

Astropartículas del microcosmos al macrocosmos

José W. Furtado Valle

Grupo de Astropartículas y Física de Altas Energías

Instituto de Física Corpuscular-CSIC/Univ. de València

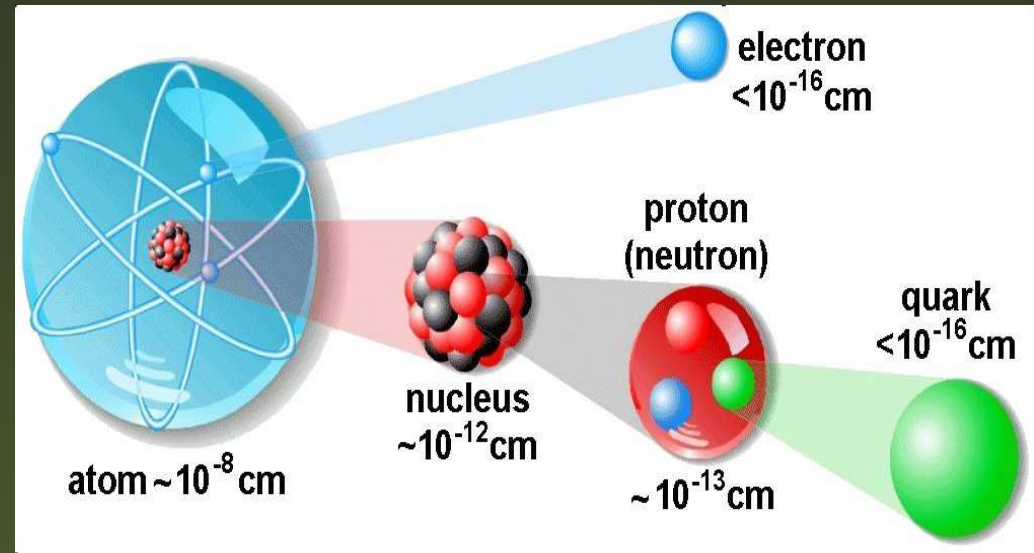
los constituyentes básicos

desde que los antiguos griegos formularon la primera “teoría” del universo la ciencia ha avanzado mucho



siglo IV BC

siglo XX



es precisamente en estos términos que la ciencia explica hoy el origen y evolución del universo

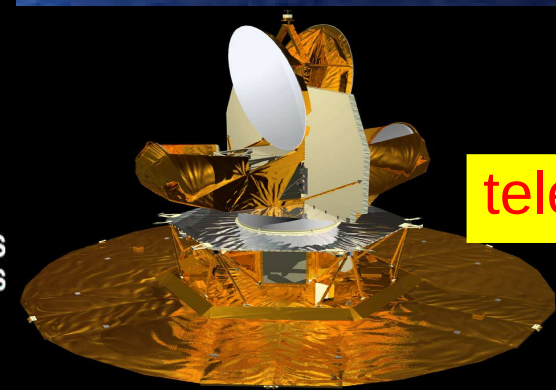
el big bang

todo comienza con una gran explosión que genera espacio-tiempo, materia-energía

en sus primeros momentos el universo es una sopa de partículas elementales como los **neutrinos**, que se ha ido enfriando poco a poco



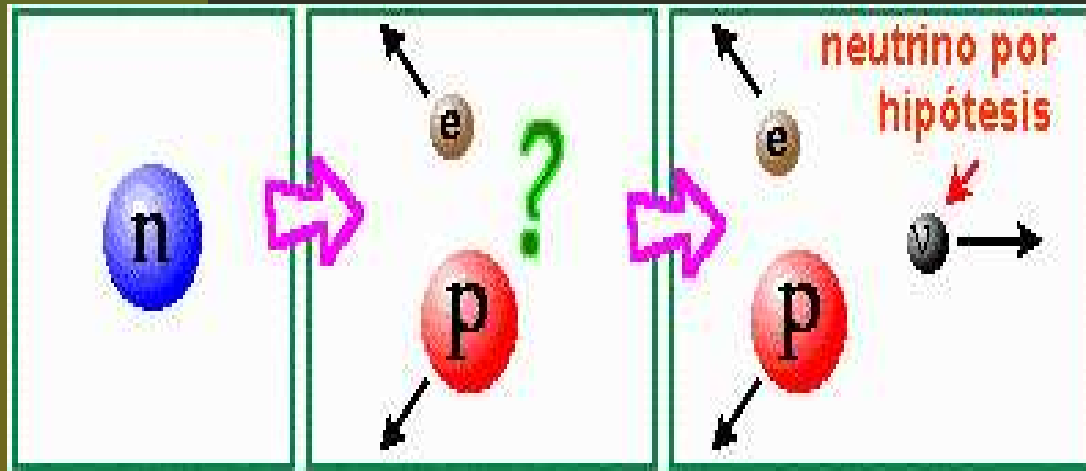
aceleradores



telescopios



el neutrino

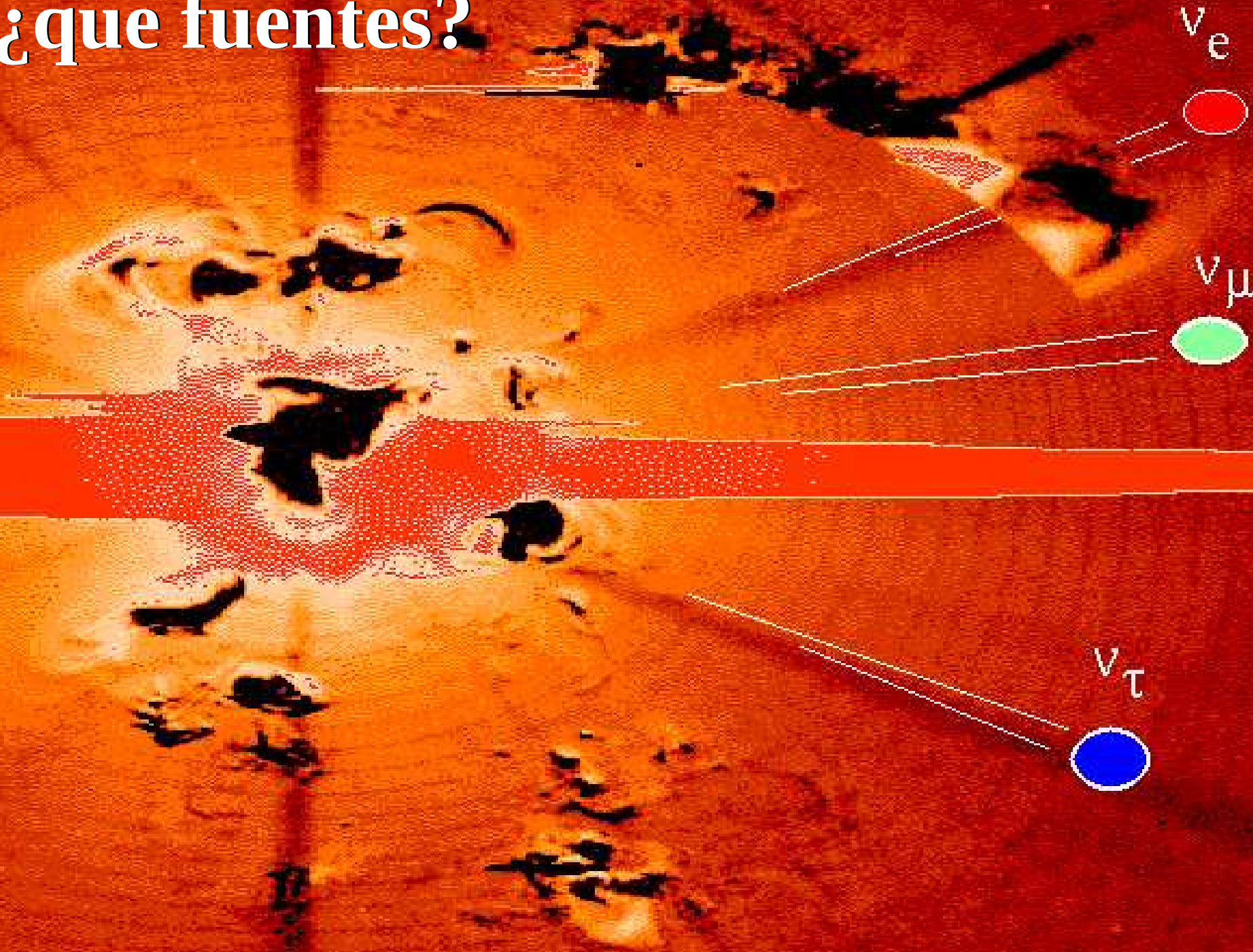


partícula subatómica elemental neutra
postulada por Wolfgang Pauli en 1930
para explicar el espectro continuo obser-
vado en la desintegración beta (PN-1945)



el inicio de una revolución en la física

¿que fuentes?



el big-bang

produce más neutrinos que fotones, unos $336/\text{cm}^3$:
cada segundo miles de millones de neutrinos pasan
en cada segundo a través de cada uno de nosotros!



Penzias & Wilson (PN-78) Fowler (PN-83)

son fundamentales para entender la evolución del
Universo

- la síntesis de elementos ligeros D, ^3He , ^4He
- y su estructura a grandes escalas

la fusión nuclear en el sol

produce neutrinos además de energía solar



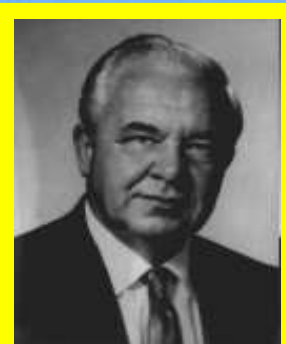
un gran dilema:

se detectan menos neutrinos que los esperados

el déficit de neutrinos solares

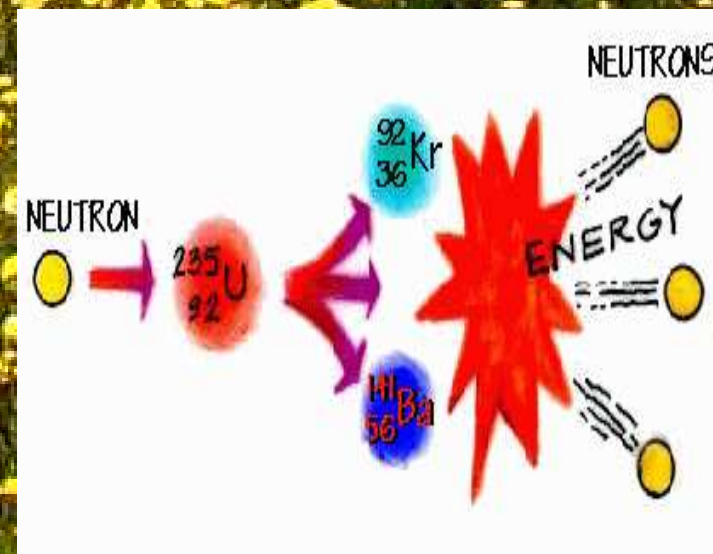
la fisión del nucleo

descubrimiento del neutrino $\bar{\nu}_e$



Reines & Cowan (1953, PN-1995)

una red de centrales nucleares en Japón
confirma la oscilación de neutrinos solares



colisiones de rayos cósmicos en la atmósfera

producen neutrinos

a partir de desintegraciones de piones y muones

otro dilema

“faltan” neutrinos atmosféricos

los aceleradores de partículas

el descubrimiento de los otros neutrinos ν_μ & ν_τ



Lederman, Schwartz & Steinberger (1962-PN 1988)

grandes aceleradores en Japón, Europa y EEUU

expt japonés confirma oscilación de neutrinos atmosféricos



todo un desafio

la detección de neutrinos requiere aparatos gigantescos, por ejemplo, SuperKamiokande, ubicado en una mina en Japón, contiene 50000 toneladas de agua a más de 1 km de profundidad

las oscilaciones: una nueva era

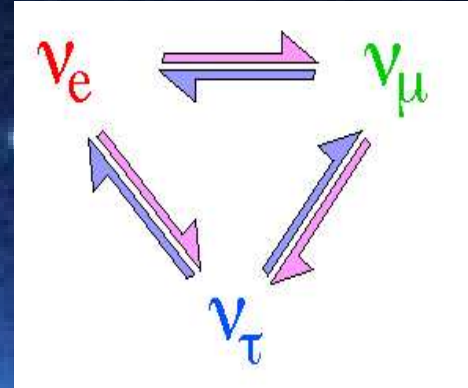
los neutrinos se intercambian al propagarse

oscilación de neutrinos solares

$$\nu_e \rightarrow \nu_\mu \text{ OR } \nu_\tau$$

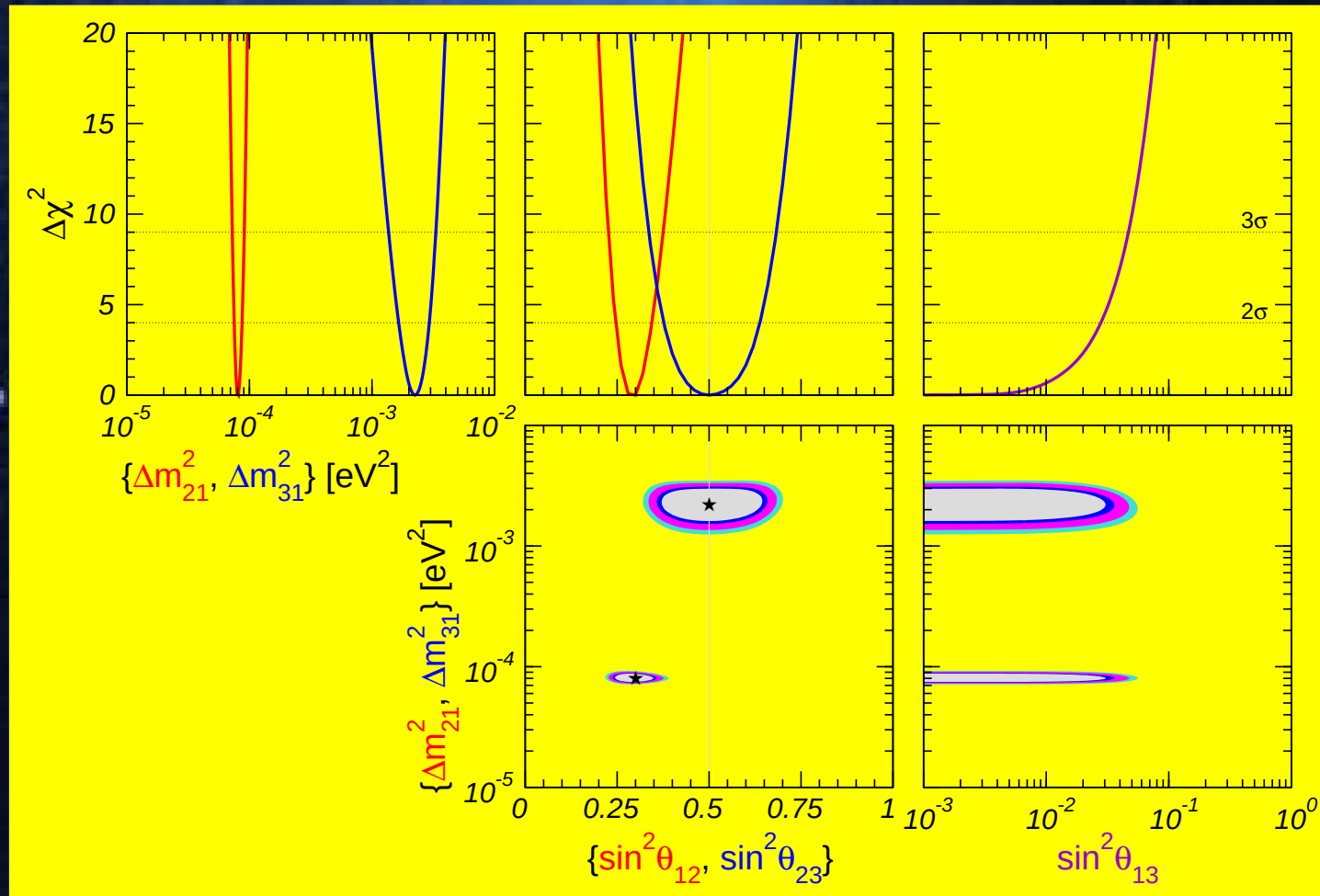
y de neutrinos atmosféricos

$$\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$$



donde estamos con las oscilaciones

M. Maltoni et al, New J. Phys. 6 (2004) 122



toda una revolución

las oscilaciones implican que los neutrinos tienen masa, en contra de la teoría microscópica básica del universo

comprobada en infinidad de circunstancias

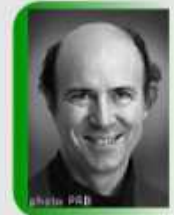
La masa del neutrino

Glashow, Salam, Weinberg, 79

Rubbia y van der Meer, 84

't Hooft y Veltman, 99

Gross, Politzer, Wilczek, 04 



asignatura pendiente de toda una promoción

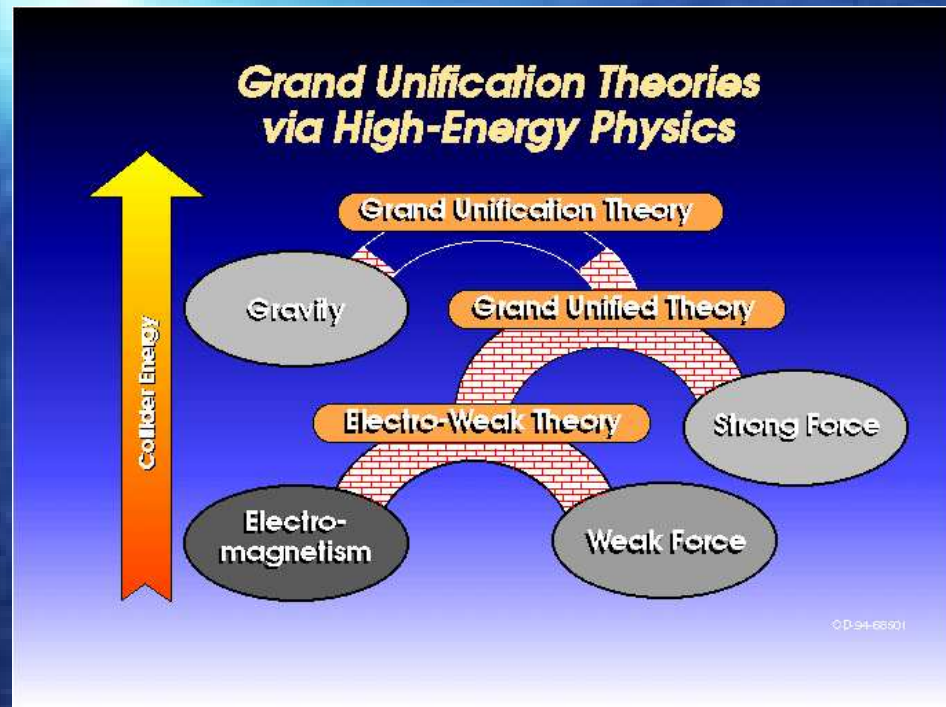
neutrinos y el sueño de Einstein

la masa del neutrino es
el único fallo en nuestra
visión básica del universo

que mecanismo ?
cual es su escala?
cual es su estructura?
como comprobar ?

unificación ?

Babu et al, PLB552 (2003) 207



¿y para que sirven?

Davis & Koshiba sentaron las bases de la astronomía de neutrinos (PN-2002)



complementaria a la de fotones



todo parece indicar que estamos al principio de una nueva era en este campo

¿serán los neutrinos los rayos-X del futuro?

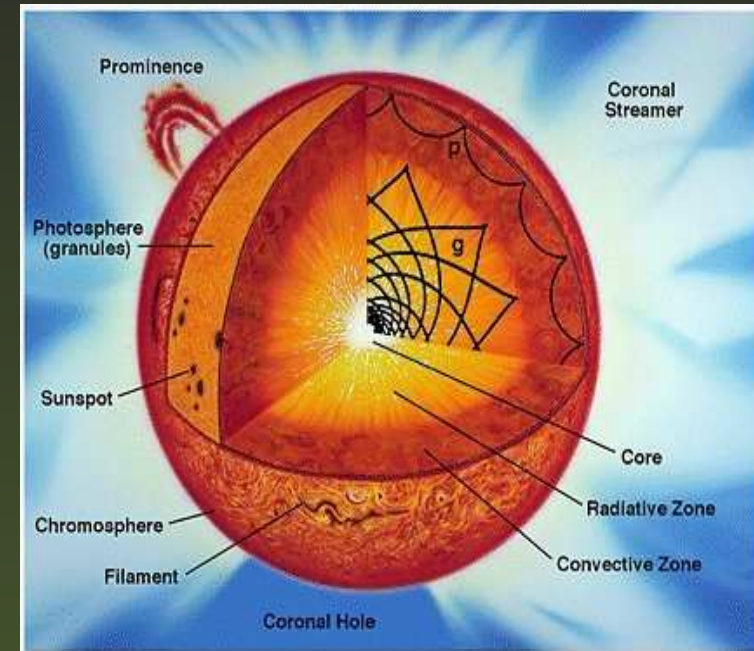


FIN

¿los rayos X del siglo XXI?

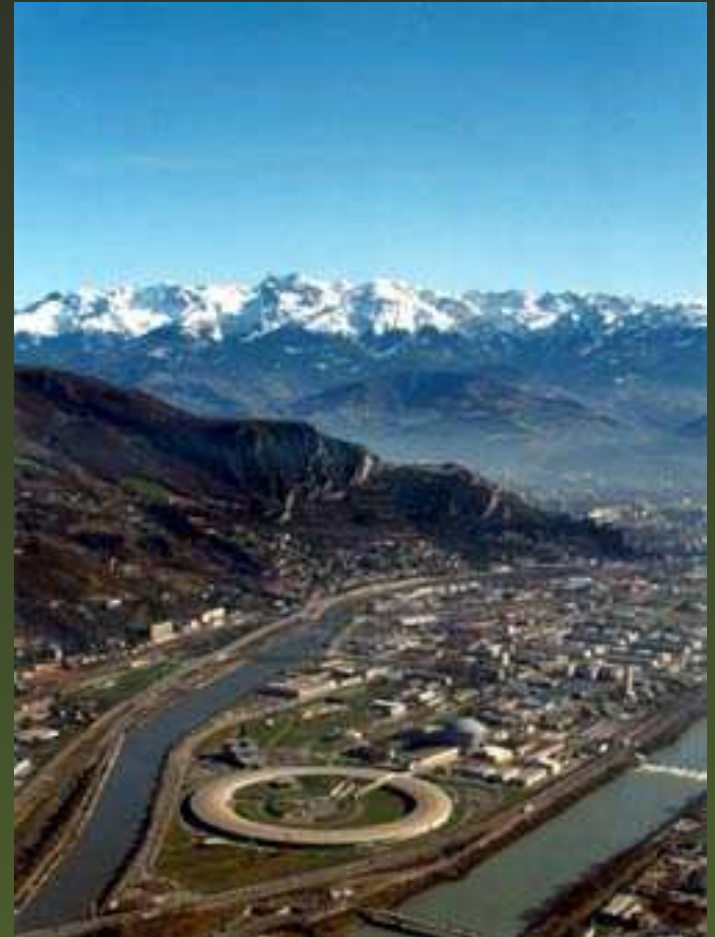
hoy podemos ya usar los neutrinos para
monitorar la “fisiología” del interior del
sol, las estrellas ,
el Universo  ,
o la tierra 

tal como al principio del siglo pasado
(Roentgen-PN1901), los rayos X abrieron
una nueva era en la ciencia 



los rayos X

difícil concebir la ciencia moderna sin los rayos X. P.ej. el ESRF situada en Grenoble - Francia es el gran centro europeo para producción de radiación del sincrotrón, compartida por 18 países. Cada año miles de investigadores viajan a Grenoble en donde realizan experimentos en química, ciencia de materiales, biología molecular y medicina. Crecen también los usos industriales, notablemente en los campos de productos farmacéuticos, cosméticos, petroquímicos y microelectrónicos 



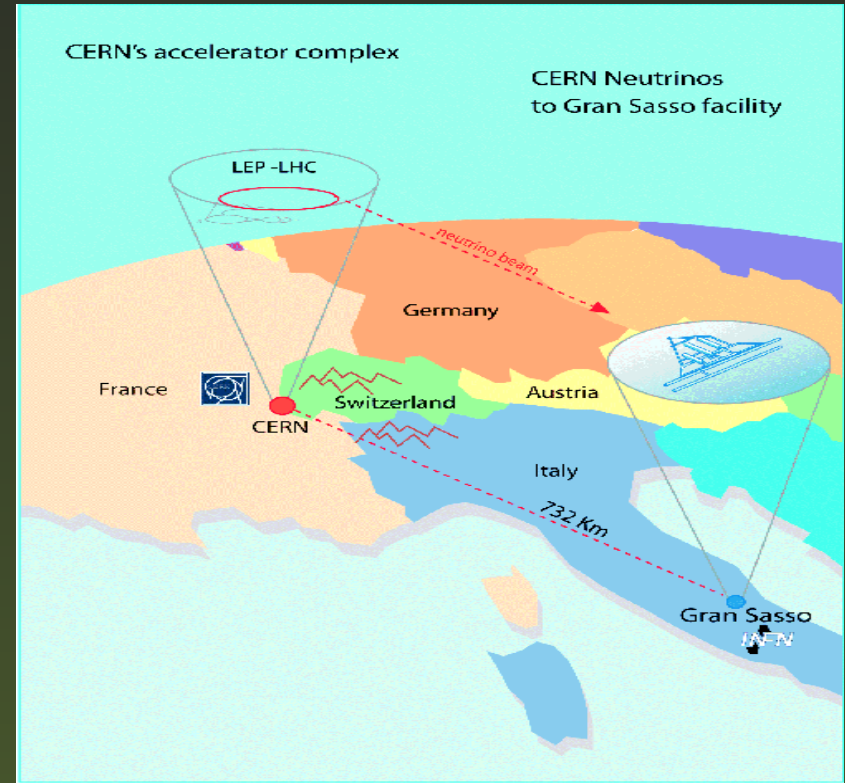
futuras factorías de neutrinos

estudiarán por primera vez si
las oscilaciones respetan CP

elucidar la anti-materia del
Universo? ●



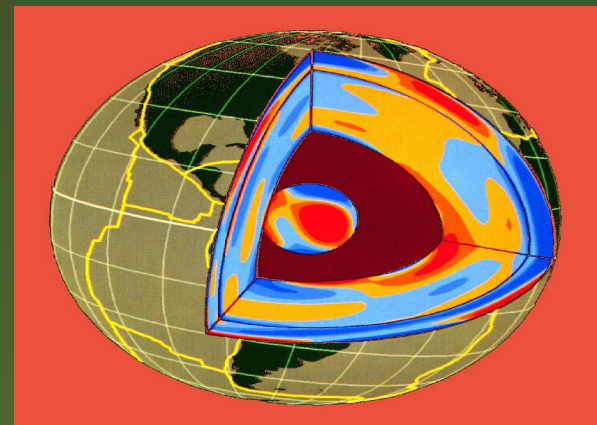
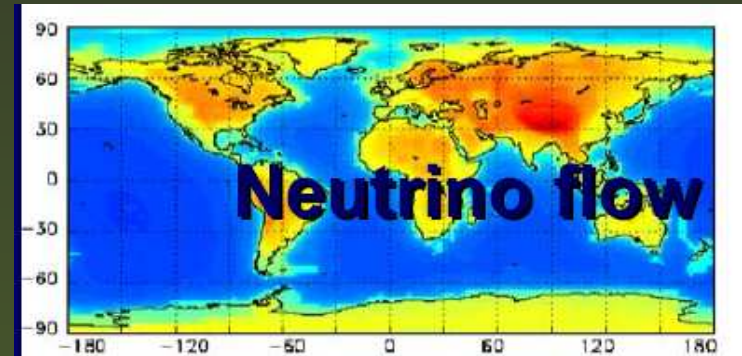
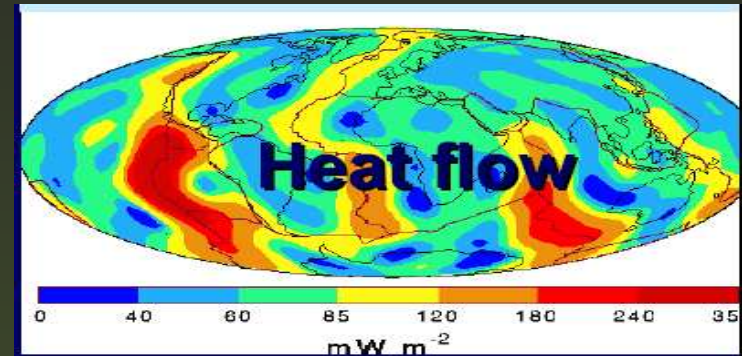
(Dirac, PN-1933)



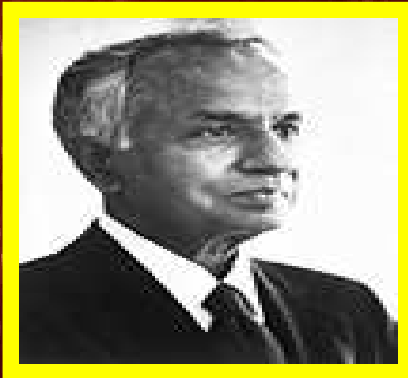
geoneutrinos y geotomografía

La radioactividad natural de la tierra genera calor

el flujo de neutrinos generados en el decaimiento de elementos radiactivos naturales en el interior de la tierra dan un mapa tridimensional de su composición y estructura de capas



neutrinos de supernovas



Bethe (PN-67) & Chandrasekhar (PN-83) 

estrellas masivas que acaban su vida en una tremenda explosión en la que el 99 % de la energía de ligadura gravitacional se emite en neutrinos de todos los sabores.

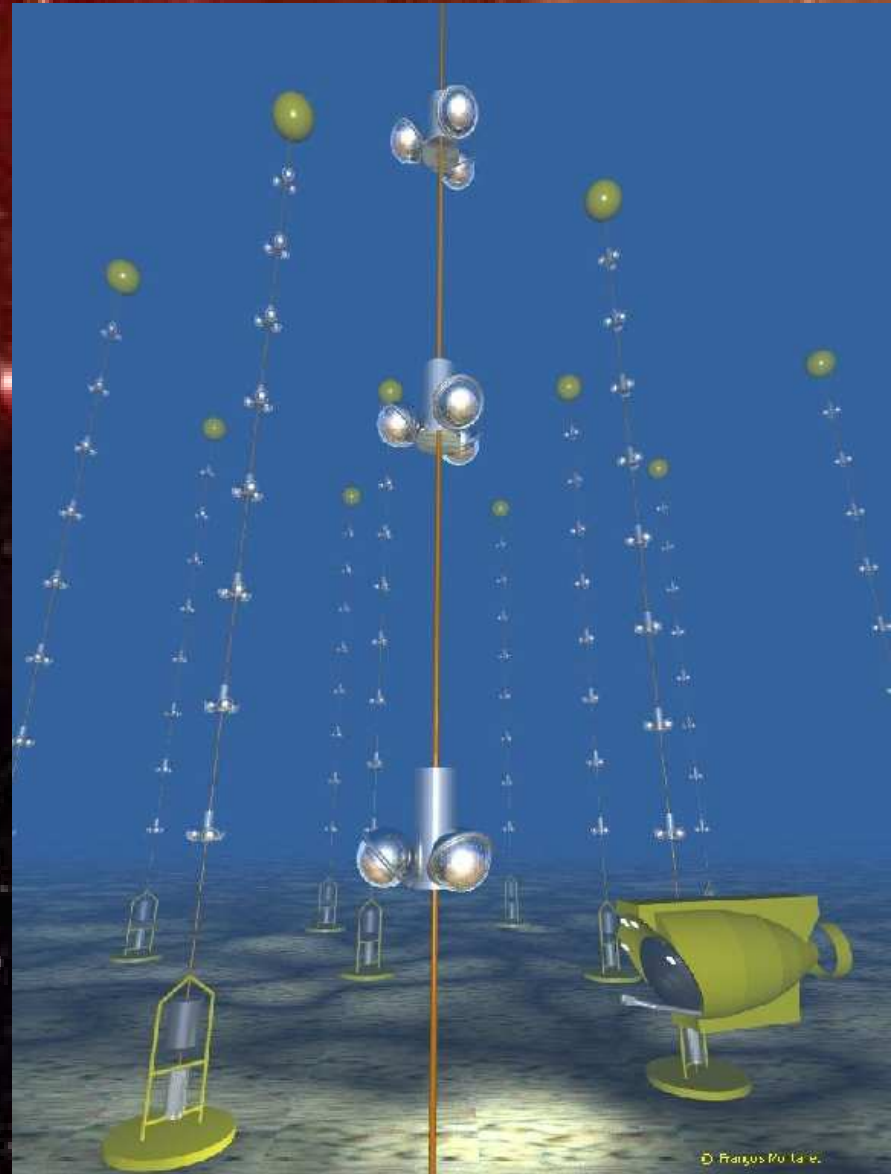
atraviesan enormes distancias y se detectan en experimentos subterráneos, antes que llegue la correspondiente señal óptica, dando un aviso a los astrónomos

telescopios de neutrinos

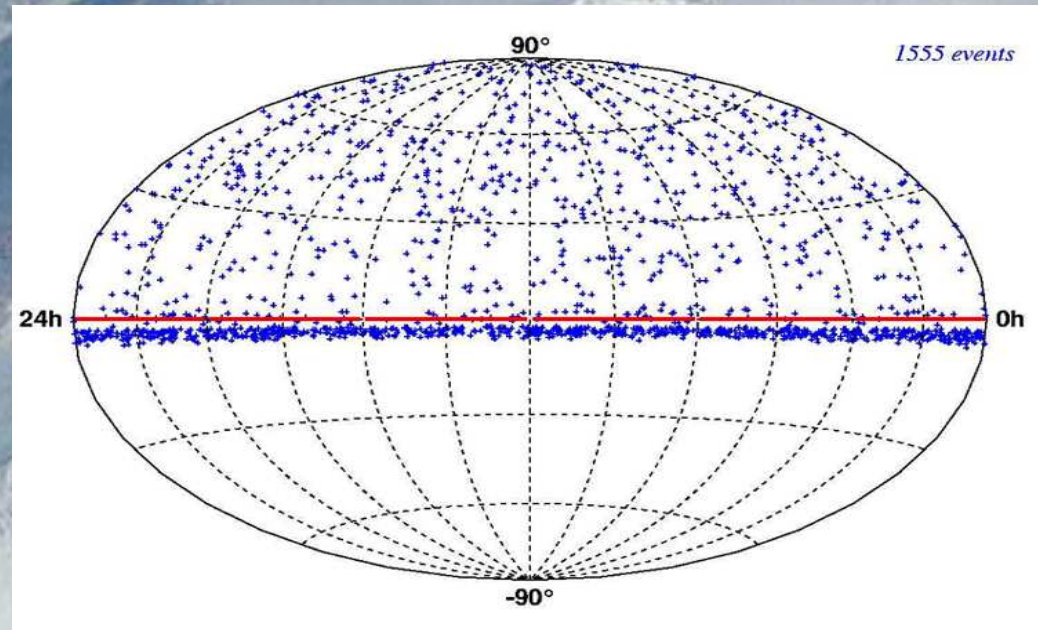
Neutrinos pueden escapar de fuentes astrofísicas muy densas y viajar enormes distancias 

son candidatos idóneos al estudio del Universo a muy altas energías

varios experimentos bajo del agua o del hielo buscan detectar la luz de Cerenkov producida por leptons cargados originados de la interacción de neutrinos de gran energía con la materia circundante

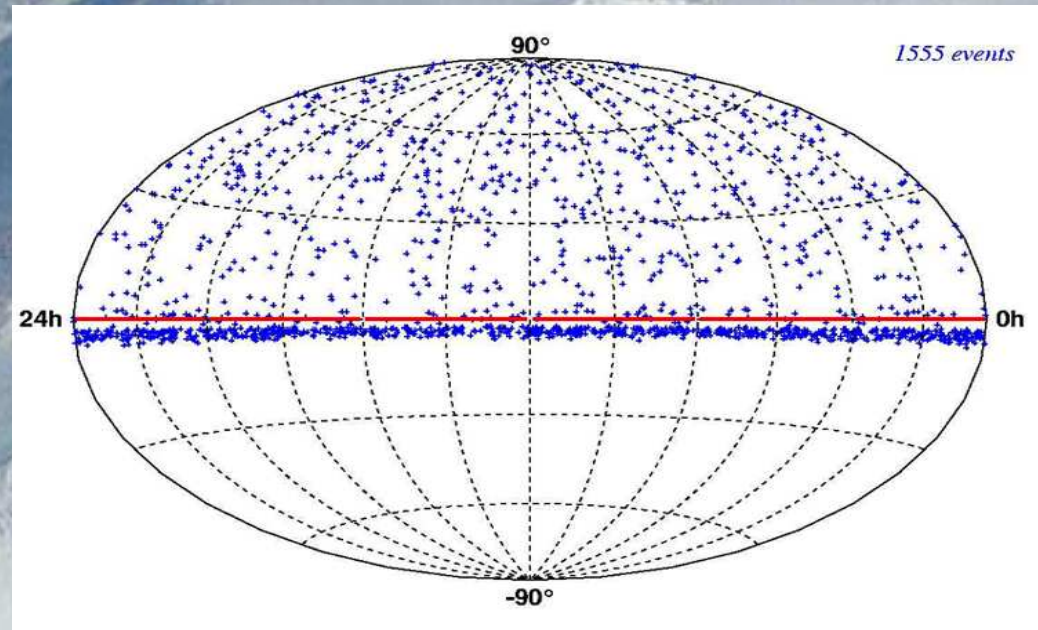


neutrinos en el polo sur



- mapa del cielo por el experimento AMANDA en el 2000, producido por la colisión de rayos cósmicos con los núcleos en la atmósfera de la tierra ●

neutrinos en el polo sur



- mapa del cielo por el experimento **AMANDA** en el 2000, producido por la colisión de rayos cósmicos con los núcleos en la atmósfera de la tierra ●
- datos adicionales permitirían buscar fuentes extragalácticas de neutrinos de alta energía con mucho mayor sensibilidad

Señoras y caballeros radioactivos, 

Como responsable por estas líneas, las cuales ruego que escuchen, les explicaré más detalladamente cómo, debido a la estadística “equivocada” de los núcleos N y Li6 y el espectro beta continuo, he inventado un remedio desesperado para salvar el teorema espín-estadística y la conservación de la energía. Se trata de la posibilidad que podría existir una partícula electricamente neutra, que deseo llamar “neutron”, de espín 1/2, obedeciendo al principio de exclusión y distinta del fotón

...

Admito que mi remedio podría parecer absurdo puesto que uno debería haber visto ya dichos neutrones si es que realmente existen. Pero solamente gana el que arriesga,...

Desafortunadamente, no puedo aparecer en Tubingen personalmente puesto que soy imprescindible aquí en Zurich debido a una fi esta en la noche del 6/7 de Diciembre. Con mis recuerdos, Su humilde criado, W. Pauli

la teoría básica del universo

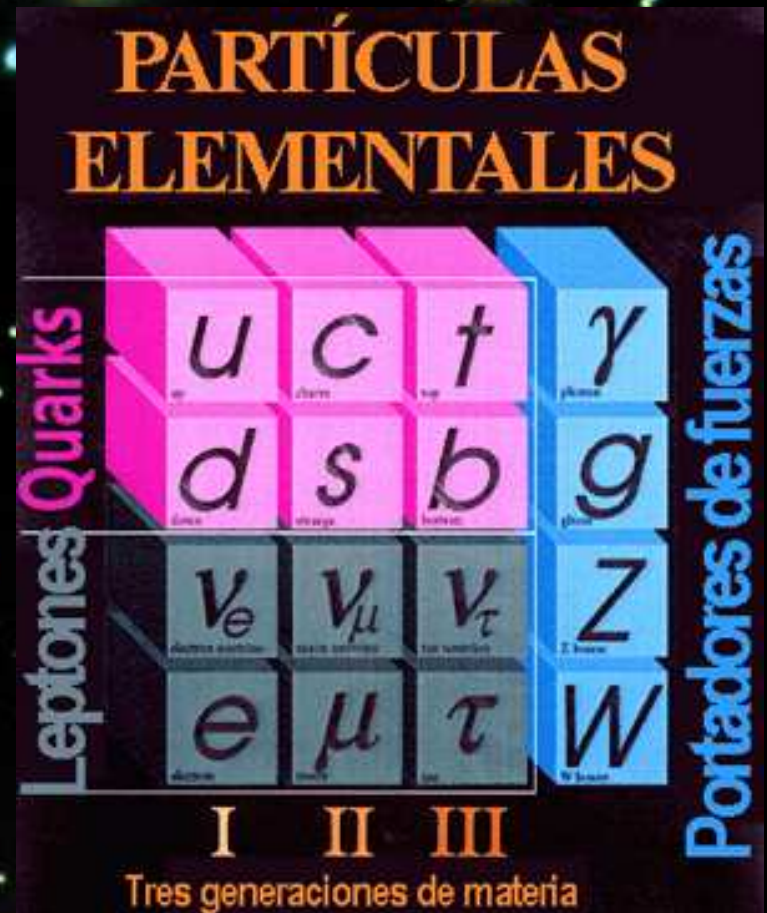
agrupa los componentes básicos de la materia en familias y describe sus interacciones

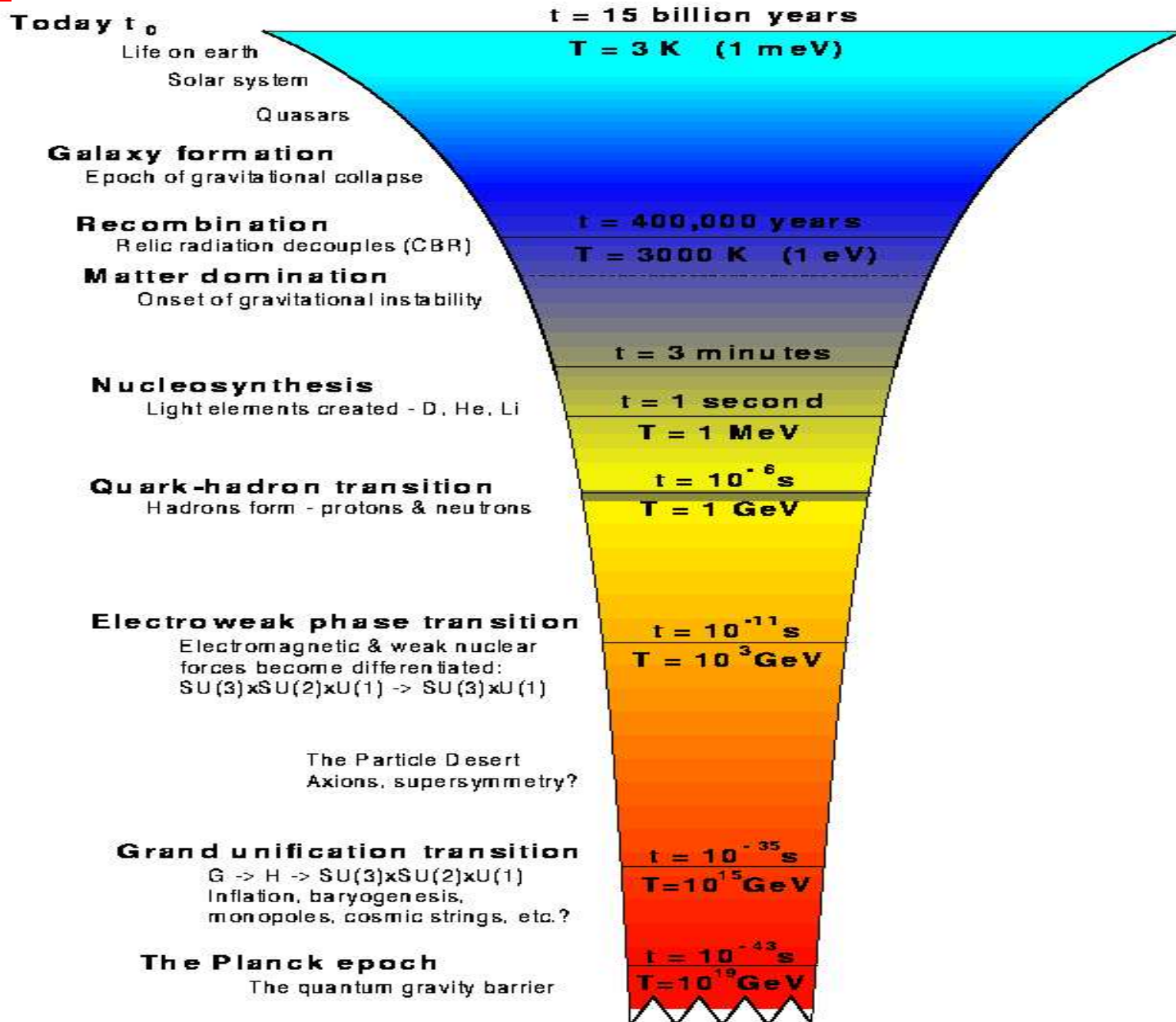
familia I forma la materia diaria

familias II y III

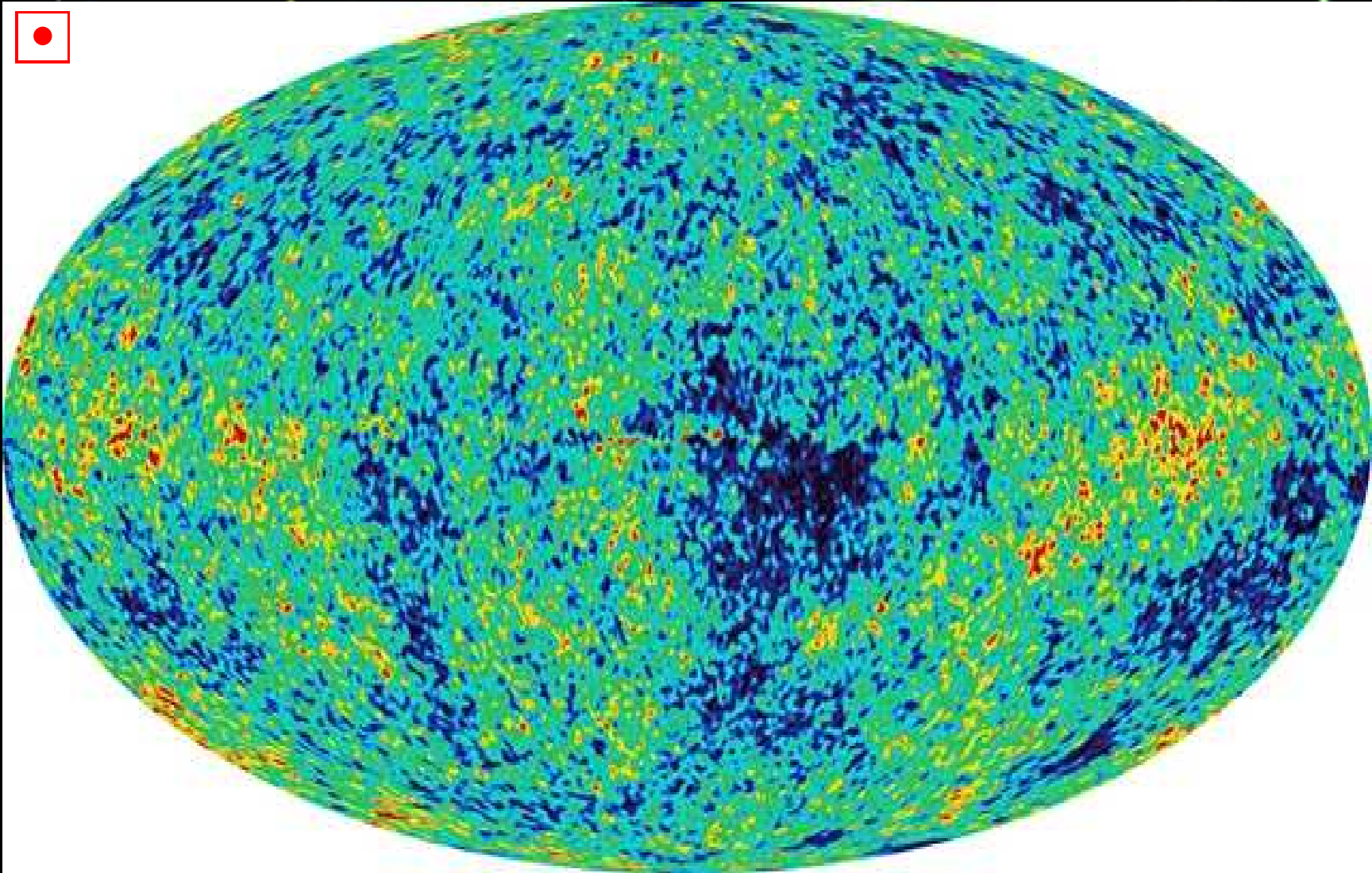
se producen a altas energías

Cada familia tiene su neutrino
(sin masa)





el mapa del universo



micro versus macroestructura

