

Alfa Géminis

Revista de divulgación de la Sociedad
Astronómica Juarense A.C.

Mayo-Junio 2010

LHC:

La inmensidad de lo pequeño

Antimateria en la cocina

Índice

Editorial.....	3
LHC: La inmensidad de lo pequeño.....	4
Los cielos del mes.....	8
Antimateria en la cocina.....	10

Directorio

Editor: Alfredo Aranda Fernández
Diseño: Luis Basurto Villaorlad

Colaboradores
Alfredo Aranda Fernández
Luis Basurto Villaorlad
José Alberto Ruiz Cembranos

Contacto e Información para autores

Mandar artículos, notas, comentarios y/o cartas de manera electrónica a redaccion@alfageminis.com.mx

En caso de ser necesario favor de incluir fuentes bibliográficas completas.

En caso de utilizar imágenes favor de incluir todos los detalles sobre la fuente de las mismas.

Editorial

Comenzamos el segundo año de esta versión digital de Alfa Géminis con un par de artículos relacionados a las partículas elementales. José Alberto Ruiz Cembranos, investigador de la Universidad de Minnesota (por incorporarse en poco tiempo a la Universidad Complutense de Madrid), nos comparte con un estilo muy ameno un artículo sobre el Large Hadron Collider (LHC) desde una perspectiva de encuentro entre lo diminuto y lo infinito. En él nos habla sobre cómo el LHC puede hacer realidad el sueño de los físicos por encontrar evidencia de la supersimetría o de las dimensiones extras, de determinar la naturaleza de la materia oscura, de producir agujeros negros en el laboratorio, etc.

En el segundo artículo platicamos sobre la naturalidad de la antimateria. Veremos que contrario a lo que se cree, la antimateria está muy cerca de nosotros: se mete hasta la cocina.

Reiteramos nuestra invitación a participar con este esfuerzo a través de artículos, notas, comentarios, preguntas y/o sugerencias. Por favor diríjelas a redaccion@alfageminis.com.mx

Nuestra Portada

NGC 4755: Un joyero de Estrellas

Una gran variedad de colores de estrellas en este cúmulo abierto derivan su nombre: El joyero. La estrella brillante central Kappa Crucis es roja, en contraste con las muchas estrellas azules que la rodean. El cúmulo contiene más de 100 estrellas, y puede no ser más antiguo de 10 millones de años. Los cúmulos abiertos son más jóvenes, contienen menos estrellas, y contienen una mayor fracción de estrellas azules que los cúmulos globulares. Este joyero se encuentra a 7500 años-luz de distancia, así que la luz que vemos fue emitida por el cúmulo antes de que las grandes pirámides de Egipto fueran construidas.

Crédito: Telescopio Anglo-Australiano fotografía por David Malin

LHC: La inmensidad de lo pequeño

José Alberto Ruiz Cembranos

Doctor en Ciencias Físicas e Investigador Asociado
Universidad de Minnesota, Minneapolis, EEUU.

No hay nada más inmenso que la distancia entre dos puntos, por muy próximos que éstos se encuentren. Es el continuo, el mayor de los infinitos que puede introducirse por axioma conforme a la teoría de los números transfinitos propuesta por Georg Cantor. Aunque este matemático ruso no lo llegó a comprender del todo. Murió internado en un psiquiátrico aquejado de una enfermedad maniaco-depresiva provocada por la impotencia de demostrar matemáticamente este concepto.

Ésta no es más que una de las muchas asociaciones que lo más diminuto comparte con lo más enorme, como si entre ambos extremos hubiese una continuidad que confiriese a las escalas una topología toroidal, más propia del círculo que de la recta. Estas relaciones entre lo grande y lo pequeño no sólo se encuentran en la matemática o la filosofía, sino que fácilmente nos sorprenden en cualquier rincón de la vida más o menos cotidiana. También en la física. El CERN, lo que hoy en día es decir LHC, bien podrían ser un ejemplo de ello. Un ejemplo de relaciones entre múltiples opuestos.

CERN

Estas cuatro letras ocultan uno de los intentos del ser humano por conocer el Universo, por saberlo todo, desde sus constituyentes básicos a las fuerzas que gobiernan sus comportamientos. Y lo hace de la única forma posible, preguntándose directamente, en una entrevista que comenzó en 1954 con la fundación de la Organización Europea para la Investigación Nuclear, o simplemente CERN, según sus siglas en francés.

Este diálogo entre hombre y Todo, se ha realizado a través de distintos detectores situados a lo largo de varios aceleradores de partículas. Al hacer interactuar partículas como electrones y protones a elevada energía, se puede acceder a un conocimiento prohibido a nuestra experiencia cotidiana. Esta aventura del conocimiento llamada CERN, fue una de las primeras que unos pocos países europeos decidieron emprender juntos. Por el camino de sus 56 años de historia se han ido

uniendo compañeros hasta formar una veintena de países miembros: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Checoslovaquia, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Hungría, Italia, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Eslovaca, Suecia y Suiza. Sin embargo, no sería justo limitar la propiedad de este proyecto a este puñado de estados. Países como Japón, Israel, Rusia, Turquía y EEUU son colaboradores habituales y sus 3000 trabajadores permanentes, 400 jóvenes becarios, y más de 5000 visitantes representan a más de 40 países.

La diversidad mundial de este *anillo de Babel* se remonta a sus orígenes. Auspiciado por gestiones diplomáticas de la UNESCO, la investigación nuclear a mediados del siglo pasado generaba un interés, que junto con la guerra fría, sirvió de aglutinante para que los países de la Europa occidental trabajasen conjuntamente en este campo. Los fines de entonces al igual que ahora, siempre fueron estrictamente científicos y pacíficos¹, y la faceta cooperativa siempre ha estado presente en su esencia². Frutos directos e indirectos de la prolífica investigación básica desarrollada en sus instalaciones, acaba por contribuir a diferentes áreas en diferentes formas, muchas de ellas, impredecibles. Se espera que pueda resultar de ella un progreso y una mejora de las condiciones de vida del género humano³. En efecto, el desarrollo tecnológico e industrial incentivado por la actividad de investigación es una de las razones principales por las que los estados miembros del CERN siguen hoy en día apoyando económicamente el laboratorio. La tecnología incentivada por la investigación teórica acaba teniendo consecuencias en el desarrollo de instrumentos con aplicación práctica. Existen empresas industriales que trabajan exclusivamente para el CERN y entre los innumerables retornos tecnológicos derivados de su actividad podríamos destacar el desarrollo de “stochastic cooling technique” y el “multiwire proportional chamber”, por el que George Charpak fue merecedor del premio Nobel.

El CERN gasta tanta energía como una pequeña ciudad. El presupuesto anual es de más de

700 millones de euros, lo que supone la mitad del presupuesto anual de I+D de un miembro típico como España. La justificación de esta fuerte inversión es necesaria, pues resulta excepcional encontrar un sublaboratorio como ISOLDE, donde se fabrican isótopos para usos prácticos.

LHC

El Gran Colisión de Hadrones, o más conocido como LHC por sus siglas en inglés, es un acelerador de protones (o iones pesados como el de plomo) con cuatro puntos de detección donde se analiza el resultado de sus colisiones. Actualmente es, con diferencia, el experimento más importante del CERN. Aunque se espera que las comentadas colisiones entre protones tengan lugar a una energía de 14 Teraelectronvoltios (TeV), en la actualidad únicamente se ha llegado a desarrollar mitad de su potencial. En cualquier caso, incluso sin llegar a su máximo rendimiento, ya es con diferencia, el acelerador de partículas más potente del mundo. Dentro de un anillo de 27 kilómetros de circunferencia, dos haces de protones son acelerados en sentidos opuestos hasta alcanzar prácticamente la velocidad de la luz. Se hacen colisionar en puntos determinados, produciendo un sinnúmero de partículas altamente energéticas, que se escrutan mediante un total de seis detectores más o menos especializados, que responden a los nombres de Atlas, CMS, LHCb, Alice, Totem y LHCf. Es esta propiedad, el estudio de física a un umbral energético nunca antes alcanzado en un entorno controlado, lo que hace del LHC el experimento más interesante para aprender sobre el Universo primitivo. La teoría del Big Bang, o de un Universo en expansión en equilibrio termodinámico, insiste en la idea de que el cosmos estuvo recluso en un espacio menor y a energías más elevadas cuanto más joven era. Por ello es que este tipo de experimentos nos permiten acercarnos a los tiempos más remotos del cosmos. El LHC es también un reto tecnológico, pues para responder a las preguntas teóricas más básicas, hace falta diseñar experimentos que requieren una ingeniería aún no presente. Paradójicamente, para reproducir el Universo caliente primigenio, el LHC necesita enfriar sus imanes superconductores hasta una

temperatura inferior a menos de 2 grados por encima del cero absoluto ($-271,15\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Los primeros haces de protones fueron inyectados el 1 de agosto de 2008 y al mes siguiente ya estaban circulando por los 27 kilómetros del anillo. Una importante avería por fuga de helio líquido retrasó las primeras colisiones alta energía desde Octubre de 2008 hasta Noviembre de 2009, cuando se convirtió en el acelerador más potente al conseguir una energía de colisión total superior a los 2,3 TeV (mayor que el estadounidense Tevatrón). El 30 de marzo de 2010 las primeras colisiones de protones del LHC alcanzaron una energía de 7 TeV. El colisionador funcionará a medio rendimiento durante dos años, al cabo de los cuales se proyecta llevarlo a su potencia máxima de 14 TeV.^[1]

Aunque es evidente que el LHC nos ofrece la posibilidad de profundizar en el conocimiento del Universo primitivo, es más que probable que éste siempre se guarde para sí la mayor parte de sus secretos. Lo que es innegable es que el LHC nos resolverá un gran enigma de la física actual: el *sector de ruptura electrodébil*. El modelo actual de la física fundamental, conocido como *modelo estándar*, es un compendio de las partículas que hasta hoy hemos observado como elementales (sin estructura) y sus interacciones. Es un tanto arbitrario contar el número de partículas elementales que contiene el modelo estándar. Podríamos decir que existen 12 partículas que denominaríamos fermiónicas y que constituirían la materia, y 4 partículas que denominaríamos bosones gauge y que constituirían los mediadores de las fuerzas. Sin embargo, los grados de libertad asociados a los 12 fermiones son en realidad 90 y los grados de libertad asociados a los 4 bosones son 27, pues tanto unos como otros contienen grados de libertad clones que pueden ser mejor entendidos como distintas versiones de la misma partícula. Sabemos que el modelo estándar es incompleto pues en él no somos capaces de ubicar la gravitación (que, paradójicamente, fue la interacción con la que aprendimos a hacer física) y también deben introducirse nuevos grados de libertad que permitan la aparición de masas para los

neutrinos dentro de una teoría renormalizable y unitaria, es decir, con sentido cuántico.

Estas incertidumbres de la física teórica son bastante ajenas al modelo estándar. Sin embargo, este modelo predice la existencia de una última partícula no observada. Es el denominado *bosón de Higgs*, consistente en un único grado de libertad y que también ha sido bautizada con el desafortunado nombre de *partícula de Dios*. El asunto es que el modelo estándar se sustenta en ciertas simetrías, unas exactas y otras que no lo son tanto. En particular, la simetría débil debe romperse para poder dar masa a partículas tan ordinarias como el electrón. Y es este apartamiento del modelo estándar, el sector donde la simetría se rompe, el que no se ha podido comprobar experimentalmente. El modelo estándar soluciona el desaguisado de la manera más pueril: Introduce un campo escalar que obtiene un valor no nulo en el vacío de la teoría. Aunque esta solución es altamente insatisfactoria desde el punto de vista teórico, de momento funciona y muy bien. Los físicos teóricos conocen otros métodos más elegantes de producir masa, como el asociado a las interacciones fuertes, que confieren la mayor parte de la masa del protón. Sin embargo, las mediciones llevadas a cabo hasta ahora, parecen aborrecer este tipo de solución.

Sabemos que el LHC nos resolverá el enigma, pues el modelo estándar sin sector de ruptura no es una teoría sostenible. En particular, viola unitariedad, es decir, que a las energías a las que el LHC trabajará, la probabilidad de que algo suceda supera la unidad, lo que es evidentemente imposible cuando la

La historia del CERN en ocho fechas:

- 1954: Año de su fundación.
- 1957: Comienza el funcionamiento del Synchro-Cyclotron de 600 megaelectronvoltios (MeV.) de energía, con el que se confirma la desintegración de un pión en un electrón y un neutrino mediante detección directa.
- 1959: Puesta en marcha del Proton Synchrotron (PS), el acelerador de partículas que es capaz de acelerar las partículas a mayor energía, llegando a alcanzar los 28 giga-electronvoltios (GeV). También comienzan los experimentos con haces de neutrinos.
- 1965: Se firma el acuerdo con Francia para extender el laboratorio sobre terreno francés, donde se aprueba la construcción de los Intersecting Storage Rings (ISR).
- 1976: Comienza el proyecto del Super Proton Synchrotron (SPS). De igual manera que el ISR, la máquina se construye antes del plazo previsto y dentro del presupuesto autorizado. La capacidad del acelerador mejora rápidamente y a finales de 1978 alcanza la energía de 500 GeV, superando el diseño inicial.
- 1983: En este año se realiza el descubrimiento más notable del CERN al demostrar la existencia de los bosones W (enero) y Z (mayo), los mediadores de la fuerza nuclear débil. De esta forma se confirma la teoría de la interacción electrodébil, dando un importante paso hacia la comprensión unificada de las interacciones fundamentales. En septiembre de este mismo año tiene lugar la ceremonia de inicio de construcción del LEP. La presencian los presidentes de Francia y Suiza: Francois Mitterand y Pierre Aubert. LEP no es un proyecto cualquiera, pues es el instrumento científico más grande jamás construido: Hacen falta 27 kilómetros de circunferencia para analizar las componentes más infinitesimales del Universo.
- 1989: En agosto de este año comienza a funcionar LEP. Inmediatamente, en octubre, el CERN hace un descubrimiento muy importante: La anchura de la partícula Z revela que la materia se agrupa únicamente en tres familias de partículas. El 13 de noviembre se inaugura LEP oficialmente por los dirigentes de los estados y los ministros de ciencia de los estados miembros del CERN.
- 2008: En Octubre se inaugura oficialmente el LHC, aunque en septiembre viajaron los primeros protones por el anillo. El 19 de Septiembre se produjo un accidente debido a una amortiguación magnética que hizo perder 6 toneladas de helio líquido y un año de trabajo: no sería hasta el 2009, que el LHC reanudaría su actividad, llegando a operar a una energía total de 7 TeV.

probabilidad total está normalizada a uno.

En el mejor de los sueños de los físicos teóricos, el LHC podría demostrar bellas construcciones teóricas como la supersimetría, acceder a dimensiones espaciales adicionales, desvelar la naturaleza fundamental de la materia oscura, producir agujeros negros, arrojar luz sobre la posibilidad de unificar las interacciones conocidas,

abrir una ventana a los modelos de cuerdas... o incluso mejor, encontrar algo completamente nuevo que hasta ahora el hombre no ha sido capaz de imaginar. Todo esto es posible cuando se realiza un experimento en un rango de energía o precisión no alcanzado anteriormente. Soñar no es gratis. Este sueño costará más de 2000 millones de euros... Soñemos.

Efemérides

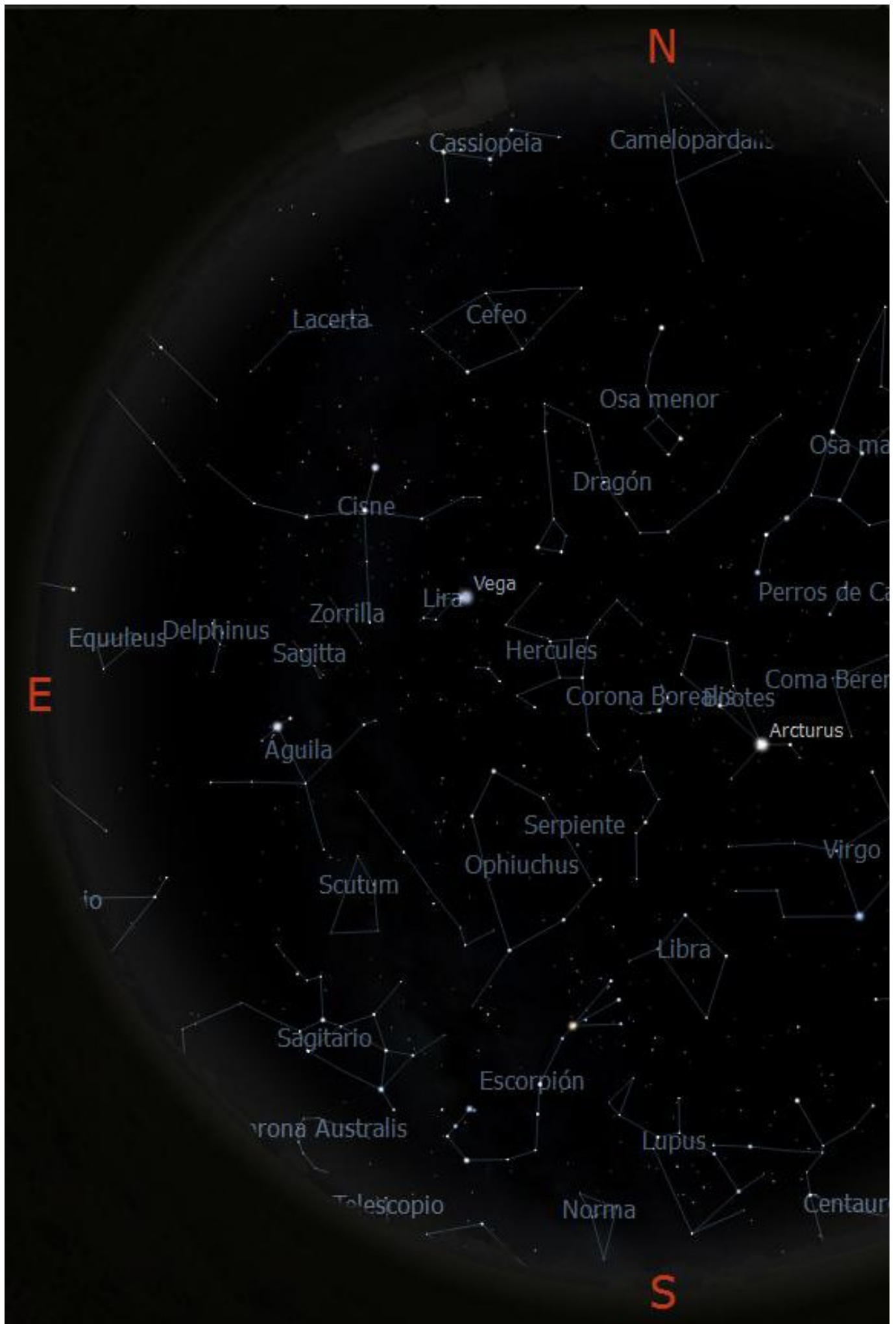
Mes Día Hora(TU)

Jun 3 17 Luna en Apogeo: 404266 km
4 22:16 CUARTO MENGUANTE
12 11:16 LUNA NUEVA
15 07 Venus a 3.9°N de la Luna
15 15 Luna en Perigeo: 365937 km
19 04:27 CUARTO CRECIENTE
21 11:29 Solsticio de Verano
26 11:31 LUNA LLENA
26 11:40 Eclipse Lunar Parcial; mag=0.527
28 12 Mercurio en Conjunción Superior
Jul 1 10 Luna en Apogeo: 405036 km
4 14:39 CUARTO MENGUANTE
6 14 Tierra en Afelio
11 19:30 Eclipse Solar Total; mag=1.057
11 19:41 LUNA NUEVA
13 11 Luna en Perigeo: 361116 km
15 01 Venus a 6.0°N de la Luna
18 10:12 CUARTO CRECIENTE
26 01:38 LUNA LLENA
29 00 Luna en Apogeo: 405955 km



**Hecho con
Scribus**



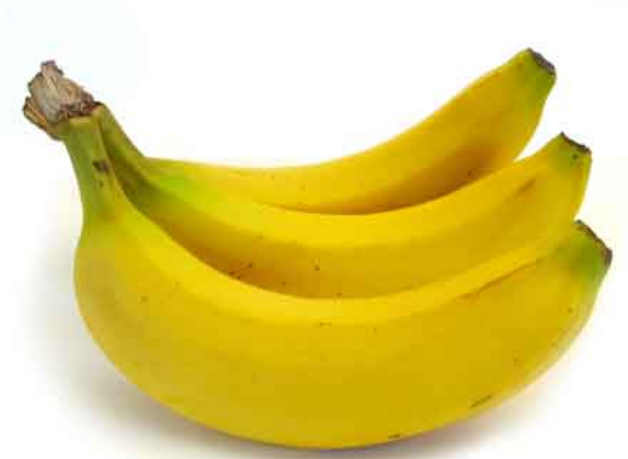


8 Alfa Géminis



Antimateria en la cocina

Alfredo Aranda Fernández
Universidad de Colima



Sabemos que para producir antimateria se requiere de experimentos muy sofisticados y caros ¿verdad?

Hace poco leí algo cotorrón sobre la producción de positrones (anti-electrones) y me puse a verificar a ver si era cierto. El enunciado a verificar es el siguiente: un plátano produce un positrón aproximadamente cada 75 minutos.

Veamos si es cierto:

Todos sabemos (!?!) que los plátanos tienen potasio. El potasio cuenta con una cierta cantidad de isótopos, es decir, potasios a los que se le han agregado o quitado neutrones. El potasio normal tiene en su núcleo 19 protones y 20 neutrones y lo llamamos ^{39}K . Estos átomos son estables, lo que quiere decir que una vez formados son eternos (a menos que algo externo los destruya, por supuesto). Así, si el átomo captura un neutrón obtenemos el isótopo ^{40}K y si captura 2 neutrones obtenemos ^{41}K , y así hasta llegar a ^{55}K (después de esto ya no puede capturar más neutrones).

Bueno, pues resulta que el isótopo ^{41}K es también estable, mientras que todos los otros isótopos son inestables y tienen vidas medias pequeñas (de milisegundos a horas) excepto el isótopo inestable ^{40}K que tiene una vida media de 1.277×10^9 años.

El potasio que podemos encontrar en el planeta Tierra fue formado hace aproximadamente 4500 millones de años, es decir hace 4.5×10^9 años y por lo tanto aún existe ^{40}K de manera natural.

La abundancia relativa de estos tres es (ver <http://ie.lbl.gov/toi/listnuc.asp?sql=&Z=19>):
 ^{39}K con una abundancia relativa de 93.2581%
 ^{41}K con una abundancia relativa de 6.7302%
 ^{40}K con una abundancia relativa de 0.0117%

Bien, entonces si un plátano tiene potasio, lo tiene en estas tres variedades. El ^{40}K es inestable, como hemos mencionado, entonces, es posible que decaiga cuando estamos a punto de comernos el plátano. La siguiente pregunta es en qué decae. Resulta que el 89.28 (13)% de las veces decae a través del decaimiento β^- , el 10.72(13)% de las veces captura un electrón y se convierte en argón. Sólo 1 en 10^5 decaimientos emiten un positrón (ver <http://adsabs.harvard.edu/abs/1962PhRv..126.1818E>).

Un plátano (promedio) tiene 467.28 mg de potasio (ver http://www.kaligmbh.com/r021en/fertiliser/advisory_service/crops/banana.html?print=true), aproximemos como 0.5 g que corresponden a 7.7×10^{21} átomos, de los cuales sólo el 0.0117% son de ^{40}K , es decir, aproximadamente 9×10^{17} átomos de ^{40}K .

Con esta información podemos calcular el número de positrones emitidos en un año:

Llamemos N_0 al número inicial de átomos de ^{40}K en nuestro plátano: $N_0 = 9 \times 10^{17}$.

Llamemos a la vida media de ^{40}K τ (recordemos que $\tau = 1.277 \times 10^9$ años).

Entonces, al tiempo t tendremos que el

número de átomos restantes (llamado simplemente $N(t)$ es:

$$N(t) = N_0 2^{-t/\tau}$$

Por lo tanto el número de positrones emitidos, $NP(t)$, al tiempo t será:

$$NP(t) = 10^{-5}(N_0 - N(t)) = 10^{-5}N_0(1 - 2^{-t/\tau})$$

En un año obtenemos que $NP(1 \text{ año})$ es aproximadamente 4885.

Por lo tanto nuestro plátano emite un positrón aproximadamente cada 108 minutos. Si es cierto.

¿Sabías qué...

¿Sabías que el Large Hadron Collider

- es la máquina más grande del mundo? Con 26 659 metros de circunferencia y un total de 9300 imanes en su interior, así como con el sistema de enfriamiento (cryogenic distribution system) más grande jamás construido.

- es la pista más rápida en el planeta? A máxima potencia, trillones de protones correrán alrededor del anillo del LHC 11 245 veces por segundo, viajando a 99.99% la velocidad de la luz. Habrá dos chorros de protones viajando en direcciones opuestas y con una energía de 7 TeV cada uno, produciendo colisiones de frente a 14 TeV. Se espera obtener 600 millones de colisiones por segundo.

- es el lugar más vacío del sistema solar? Para evitar colisiones con moléculas de gas en el acelerador, los chorros de partículas viajan en una cavidad de ultra vacío que está tan vacía como el espacio interplanetario. La presión interna del LHC es de 10^{-13} atm (10 veces menos que la presión en la luna).

- contiene los lugares más calientes de la galaxia, pero es más frío que el espacio extraterrestre? Cuando dos chorros de protones colisionen, se generarán temperaturas 100 000 veces más grandes que la temperatura del centro del Sol concentradas en un espacio minúsculo. En contraste, el sistema de enfriamiento mantiene el LHC a una temperatura super baja de $-271.3 \text{ }^\circ\text{C}$ (1.9 K), lo que es aún más frío que el espacio extraterrestre.

- contiene el sistema de supercomputadores más poderoso del mundo. Los datos grabados en cada uno de los experimentos grandes del LHC llenará aproximadamente 100 000 DVDs de capa dual cada año. Para permitir que los miles de científicos distribuidos por todo el globo puedan colaborar en el análisis de los datos durante los próximos 15 años, miles de computadoras alrededor del mundo están siendo incorporadas a una red de distribución llamada la Grid.



Visítenos en línea:

<http://www.alfageminis.com.mx>

para conocer las últimas
actividades de la SAJ