

Horitzons científics

Esteve Terradas



Número 1

Maig 2023

- Radiació neutrònica i els seus efectes** _____ p. 1
per Maria Karpenko i Ainhoa Moreno
- La seqüència principal de les estrelles** _____ p. 4
per Maria Minuesa
- Els detectors de partícules de l'LHC** _____ p. 8
per Miguel Moreno i Daniel Rubio
- El gravitó: un paracetamol pel mal de cap de la quàntica** _____ p. 12
per Juan David Pulido
- Es pot considerar la natura quàntica?** _____ p. 16
per Fauzi Smaili

Radiació neutrònica i els seus efectes

Karpenko, Maria i Moreno Cabeza, Ainhoa

Abstract.

Neutron radiation consists of using free neutrons (non-radioactive) to unstable atoms creating radioactive isotopes, which can expel radiation. In the field of radio biology, it is the fourth danger of radiation. The activation by neutrons is the most dangerous form.

Keywords: Ionizing Radiation, Neutron activation, Health

Introducció

Aquest document és un treball d'investigació el qual analitza la radiació neutrònica i els seus efectes sobre la salut, aprofundint dins del tema explicant detalladament. L'objectiu del qual és conèixer els efectes de la radiació neutrònica sobre la salut i les mesures possibles de protecció.

Context

Chadwick va descobrir el neutró en 1932. En poc temps va poder disposar de fonts neutròniques bastant acceptables, però la detecció i mesures d'aquestes partícules plantejava dificultats molt més greus que en el cas de les altres radiacions. Les primeres investigacions es van centrar exclusivament en els detectors de ionització secundària, en què els productes carregats resultants de les reaccions induïdes pels neutrons, o bé els productes de retrocés carregats, es detectaven mitjançant comptadors adequats de ionització o del tipus proporcional (Flakus, s.f).

Radiació per neutrons

Els neutrons són necessaris dins de l'àtom, ja que estableixen el nucli atòmic (l'hidrogen és l'única excepció) amb la seva càrrega neutra, pel fet que interacciona fortament atraient-se amb els protons, però sense repulsió electrostàtica, que són les càrregues del mateix signe que es repelen entre si, mentre que les càrregues de signe oposat s'atrauen entre si (Pérez, s.f).

La conseqüència de la suma de les càrregues dels quarks dins del neutró són els que fan que la seva càrrega sigui zero. Sense ells els protons es repel·lirien els uns als altres. Com a partícules totalment estables els neutrons en si sols no poden ser radioactius i no poden ionitzar directament la matèria perquè només ho poden fer indirectament (Connor, 2020).

La radiació per neutrons és una classe de radiació ionitzant que es basa en l'absorció neutrònica que consisteix a utilitzar els neutrons lliures que surten dels àtoms estables a l'hora de fissió (és quan un àtom es trenca, i consisteix aquest procés en bombardeig del nucli de l'àtom amb neutrons ràpids que crea energia i neutrons lliures) o fusió nuclear (és quan dos àtoms s'ajunten per formar-ne un i en el procés alliberen partícules com neutrons lliures), aquests després reaccionen amb altres àtoms i creen isòtops, aquests són àtoms inestables els quals sí que poden expulsar radiació, això es diu també activació neutrònica (Figura 1). A canvi, aquests isòtops poden expulsar el neutró que li sobra i de tal manera establir-se, això es diu transmutació neutrònica (Cruz, 2021).

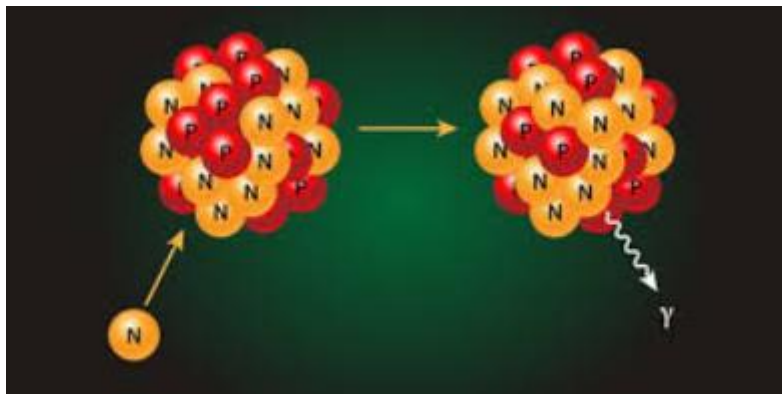


Figura 1. Activació neutrònica (Cruz.M, 2021)

Efectes sobre la salut i protecció.

En el camp de radiobiologia (que estudia els efectes de la radiació ionitzant en els teixits vius) la radiació per neutrons es considera el quart perill per radiació (Pérez, 2020).

L'activació per neutrons algunes vegades és la forma més perillosa de radiació per neutrons, és l'activació per neutrons per neutrons per incloure radioactivitat en la major part de les substàncies que es troben.

Això passa a través de la captura de neutrons per nuclis atòmics, que són transformats en un altre nucli, sovint un radioisòtop, que és un isòtop radioactiu que té un nucli atòmic inestable (Foro nuclear, s.f).

En comparació amb la radiació ionitzant convencional basada en fotons o partícules carregades, els neutrons reboten repetidament i són desaccelerats pels nuclis lleugers, de manera que és necessària una gran massa de material ric en nitrogen. Els neutrons passen fàcilment a través de la major part dels materials, però interactuen prou per causar dany biològic. Els àtoms lleugers serveixen per desaccelerar els neutrons per mitjà de la dispersió elàstica, que és quan un neutró xoca amb un nucli sense perdre energia, mentre que el nucli experimenta un retrocés de tots els neutrons com a conjunt, de manera que puguin ser

absorbits per les reaccions nuclears. Tanmateix, sovint es produeix radiació gamma en aquestes reaccions, de manera que es necessita protecció addicional que l'absorbeixi (Scholberg, 2018).

Per causa que els neutrons que xoquen amb el nucli de l'hidrogen imparteixen energia a aquest nucli, aquests nuclis trencaran els seus enllaços químics i viatjaran una curta distància, abans d'aturar-se.

Conclusions

Aquesta Investigació ens explica que la radiació per neutrons està dins de la radiació ionitzant amb la qual és comparable amb l'activació per neutrons, ja que els neutrons són desacelerats per mitjà de la dispersió elàstica. També ens diu que s'ha de protegir d'una forma addicional perquè s'absorbeixi la radiació gamma que es produeix en les reaccions nuclears.

Referències

F.N, Flakus (s.f). *Detección y medición de las radiaciones ionizantes: historia sucinta.*

https://www.iaea.org/sites/default/files/23405043136_es.pdf

Perez.V, (s.f). *Física Química -3.Model actual de l'àtom -Google Sites.*

<https://sites.google.com/site/alsiusfq/home/4t-eso/6-estructura-de-la-materia/3-particulas-de-l-atom>

Connor.N (2020). *¿Cuáles son las características de la radiación de neutrones ? Definición.*

https://www.radiation-dosimetry.org/es/cuales-son-las-caracteristicas-de-la-radiacion-de-neutrones-definicion/#google_vignette

Cruz.M, (2021). *Caracterización y simulación de activación neutrónica de microesferas vítreas con Y90.* <https://ricabib.cab.cnea.gov.ar/959/1/1Cruz.pdf>

Perez.P, (2020). *Fundamentos Físicos de la Medicina Nuclear.*

<https://www.famaf.unc.edu.ar/~pperez1/manuales/cmn/capitulo3.html>

Foro Nuclear, (s.f). *¿Que son los radioisótopos?* <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-fisica-nuclear/que-son-los-radioisotopos/>

Scholberg.K, (2018). *Las claves que encierra la dispersión elástica coherente neutrino-núcleo.* <https://webific.ific.uv.es/web/ca/content/las-claves-que-encierra-la-dispersi%C3%B3n-el%C3%A1stica-coherente-neutrino-n%C3%BAcleo#:~:text=As%C3%AD%20se%20podr%C3%ADa%20definir%20la,sus%20nuclones%20como%20un%20conjunto.>

La seqüència principal de les estrelles

Minuesa Gallardo, Maria

Abstract

Stars are spheres of dust and gas that shine with their own light and their own light observes them in the sky as points of light. These stars go through a stellar evolution, different stages they go through during their life, the most important being the main sequence. In this stage they spend most of their existence active until they die.

Keywords: Estels, Seqüència principal, diagrama HR, Evolució estel·lar.

Introducció

Aquest treball està enfocat en els estels, especialment en la seva seqüència principal. L'objectiu d'aquest article és explicar el funcionament d'un estel, en especial la seva seqüència principal, les seves característiques i que passa una vegada s'acaba.

Context

Els estels són cossos celestes que observem al cel en forma de punts de llum. Semblen diminuts, però ocupen grans dimensions i a la vegada poden arribar a tenir milions d'anys d'existència. Són esferes de pols i gas que brillen amb llum pròpia.

Aquests estels es troben a distàncies any llum de la Terra, i fins ara s'han pogut veure uns 3.000 milions d'estels a l'univers explorat.

L'estel més proper al nostre planeta és el Sol, la única estrella del sistema solar. Format fa 4,5 bilions d'anys i amb radi aproximat a 695.500 quilòmetres.

És un estel de la seqüència principal, porta 4500 milions d'anys en estat de seqüència principal. Es mantindrà uns 4500 milions d'anys més, però tot mentre l'Hidrogen del seu nucli no s'esgoti, una vegada s'acabi i arribi al seu final, el Sol es refredarà i s'expandirà, podríem dir que morirà.

Perquè totes les estrelles moren i gran part del seu cos s'expandeix per l'espai i forma una nebulosa planetària al voltant del nucli inactiu de l'estrella.

Tenen edats entre 1 i 10 mil milions d'anys, però dins d'aquest temps l'estrella evoluciona, i va passant per varies etapes, una d'elles, la seqüència principal.

Etales de la vida d'una estrella

Les etapes de la vida d'una estrella les trobem a la seva evolució estel·lar.

Aquesta evolució estel·lar comença amb la fase protoestrella, la del naixement, i ja la següent és la seqüència principal. L'etapa en la qual les estrelles passen la major part de la seva existència. I per últim, la última etapa per la qual passa una estrella és l'explosió o supernova (Figura 1). Trobem diferents tipus d'estrelles en aquest diagrama, de la mateixa mida que el Sol i d'altres que són més grans, totes en la seva evolució estel·lar.

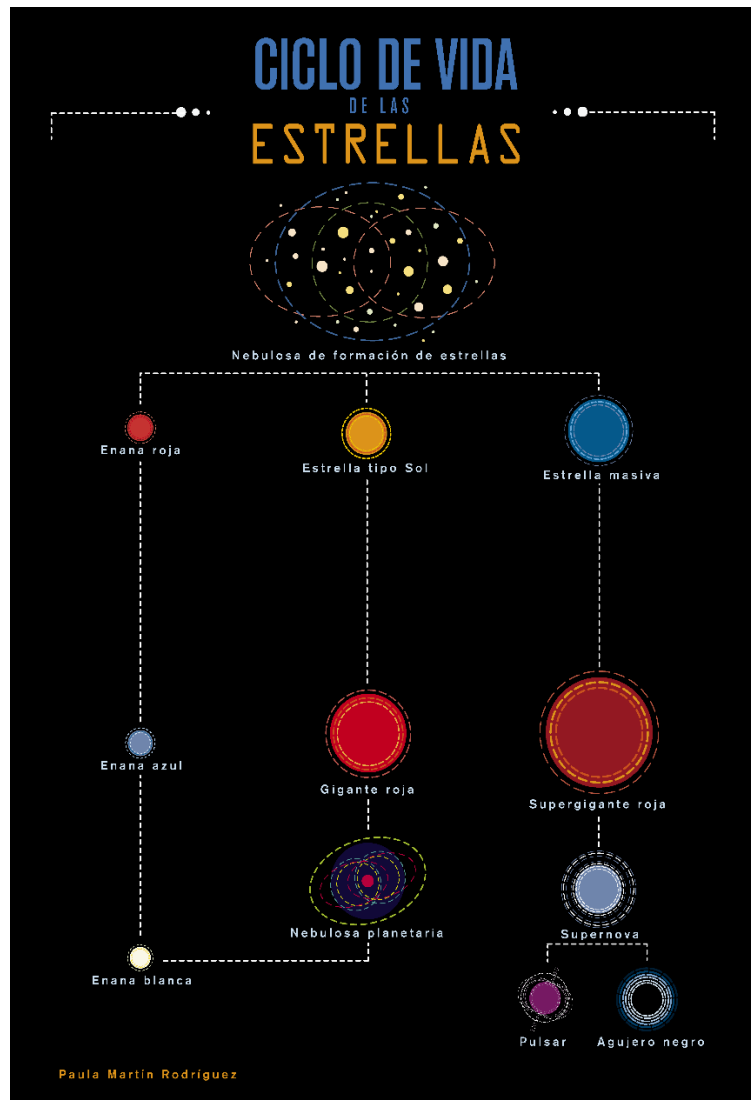


Figura 1. Evolució estel·lar (Paulailustra, 2019)

En el moment en el que una estrella comença a fusionar Hidrogen al seu nucli i produir Heli d'una manera estable, aquí és quan entra en la seva seqüència principal. S'anomena seqüència principal a la regió del diagrama de Hertzsprung-Russell (Figura 2), on es troben la quantitat més gran d'estels. Aquest diagrama és estadístic ja que es representa la

temperatura o tipus espectral d'una estrella a l'eix horitzontal i la lluminositat o magnitud absoluta a l'eix vertical, d'aquestes estrelles.

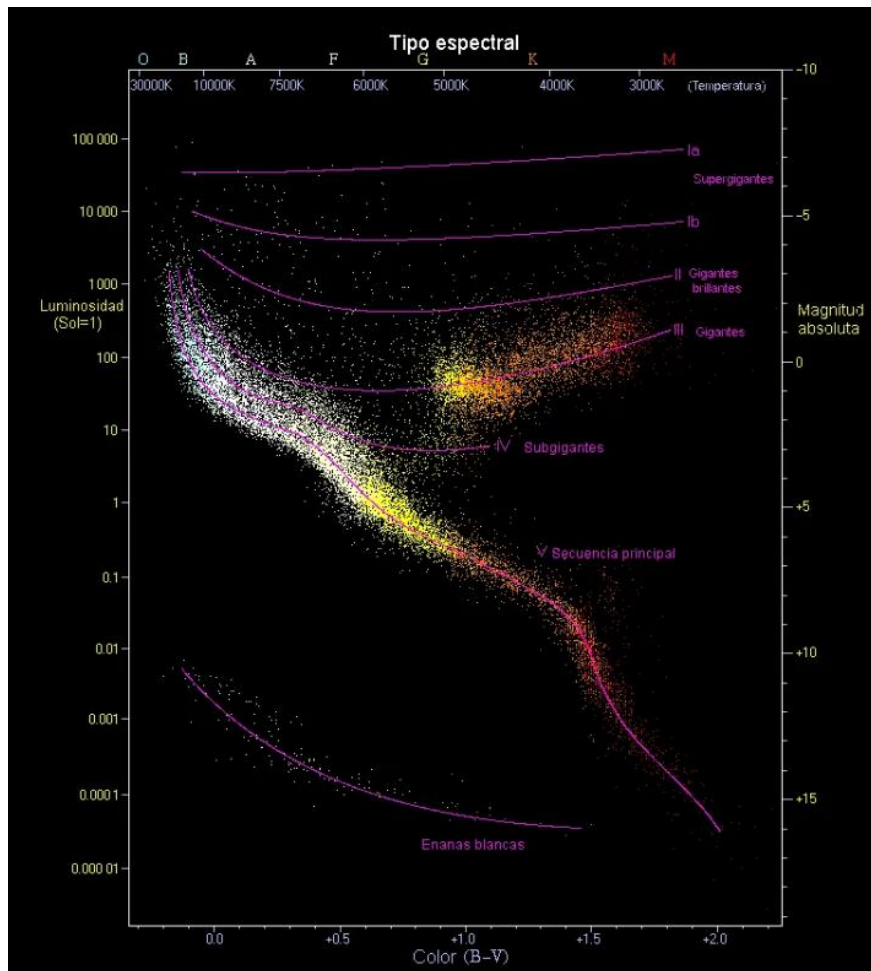


Figura 2. Diagrama d'Hertzsprung-Russell (Gómez, P., 2009)

Les estrelles més fredes són les nanes blaves o vermelles, situades a l'extrem dret, el de baixes temperatures. I a l'altre extrem, el d'altres temperatures, les gegants vermelles.

Però a part d'aquestes, veiem més estrelles a altres parts del diagrama, d'una banda, la franja que es dirigeix cap a la dreta des de la seqüència principal i, de l'altra, una banda horitzontal d'estrelles blanques a la part inferior esquerra.

El primer grup són estrelles que han abandonat la seqüència principal i han consumit elements diversos en la seva precipitada caiguda des de la seqüència (Gómez, 2009), aquí trobem una gran part d'estrelles gegants.

I després el segon grup, les nanes blanques, són cadàvers d'estrelles que van recórrer aquest camí (Gómez, 2009), és a dir, que han viscut la seva gran part de vida i ja han passat per les dues etapes anteriors representades a l'esquema.

La majoria dels estels passen la major part de la seva vida activa, quan una estrella genera energia per fusió nuclear, sobre la seqüència principal evolucionant d'una manera molt lenta en un procés de contracció gravitatòria quasiestatica, on la massa de matèria estel·lar exerceix una força de gravetat. La gravetat atrau més material a aquesta massa, que exerceix una força gravitatòria molt gran i això acaba fent que la massa a causa de la gravetat es contregui sobre ella mateixa.

Aquesta seqüència és una regió difusa a causa de la varietat de masses, a la presència de diferents estrelles, als camps magnètics, podríem dir que també a la rotació i per última imprecisió, com la distància i l'avaluació més concreta de lluminositat estel·lar.

Conclusió

Aquesta investigació ajuda a conèixer la vida de les estrelles i aprendre molts nous conceptes d'aquestes.

Les estrelles passen per una evolució estel·lar, que són diferents etapes per les quals passen al llarg de la seva vida, la més important és la seqüència principal. En aquesta etapa representada al diagrama de Hertzsprung-Russell passen la major part de la seva existència activa fins que moren.

Les estrelles representades al diagrama no són totes iguals, cadascuna té les seves característiques.

Referències

Estrellas. (2022). Estrellas. <https://www.geoenciclopedia.com/estrellas-63.html>

Gómez, P. (2009). La secuencia principal. La vida privada de las estrellas. <https://www.cienciasplanetarias.com/la-vida-privada-de-las-estrellas-4-10-la-secuencia-principal/>

López, M. (2019). Secuencia principal. Evolución estelar. <https://astroaficion.com/2019/08/26/evolucion-estelar-secuencia-principal/>

Paulailustra. (2019). Esquema de la evolución estelar. https://es.wikipedia.org/wiki/Evoluci%C3%B3n_estelar

Els detectors de partícules de l'LHC

Moreno Calvo, Miguel i Rubio Alvarez, Daniel

Abstract

This article has the general objective of collecting information about the LHC particle detectors, in this compilation it is explained what they are, how many there are and where they are. Subsequently, it ends up focusing on two detectors in particular, of which its function and operation are explained more specifically. Finally, we reflect on the importance of this technology in the field of physics.

Keywords: física de partícules, detectors, accelerador

Introducció

Els detectors de partícules s'usen per a detectar partícules, ja que són capaços de reconstruir els fets durant les col·lisions i mantenir el ritme amb les enormes taxes de col·lisió, d'aquesta manera podem saber què està passant. Els detectors tenen un cost econòmic molt elevat i es triga molt en el seu disseny i construcció (Cid, X. i Cid, R., 2022a). El CERN en total compta amb 9 detectors diferents, els quals podem separar en dos grups, el grup dels detectors grans i el grup dels detectors més petits. Els noms d'aquests detectors són ALICE, ATLAS, LHCb, CMS, el grup dels grans detectors, i TOTEM, LHCf, MoEDAL, FASER i SND@LHC formen el grup dels detectors petits (CERN, 2023a).

Al CERN hi ha molts projectes diferents funcionant en paral·lel, i cada detector el gestiona un grup de recerca diferent.

Context

El CERN, Organització Europea per a la Recerca Nuclear, aquí és on està situat el LHC, el Gran Col·lisionador d'Hadrons, l'accelerador de partícules més gran i potent del món, un anell de 27 km d'imants superconductors amb una sèrie d'estructures acceleradores que impulsen l'energia de les partícules al llarg del camí.

Dins l'accelerador, dos feixos de partícules viatgen a gairebé la velocitat de la llum fins a col·lidir (CERN, 2023b). Aquí també se situen 9 detectors de partícules connectats al LHC i dels que a continuació s'aprofundirà més (Figura 1).

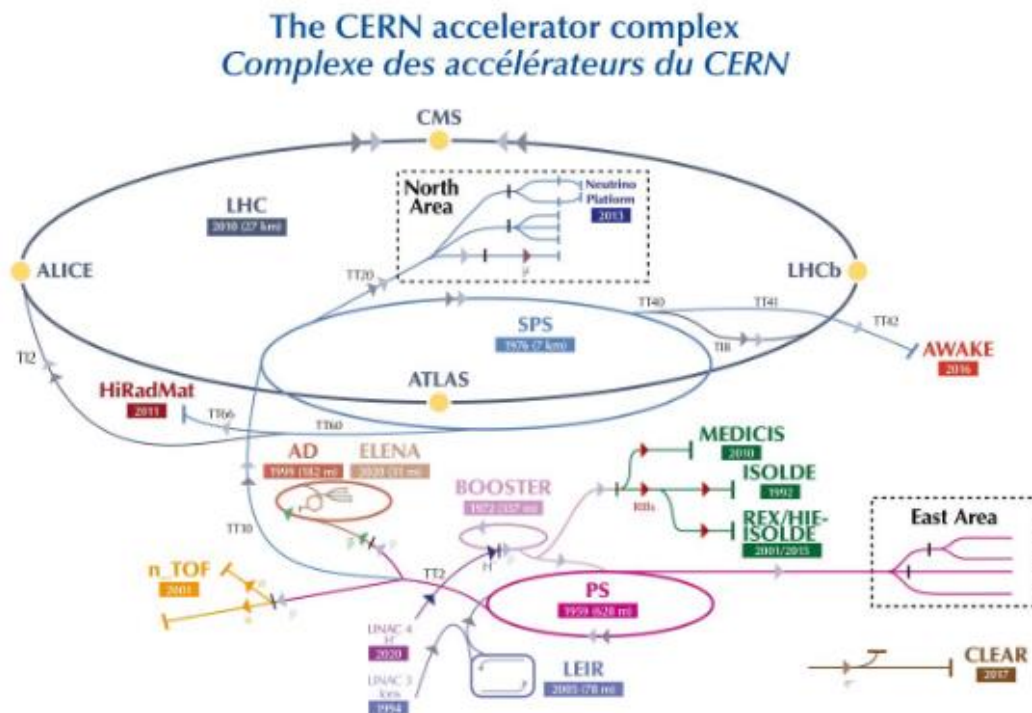


Figura 1. Complex accelerador del CERN (CERN, 2023c)

Detector ATLAS

ATLAS és un dels dos detectors d'ús general del Gran Col·lisionador d'Hadrons (LHC) i estudia una àmplia gamma de física, des del bosó de Higgs fins a les dimensions extra i les partícules que podrien formar matèria fosca.

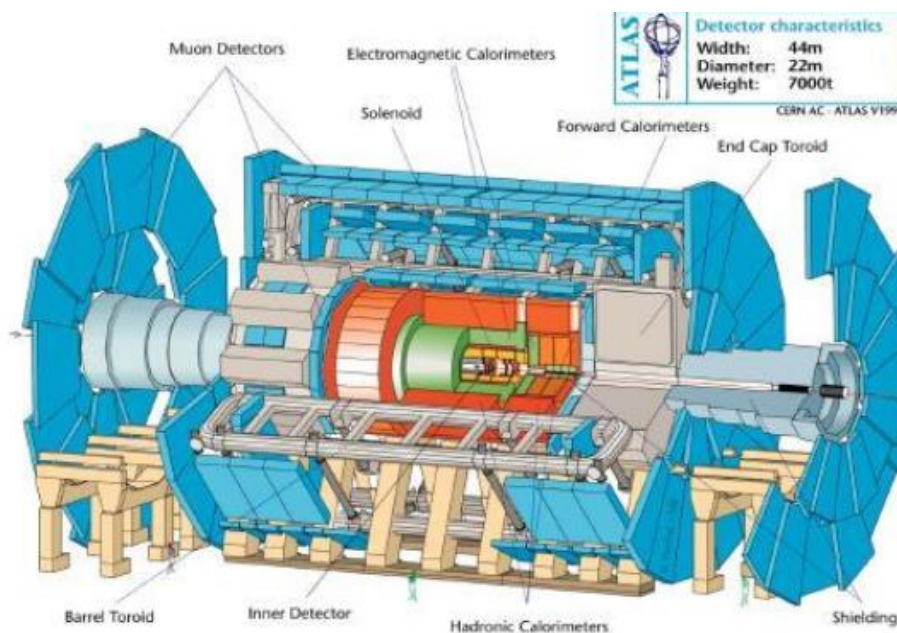


Figura 2. Detector de partícules ATLAS (Cid, X. i Cid, R., 2023b)

A diferència del detector CMS, detector amb els mateixos objectius científics que l'experiment ATLAS, ATLAS utilitza diferents solucions tècniques i un disseny de sistema magnètic diferent, que utilitza per, juntament amb sis subsistemes diferents, registrar la trajectòria, el moment i l'energia de les noves partícules creades a partir de les deixalles de col·lisió dels feixos de partícules. L'enorme sistema d'imants té més específicament la funcionalitat de desviar les trajectòries de les partícules carregades per poder mesurar els seus moments (Figura 2).

Per tractar la gran quantitat de dades generades per les interaccions del detector, l'ATLAS utilitza un sistema avançat d'activació per dir-li al detector quins esdeveniments registrar i quins ignorar.

En total ATLAS té 46 metres de llargada, 25 metres d'alçada, 25 metres d'amplada i pesa 7.000 tones, és el detector de partícules de major volum mai construït i està ubicat a 100 m sota terra (CERN, 2023d).

Detector FASER

Faser és un altre detector, pertany al grup dels detectors petits a diferència d'ATLAS. La seva funció principal és buscar partícules lleugeres i d'interacció extremadament feble, l'existència de noves partícules predites per molts models més enllà del Model Estàndard, que intenten resoldre alguns dels enigmes més grans de la física (Cid, X. i Cid, R., 2022c).

Dels quatre detectors de partícules existents, cap no és adequat per detectar senyals de llum i partícules d'interacció feble generades paral·leles a la línia de llum de protons, perquè tenen forats al llarg de la línia de llum que permeten que el feix expulsi protons. FASER està principalment posicionat a la trajectòria del feix 480 metres aigües avall del detector ATLAS per detectar partícules que es descomponen i partícules que interactuen feblement, també inclourà en un futur un subdetector anomenat FASERv, específicament dissenyat per detectar neutrins produïts a l'LHC (Figura 3). Com a resultat, les interaccions de neutrins a aquestes altes energies encara no s'han estudiat detalladament.

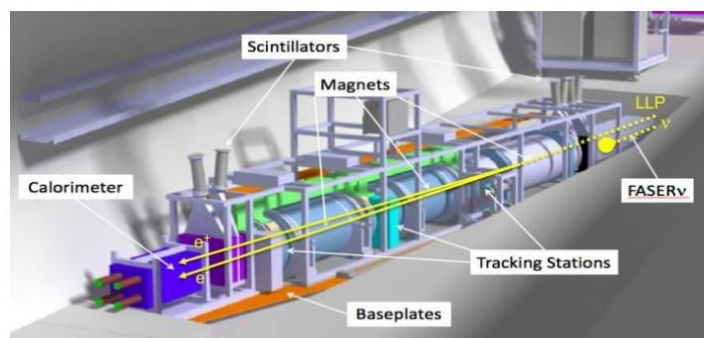


Figura 3. Experiment FASER (Cid, X. i Cid, R., 2022d)

FASER compta amb el suport de Heising- Simons Foundations, fundació privada nord-americana que se centra a donar suport a projectes en àrees com ara ciències físiques i que atorga subvencions a diverses organitzacions i projectes, i es va instal·lar durant el tancament a llarg termini en curs del complex accelerador CERN 2. Començarà a adquirir dades durant LHC Run 3 que és la tercera fase d'operacions del LHC. El Run 3 va començar al 2022 i està previst que finalitzi al 2026 (CERN, 2023e).

Conclusions

El món de la física és un món molt complex i sobretot quan comencem a parlar de partícules, per això els detectors de partícules són essencials per a la física, ja que permeten als científics estudiar i comprendre la naturalesa de les partícules subatòmiques. Es creu que en aquest article s'ha fet una petita investigació sobre un tema força extens i molt tècnic com els detectors de partícules en aquest cas del CERN. S'ha investigat sobre què són, quins n'hi ha i com funcionen, sobretot centrant-se en 2, concretament detector ATLAS i detector FASER.

Referències

- CERN. (2023a). Experiments. <https://home.cern/science/experiments>
- CERN. (2023b). The Large Hadron Collider. <https://home.cern/science/accelerators/large-hadron-collider>
- CERN. (2023c). Complejo acelerador del CERN. <https://home.cern/science/accelerators/accelerator-complex>
- CERN. (2023d). ATLAS. <https://home.cern/science/experiments/atlas>
- CERN. (2023e). FASER. <https://home.cern/science/experiments/faser>
- Cid, X. i Cid, R., (2022a). Acercándonos al LHC. Detectores de partículas en el LHC. https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/1.detectors
- Cid, X. i Cid, R. (2023b) Detector de partículas ATLAS en el CERN. https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/0.atlas
- Cid, X. i Cid, R., (2022c). Acercándonos al LHC. Detector de partículas FASER. https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/0.faser
- Cid, X. i Cid, R., (2022d). Experimento FASER en el CERN. https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/0.faser

El gravitó: Un paracetamol per al mal de cap de la quàntica

Pulido Cheremos, Juan David

Abstract

This research discusses what paradigms changes there were and how they resulted in thinking in a hypothetical particle as graviton, the problems that appear in possible methods for its detection, what properties it has and how string theory explains its existence.

Keywords: Quantum field theory, theory of everything, quantum gravity, quantum mechanics, general relativity, string theory, gravitational waves.

Introducció

Aquest treball pretén investigar què és el gravitó i com neix la seva teorització, les propietats que podria tenir, les dificultats que s'han trobat quan s'intenta detectar-lo i com s'explica en la teoria de cordes.

Context

Abans d'Einstein, la branca de la física més popular en el moment d'explicar el moviment dels cossos era la mecànica clàssica (Sotelo Fajardo, 2012). En aquesta àrea la gravetat estudiada és la que va ser teoritzada per Newton al segle XVII, on és tractada com una força immediata que actua a distància (Sotelo Fajardo, 2012).

Però en aquesta idea de la gravetat com força, encara que serveix quan no es tractaven amb velocitats relativistes ni energies o masses massives, s'escapaven les explicacions d'alguns dels fenòmens més complexos de l'espai (Roseveare, 1979). Així doncs, es va cercar una teoria que expliqués millor la gravetat, i en el 1915 Einstein publicaria la seva teoria de la relativitat general, on milloraria la seva relativitat especial i la faria compatible amb una nova visió gravitatòria, on aquesta sorgeix com el resultat de curvatures en l'espai-temps provocades pels cossos amb massa (Sagan, 1980).

Simultàniament, una corrent no determinista de la física va fer molts avanços, donant lloc a una nova branca, la mecànica quàntica. Aquesta es fixava en esdeveniments difícils de predir i en quines probabilitats hi haurien de succeïssin en certes condicions, i també va permetre unificar diverses teories físiques, com la termodinàmica o la relativitat especial, però fins avui ha estat incompatible amb la relativitat general (Greene, 2012), i, per tant,

amb la gravetat, ja que en aquesta Einstein unifica la seva gravetat i la relativitat especial (Rindler, 2013). De llavors ençà, hi ha interès de la comunitat científica en unificar les interaccions fonamentals en una única teoria.

Naixement de la teorització del gravitó i propietats

En aquests intents per integrar la gravetat a la quàntica, s'ha parlat d'una partícula hipotètica que podria actuar com medidora entre qualsevol objecte amb massa o energia i la gravetat que el mateix experimenta (Cosmoeduca, s.f.). La raó principal per a creure que existeix, és que en la teoria quàntica de camps a cadascuna de les interaccions fonamentals li correspon una partícula elemental que és medidora, com el fotó en l'electromagnetisme. (Greene, 2012). Si bé totes aquestes partícules s'han vist experimentalment, la de la gravetat és l'excepció, per això es manté com hipotètica.

Aleshores, definim al gravitó com una partícula fonamental hipotètica amb la qual es pretén quantitzar la interacció gravitatòria perquè sigui compatible amb la resta del model quàntic, aquesta partícula seria la medidora corresponent per la gravetat.

Encara que no hem detectat el gravitó, podem deduir les seves propietats a partir del que ja sabem dels bosons de gauge i de la gravetat: Com l'abast d'interacció de la gravetat és infinit, la massa del gravitó ha de ser teòricament zero (IFT, 2017), ha de tenir espín 2 perquè aquest és l'encarregat de produir forces que són només atractives (Feynman, 2003) i també ha de ser elèctricament neutra.

Intents de la seva detecció

Amb tot i que coneguem aquestes propietats, a l'hora de fer l'intent de descobrir el gravitó s'han trobat moltes dificultats, ja que el simple fet que la gravetat és la força més feble entre les fonamentals no és favorable.

Aquest fenomen es veu clarament quan es comparen experiments relacionats, com el que es va fer al projecte LIGO per a confirmar l'existència d'ones gravitacionals (MIT News, 2016). Aquestes ones, teoritzades per Einstein, són generades quan es deforma l'espai-temps, viatgen a la velocitat de llum estirant i comprimint tot el que s'interposa al seu camí, però aquest efecte és molt petit i imperceptible per a l'humà (LIGO Scientific Collaboration, s.f. a).

El LIGO pretenia mesurar l'estirament i compressió causat per ones generades per la col·lisió de dos forats negres de fa milions d'anys (LIGO Scientific Collaboration, s.f. b), per això van fer servir dos interferòmetres, uns instruments on es redirigeix la llum d'un raig làser cap a dos tubs perpendiculars de la mateixa llargada, en arribar es troben amb miralls que les fan rebotar, i amb una precisió molt exacta s'aconsegueix que els raigs es

cancel·lin, però en presència d'una ona gravitacional la llargada entre el raig i el mirall canvien de manera imperceptible, però suficient per a alterar l'exactitud i que els raigs deixin de cancel·lar-se, el que permet que el raig resultant sigui detectat per un fotodetector (LIGO, s.f. a).

El LIGO va ser un experiment que va requerir d'una tecnologia molt avançada i sofisticada. Tenint en compte que, teòricament, en les ones gravitacionals de LIGO haurien d'haver-hi $3 \cdot 10^{37}$ gravitons (Dyson, 2012), aleshores necessitaríem detectors $3 \cdot 10^{37}$ vegades més potents per a detectar un únic gravitó. Com que això és una gran dificultat, s'ha intentat amb alternatives, com una la qual es basa en excitar l'electró d'un àtom amb un gravitó fins a desvincular-lo de tal manera que es pugui detectar.

No obstant això, perquè l'electró l'absorbeixi el gravitó s'hauria de superar la secció eficaç d'absorció, que és la probabilitat d'observar una partícula expressada en una àrea (Britannica, 2018). El neutrí, famós per ser difícil de detectar (Félix, 2007), té una secció eficaç de 10^{-45} cm², mentre que la del gravitó és de $8 \cdot 10^{-65}$ cm² (Dyson, 2012), fet que dona una idea de lo difícil que seria mesurar-lo.

El gravitó en la teoria de cordes

Ara bé, encara que això és desesperançador per a la comunitat científica, es poden trobar descripcions del gravitó en la teoria de cordes, i encara que aquesta branca és hipotètica, això permet imaginar al gravitó de més maneres.

En aquesta teoria es proposa que l'univers està compost per cordes que amb les seves oscil·lacions es donen lloc a les partícules fonamentals, aquestes cordes poden ser obertes o tancades, aquestes últimes serien les causants del gravitó (Greene, 2004). Una corda oberta pot tancar-se, i com totes les partícules del model estàndard sorgeixen de cordes obertes, així s'explicaria com la matèria produeix gravitons.

Conclusions

La detecció del gravitó és una tasca complicada que sembla impossible amb la tecnologia d'avui en dia, però això no ha impedit deduir les seves hipotètiques propietats o teoritzar com funcionaria en altres models més enllà de l'estàndard, com la teoria de cordes.

En cas d'assolir la tecnologia necessària per fer una mesura suficientment precisa com per a descobrir el gravitó, estaríem davant d'una de les majors gestes de la física, que canviaria com s'entén la gravetat i es podria explicar totes les interaccions fonamentals amb la quàntica.

Referències bibliogràfiques

Britannica. (s.f.). *Cross section | physics* <https://www.britannica.com/science/cross-section-physics>

CERN. (s.f.). *Standard Model*. <https://home.cern/science/physics/standard-model>

Colaboración científica LIGO. (s.f a). *La ciencia del LSC*.
<https://www.ligo.org/sp/science/GW-GW2.php>

Colaboración científica LIGO. (s.f b). *La ciencia del LSC*.
<https://www.ligo.org/sp/science/GW-IFO.php>

Cosmoeduca. (s.f.). *Gravitación - El futuro: la teoría cuántica de la gravitación. El gravitón*.
<https://www.iac.es/cosmoeduca/gravedad/temas/g4graviton.htm>

Dyson, F. (2012). *Is a Graviton Detectable? Institute for Advanced Study*.

Félix, J. (2007). *Los neutrinos*. Universidad de Guanajato.
<https://actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/176/154>

Greene, B. (2004). *The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality*. Knopf Doubleday Publishing Group.

Greene, B. (2012). *El universo elegante* (M. García Garmilla, Trans.). Crítica.

Instituto de Física Teórica IFT. (23 de maig de 2017). *¿Cuáles serían las propiedades del gravitón?* [Arxiu de Vídeo]. Youtube. <https://youtu.be/nmspBTEO3RA>

LIGO Scientific Collaboration. (s.f.). *Observación de ondas gravitacionales procedentes de la espiral de una binaria de estrellas de neutrones*.

MIT News. (2016). *Scientists make first direct detection of gravitational waves*.
<https://news.mit.edu/2016/ligo-first-detection-gravitational-waves-0211>

Roseveare, N. T. (1979). *Leverrier to Einstein: A review of the Mercury problem*. *Vistas in Astronomy*. [https://doi.org/10.1016/0083-6656\(79\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0083-6656(79)90003-5)

Rindler, W. (2013). *Essential Relativity: Special, General, and Cosmological*.

Sagan, C. (1980). *Cosmos* (31a ed.). Planeta.

Sotelo Fajardo, J. C. (2012). *El Concepto de gravedad desde las concepciones de Newton y Einstein: Una propuesta didáctica dirigida a estudiantes de Ciclo V*. Universitat Nacional de Colombia.

Wagner, W., Morinigo, F., & Feynman, R. (2003). *Feynman Lectures On Gravitation* (B. Hatfield, Ed.). Avalon Publishing.

Es pot considerar la natura quàntica?

Smaili Zemouri, Fauzi

Abstract

This article talks about whether we can consider nature quantum. To answer that question it uses some viewpoints of the greatest physics of the XX century like Albert Einstein or Neils Bohr finally conclude with the solution given by Bell, that asserts the existence of quantum nature.

Keywords: Moment angular, Enllaçament quàntic, Variables ocultes.

Introducció

L'objectiu d'aquest article és poder concloure amb una resposta a la incògnita sobre si podem considerar la natura quàntica, mentre l'article es vagi desenvolupant, és tracta de donar diferents punts de vista de científics molt importants per la mecànica quàntica.

Contextualització

La mecànica quàntica es una de les branques més importants de la física actual, tot i que Albert Einstein juntament amb dos companys més van donar a lloc un debat polèmic en la comunitat científica, que tenia com a tema principal la consideració de la mecànica quàntica com a una disciplina amb una descripció completa. Va ser un tema que va generar controvèrsia ja que va donar a lloc a dos grans punts de vista, per una banda els que creien que la descripció de la mecànica quàntica era completa, un dels grans referents d'aquest punt de vista era Bohr. Per altra banda, els que defensaven la incompletesa de la teoria quàntica.

Paradoxa EPR

Albert Einstein és considerat un dels pares de la mecànica quàntica, tot i que l'any 1935 juntament amb Podolsky y Rosen van publicar un article en el que proposa un experiment mental amb una intenció de crítica a la mecànica quàntica.

En aquest experiment mental, s'imagina un sistema amb un moment angular de 0, on es generen dues partícules. Aquestes partícules tenen un spin propi que s'ha de conservar (Augusto. C, 1996), es pot imaginar que una tindrà un spin positiu ($+\frac{1}{2}$) i un spin negatiu ($-\frac{1}{2}$). Com que aquestes partícules han de ser contaries en tot moment per conservar el moment angular, no les podem estudiar de manera independent, i per estudiar una també haurem d'estudiar la seva parella. Aquest fenomen es coneix com enllaçament.

Però aquestes dues partícules tenen una particularitat del món quàntic, i és que es troben en un estat de superposició. L'estat de superposició és quan una partícula es troba en diferents estats a l'hora (Organista, O. et al, 2007), en aquest cas, les partícules que s'han generat tenen un spin positiu i negatiu a l'hora i tenen una possibilitat del 50% per esdevenir en un dels dos casos.

Cada partícula del parell es enviada a dos observadors separats per 1 any llum, anomenats Alice i Bob. Les partícules a l'hora de ser mesurades defineixen les seves propietats (Organista, O. et al, 2007), és a dir, decidiran les seves propietats segons la probabilitat que tenen de succeir. Posem el cas de que Alice mesura les propietats de la seva partícula i aquesta surt amb un spin positiu, aleshores, al estar enllaçades, instantàniament a Bob li apareix una partícula definida amb un spin negatiu. Si mesurem altres partícules amb les mateixes propietats arribarem a la conclusió que Bob sempre definirà de manera instantània el contrari que Alice.

Aquesta reacció instantània en tan poc temps l'anomenem enllaç quàntic (Castrillón, J. 2014). I era un fet que pertorbava a Einstein, ja que aquest concepte de la mecànica quàntica afirmava que existien comunicacions entre sistemes més ràpids de la velocitat de la llum, cosa la qual anava en contra de la teoria de la relativitat.

Einstein va concloure l'article negant la descripció de la mecànica quàntica, afirmava que la teoria quàntica era incompleta degut a que faltava conèixer-la més i defensava l'existència de variables ocultes que no permeten completar la descripció de la mecànica quàntica. A més, afegia que les variables ocultes ja establien el moment angular de cada partícula des del moment en el que interaccionen per quedar enllaçades (Einstein, A. et al, 1935).

Per altra banda, Niels Bohr, també considerat pare de la mecànica quàntica i de la interpretació de Copenhaguen, va contradir el punt de vista de Einstein, negant l'existència de variables ocultes i defensant que les dues partícules en ningun moment estan definides fins que l'observador tracta de mesurar-les perquè aquestes es defineixin (Bohr, N. 1935).

Desigualtats de Bell

John S. Bell va ser un físic irlandès que va ser capaç de donar solució matemàtica al problema plantejat per Einstein, Podolsky i Rosen a l'any 1964. Donant fi al debat sobre l'existència de les variables ocultes i si la descripció de la mecànica quàntica és completa o no. L'experiment es basa en els conceptes de variables ocultes i enllaçament quàntic plantejats per Einstein, Podolsky i Rosen en el seu experiment mental.

Alice i Bob són els observadors situats a cada punta del sistema solar, i es col·loquen els detectors en angles diferents que aniran mesurant el spin de les partícules. Per comprovar

les teories esmentades, es fan servir les desigualtats de Bell, les quals posen límits a les relacions dels resultats dels observadors. Si els resultats dels observadors superen aquest límit, les desigualtats de Bell seran violades, és a dir, la mecànica quàntica serà una descripció completa i no hi ha variables ocultes per descobrir.

L'experiment proposat per Bell s'ha fet moltes vegades a la realitat i s'ha comprovat que la teoria quàntica no és incompleta. A més, existeix una comunicació al mon quàntic que a dia d'avui no entenem. Bell proposava que aquesta comunicació no es pot fer-la servir com a mètode de comunicació ja que es una acció aleatòria (Bell, 1964).

Conclusió

En aquest article s'ha aclarit la qüestió sobre si es pot considerar la natura quàntica o no. Tot i que l'objectiu era tractar d'aconseguir desenvolupar més l'explicació per tractar de fer-la lo més clara possible, no ha sigut possible degut al nivell de matemàtiques que demanava l'explicació.

Referències

Einstein, A. Podolsky, B i Rosen, N. ¿Puede considerarse completa la descripción de la realidad de la mecánica cuántica?

Bohr, N. (1935) ¿Puede considerarse completa la descripción de la realidad física de la mecánica cuántica?

Bell, J. (1964) Sobre la paradoja de Einstein Podolsky Rosen.

Organista, O, Gómez, V, Jaimes, D i Rodríguez, J.(2007) Una idea profunda en la comprensión del mundo físico: el principio de superposición de estados.

Augusto, C (1996) Laboratorio de física 160.

Castrillón, J. Freire, O. i Rodríguez, B. (2014) Mecánica cuántica fundamental, una propuesta didáctica.