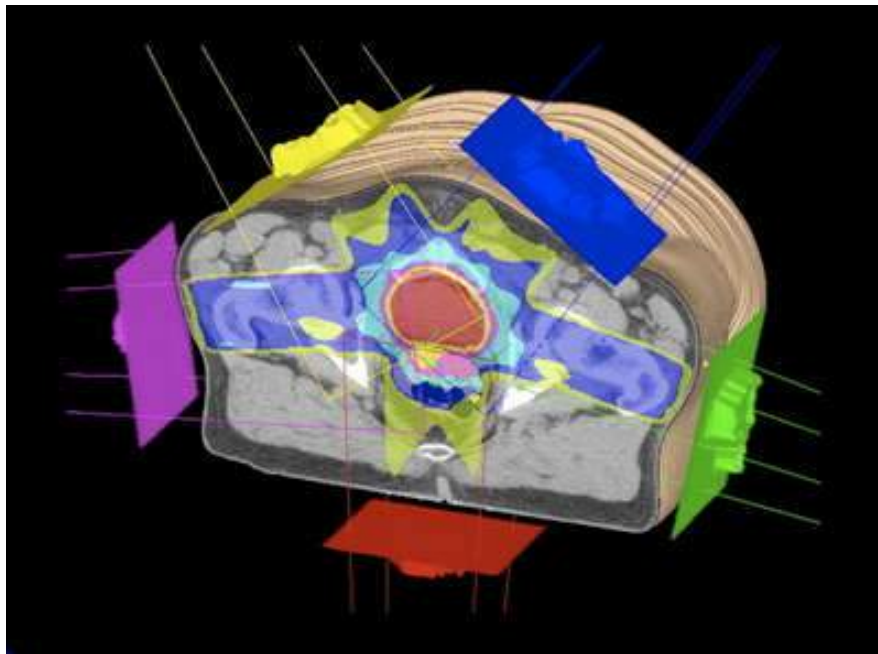
Radioterapia: rayos X o γ vs hadrones (p, ^{12}C)

- *Terapia con rayos X o γ* : tubos de rayos X, fuente de ^{60}Co , acelerador lineal de electrones (barata, menos selectiva)
- *Terapia con hadrones*: aceleradores (ciclotrones o sincrotrones) de protones o de ^{12}C (cara, muy selectiva)



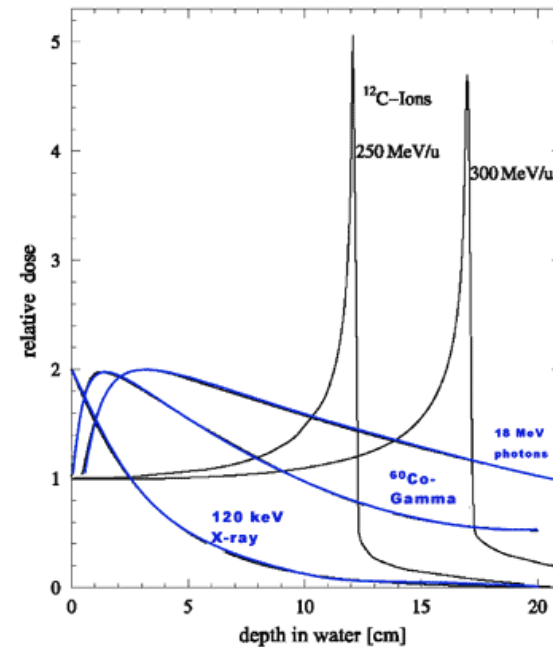
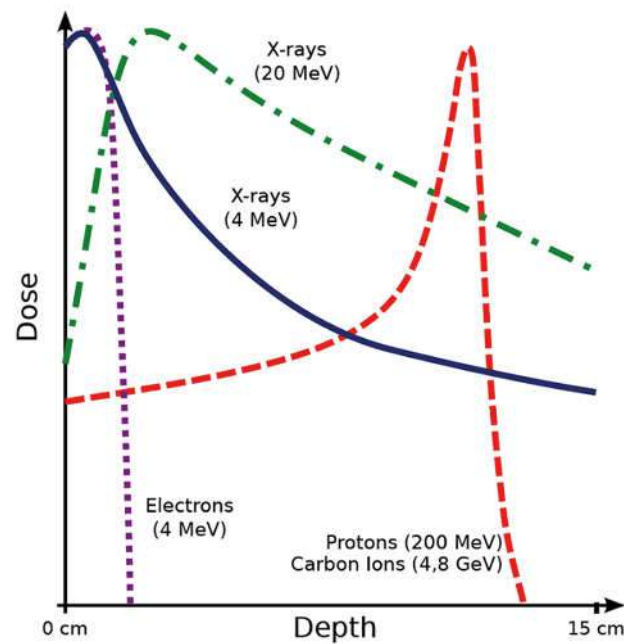
Radioterapia: rayos X o γ vs hadrones (p, ^{12}C)

- Intensity Modulated Radiation Therapy
- Terapia conformada 3D



Radioterapia: rayos X o γ vs hadrones (p, ^{12}C)

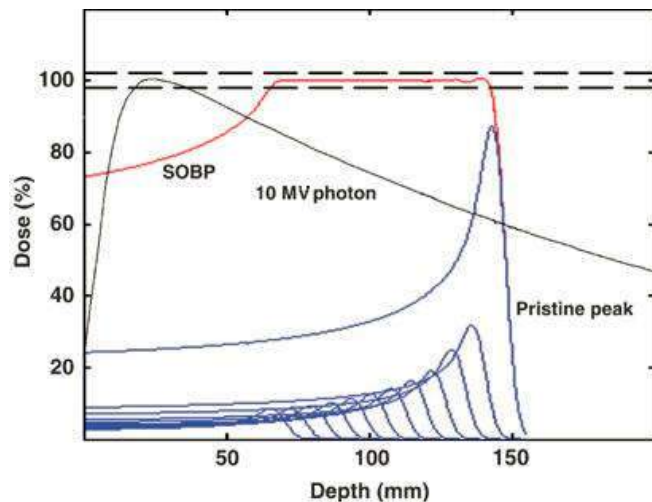
- *Hadrontherapy*: hace uso de haces acelerados de p o ^{12}C => dosis muy localizada



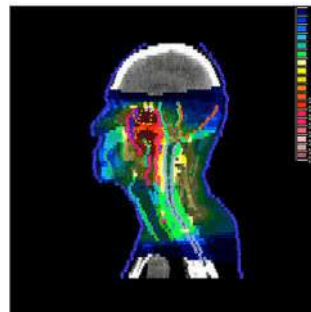
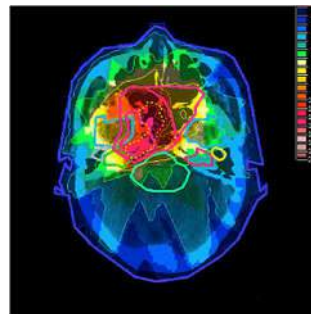
Radioterapia: rayos X o γ vs hadrones (p, ^{12}C)



Energía depositada frente a la profundidad en el tejido:

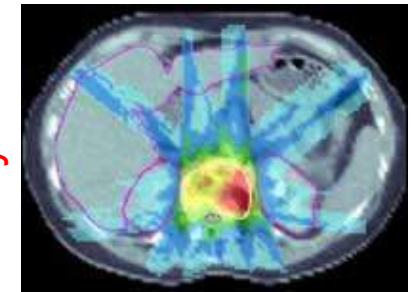


Carcinoma nasofaríngeo:
rayos X



Tumor medular:

rayos X

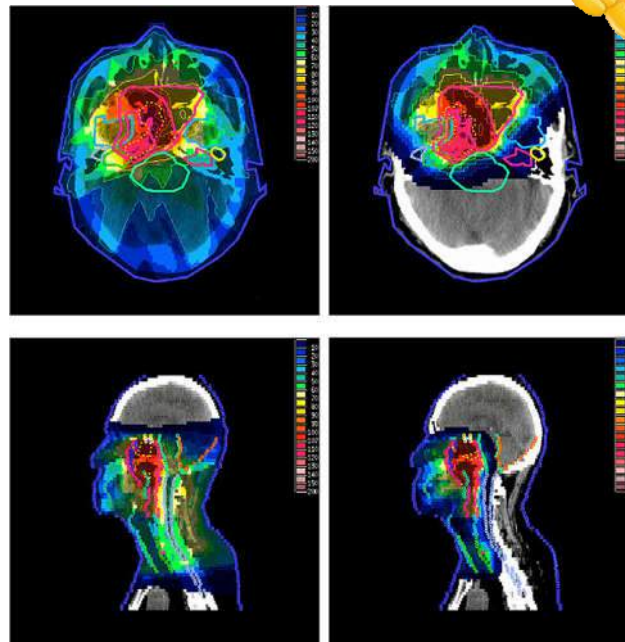
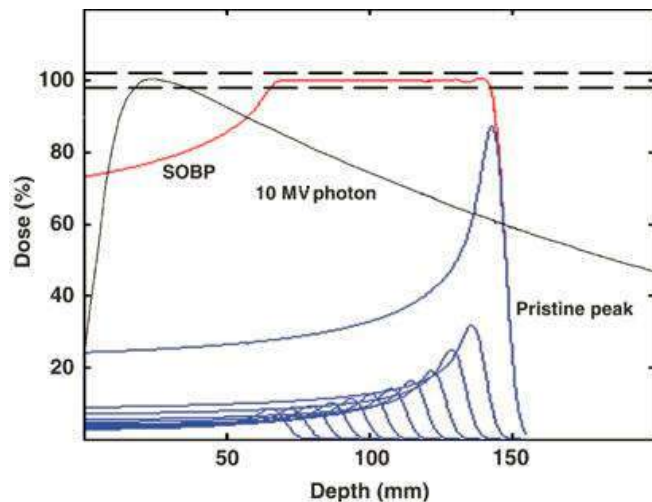


Radioterapia: rayos X o γ vs hadrones (p, ^{12}C)



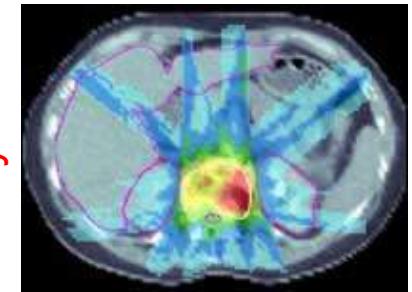
Carcinoma nasofaríngeo:
rayos X protones

Energía depositada frente a la profundidad en el tejido:

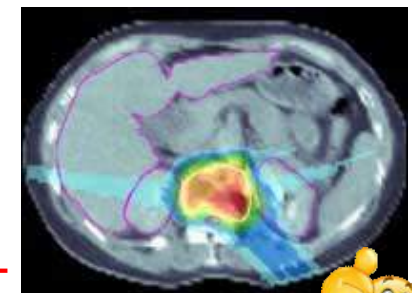


Tumor medular:

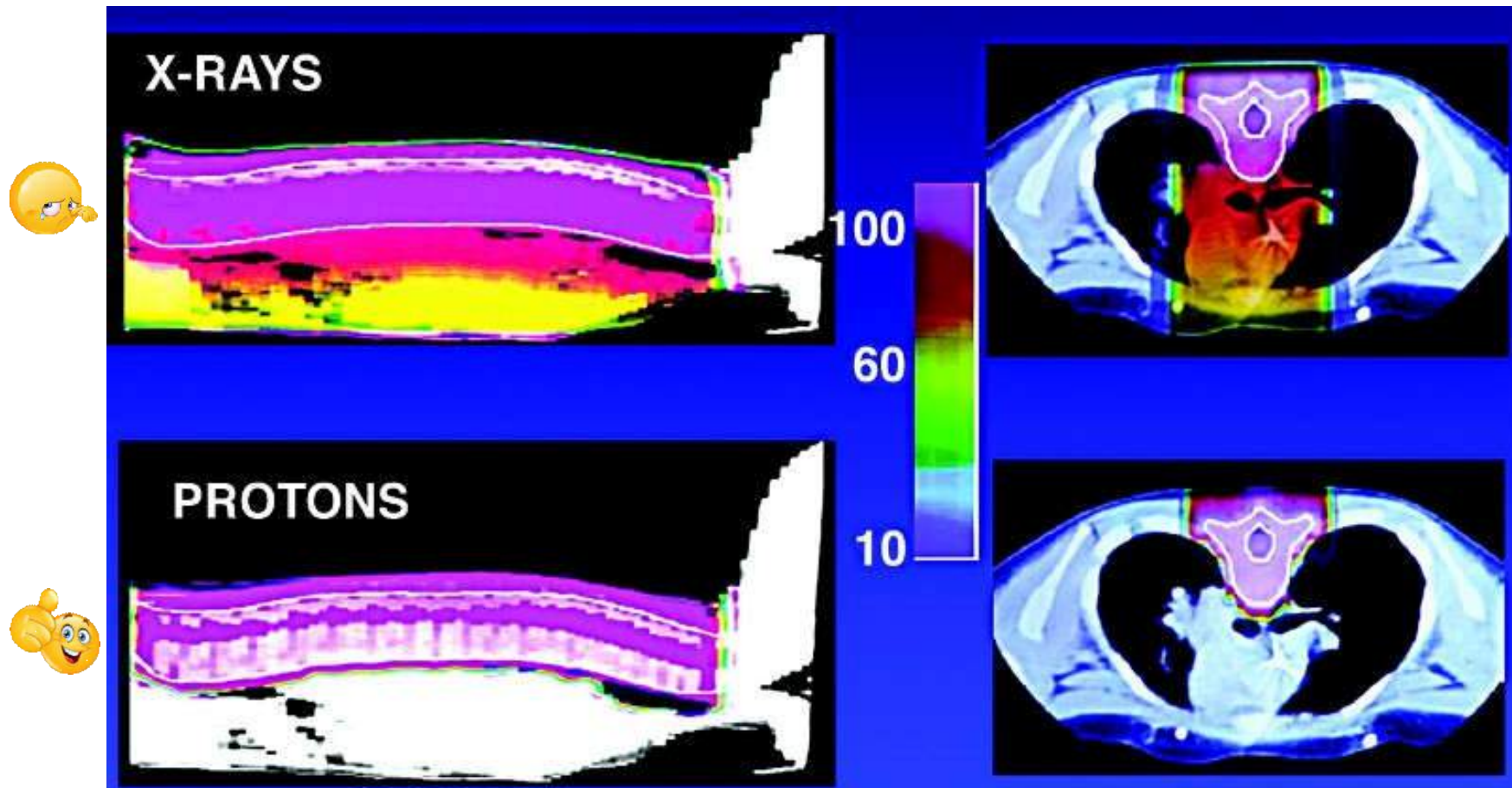
rayos X



protones

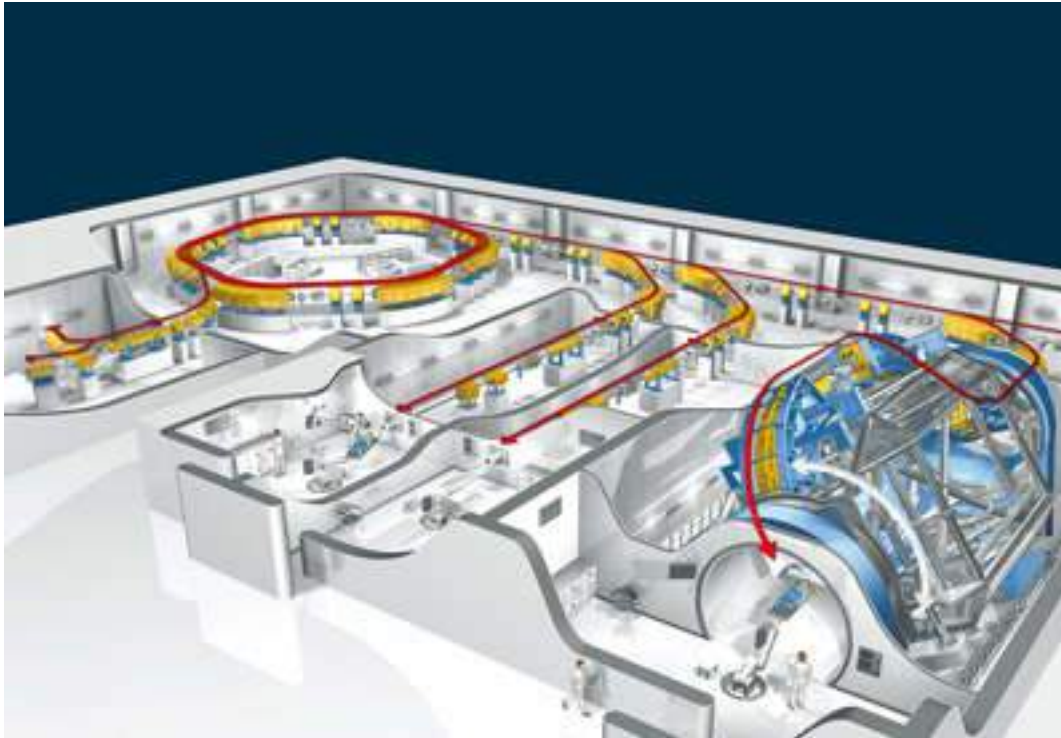


Radioterapia: rayos X o γ vs hadrones (p, ^{12}C)

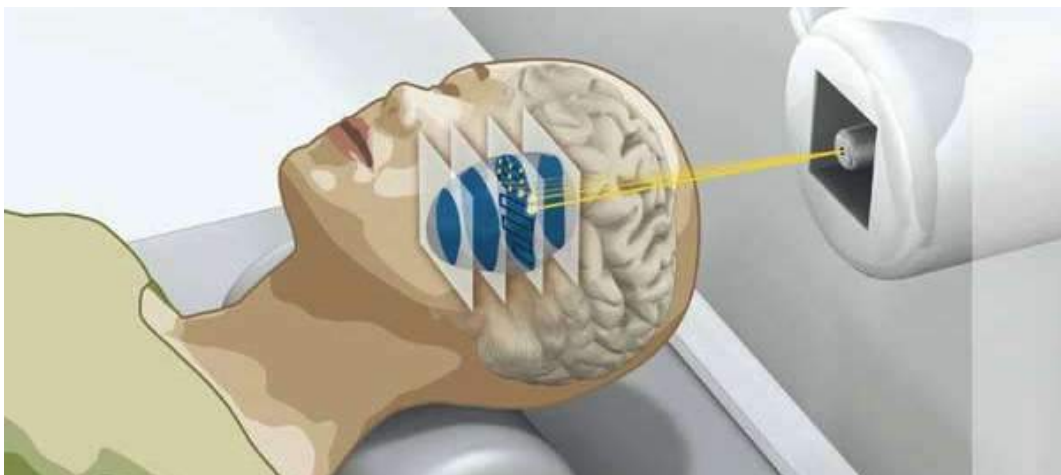


Meduloblastoma pediátrico.

HIT: Centro de terapia con haces de iones en Heidelberg



- Este centro realiza terapia con protones e iones pesados.
- Tiene permiso para tratar pacientes desde 2 Nov 2009
Aprox.: 1300 p/y
- Tratará tumores de difícil acceso hasta 30cm.



1. Fuente de Iones de CO_2 , libera C_2 ionizado.
1. Acelerador lineal $\beta=0.1$
1. Síncrotrón acelera iones de C hasta $\beta=0.73$

Quirónsalud construirá el primer centro de protonterapia de España



23 de febrero de 2017 12:42

→ Projectado para 2019



¡Gracias por
vuestra atención!



http://www.iem.csic.es/departamentos/nuclear/fnexp/index_es.html

