El protón de Aspin Bubbles (V2)

Yoël Lana-Renault
Doctor en Ciencias Físicas
Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza, España
e-mail: yoelclaude@telefonica.net
web: www.yoel-lana-renault.es

Abstract: En esta versión 2 incorporamos todas las modificaciones que hemos introducido en el proyecto Aspin Bubbles[1] y construimos mecánicamente la partícula protón y su antipartícula. La estructura del protón es muy sencilla: dos positones en órbita circular alrededor de un negatón. Como iremos viendo a lo largo del artículo, nos enfrentamos con máquinas mecánicas perfectas que reúnen y cumplen con todos los conocimientos que tenemos del protón y del antiprotón.

Key words: Aspin Bubbles, ondas anarmónicas, positón, negatón, ton.

1. Introducción

Hagamos un pequeño resumen del comportamiento del éter y de la materia de Aspin Bubbles[1].

El éter es un fluido continuo e isotrópico. El éter llena todo el espacio físico y no se desplaza. Los tones (la materia) están inmersos en el éter y lo perturban.

El éter modifica sus propiedades elásticas conforme las ondas de los tones lo atraviesan, de tal forma que frecuencia y amplitud le hacen disminuir su elasticidad. Como consecuencia de ello, la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas que recorren el éter disminuye y es inferior a la velocidad de la luz.

La pulsación anarmónica de la membrana de los tones produce contracciones y dilataciones en el éter que se propagan a la velocidad de la luz. El éter es elástico y reproduce el movimiento asimétrico de la membrana del ton. Tiene un comportamiento inercial no lineal. Tenemos, por lo tanto, ondas esféricas longitudinales anarmónicas que se propagan por todo el espacio y soportadas por el éter. El éter se polariza y los tones se autopropulsan en este medio.

En el caso del positón, las contracciones son más fuertes que las dilataciones y en el caso del negatón es al contrario. De ahí, que hablemos de que los tones polarizan el éter mediante un campo de ondas y hayamos asociado este comportamiento con el concepto clásico de campo eléctrico. Para entender la interacción existente entre dos tones cualesquiera hicimos un símil diciendo que el positón actúa como una bomba de compresión que endurece el éter y que el negatón actúa como una bomba de absorción que ablanda el éter.

La interacción mecánica que se produce en el éter entre una onda anarmónica y una partícula (ton) es simplemente la fuerza eléctrica, y con esto, la fuerza de la gravedad[2] resulta ser simplemente un residuo de las fuerzas eléctricas existentes entre dos materias neutras formadas por tones.

No estamos pues ante un éter estático, sino ante un éter dinámico configurado por la existencia de los tones constituyentes de la materia. Es fácil imaginar las líneas de fuerza de los campos eléctricos y gravitatorios dibujados en este éter.

La disminución de la velocidad de propagación de las ondas en las proximidades de la materia nos condujo, por ejemplo, a que la luz se curva en las proximidades del Sol[3].

También es fácil imaginar que la Tierra transporta su campo gravitatorio, el éter que lo llena todo se configura a su paso. Tenemos un éter dinámico. De ahí que el resultado del experimento de Michelson-Morley sea correcto. La aberración estelar así como otros fenómenos físicos son fácilmente explicables desde esta nueva perspectiva.

Y en el interior de la materia, espacio entre tones ligados, el éter está muy configurado (perturbado), produciéndose la refracción de la luz. Y si la materia se mueve, la configuración del éter que producen los tones de la materia también se mueve. De ahí, que Fizeau demostrase con su experimento de la velocidad de la luz atravesando agua en movimiento, que aquélla es variable en función de la materia que atraviesa y de la velocidad que lleva.

Además planteábamos que todos los tones giran alrededor de un diámetro produciendo una nueva perturbación del éter; la rotación implica un momento angular intrínseco constante **S** respecto de su centro de masas que se denomina momento angular de spin **S**. El éter debe tener una cierta viscosidad por lo que la rotación de los tones estira y tensa su éter circundante, propagándose este comportamiento a la velocidad de la luz. De ahí que pudiésemos interpretar el concepto de campo magnético como una medida del estiramiento y tensado del éter (ley de Biot-Savart). Así, este estiramiento y tensado del éter también nos llevó a interpretar el desplazamiento de los tones con velocidad (fuerza magnética de Lorentz)

Añadiendo las dos hipótesis siguientes:

1ª) Un negatón B no-ligado con otros tones y con velocidad v, perfora el éter girando a izquierdas. Su vector **S** tiene la misma dirección, pero el sentido es contrario a su trayectoria,

2ª) Un positón A no-ligado con otros tones y con velocidad v, perfora el éter girando a derechas. Su vector **S** tiene la dirección y el sentido de su trayectoria,

generalizamos la ley de Biot y Savart en la forma:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ev}{\vec{r}^3} \hat{s} \wedge \vec{r} \qquad (1)$$

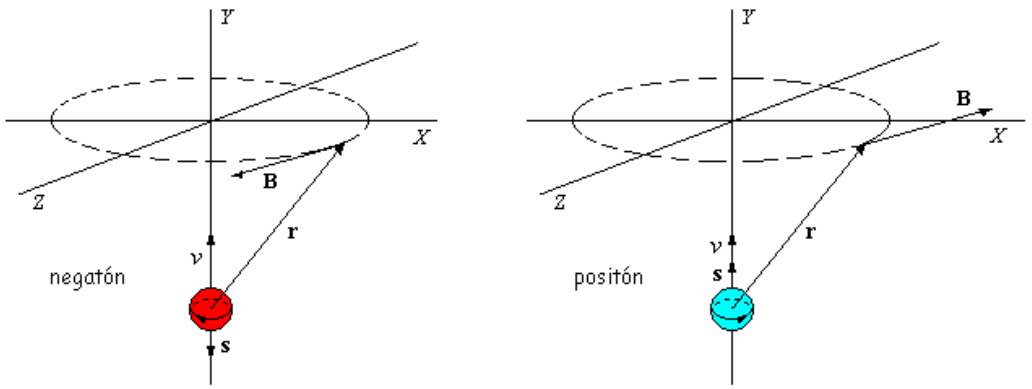


Figura 1. - Ley de Biot y Savart

donde el vector campo magnético **B** producido era la magnitud que nos determinaba las características del éter, estirado, tensado y direccionado por el ton en un punto del espacio situado a una distancia **r** vector, que lleva una velocidad v y donde la dirección y el sentido del vector **S** está representado por el vector unitario $\hat{s}$.

Y para la fuerza magnética de Lorentz decíamos:

Un ton con velocidad v en un éter uniforme estirado, tensado y direccionado **B** estará sometido a una fuerza **F** cuyo valor es:

$$\vec{F} = e v \, \hat{s} \wedge \vec{B} \qquad (2)$$

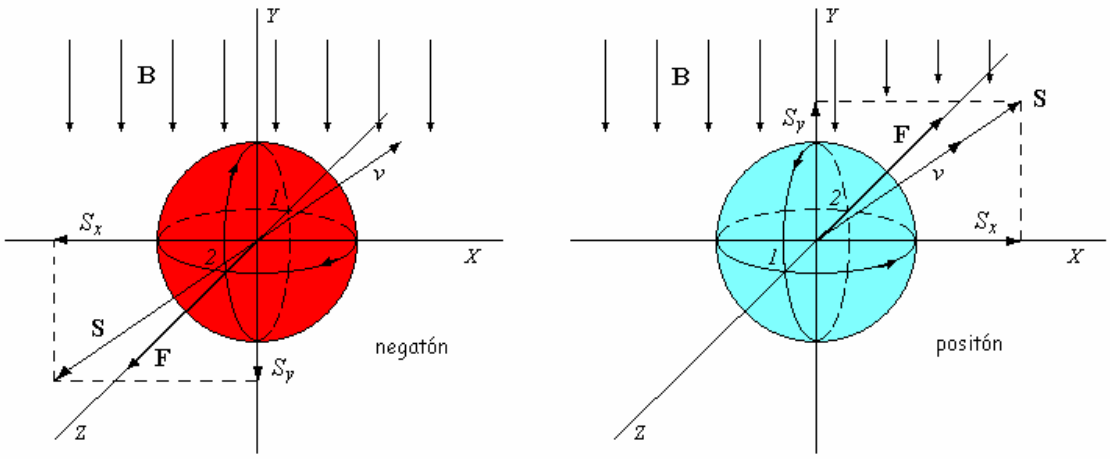


Figura 2. - Fuerza magnética de Lorentz

El por qué de esta relación era la siguiente: Según la figura adjunta, el vector **S** del ton siempre lo podemos descomponer en el plano que determinan **S** y **B** en dos componentes; $\mathbf{S_y}$ paralela al campo **B** y otra $\mathbf{S_x}$ perpendicular. La componente $\mathbf{S_y}$ estira y tensa perpendicularmente el éter **B** por igual en todas las direcciones, hay equilibrio. Sin embargo, la componente perpendicular $\mathbf{S_x}$ estira y tensa más al éter en la dirección y sentido de **B**. La membrana, en su rotación, estira y tensa más al éter **B** en la cara que rota en la dirección y sentido de **B** (lado 1 del ton), mientras que en el lado opuesto (2) el éter **B** se destensa. De ahí, que el éter más tensado en una cara que en la otra produzca una fuerza **F** que medimos mediante la relación (2). Los tones se autopropulsan en esta anisotropía del éter produciendo la fuerza magnética de Lorentz **F** (2).

Aunque no lo hayamos explicitado hasta ahora, los tones tienen un momento magnético de spin $\vec{\mu}_S$ que lleva la misma dirección y sentido del vector **S**. De ahí, que tengamos que modificar el momento magnético $\vec{\mu}_L$ que produce un ton con velocidad $\vec{v}$ en una trayectoria circular cuyo momento angular orbital es $\vec{L}$ de la forma siguiente:

$$\vec{\mu}_L = \frac{e \cdot \vec{L}}{2 \cdot m} \cdot (\hat{s} \cdot \hat{v}) \qquad (3)$$

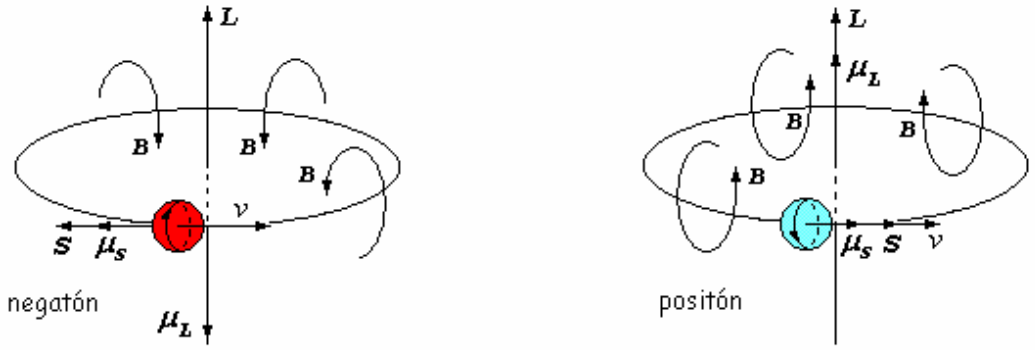


Figura 3. - Momento magnético de una espira

donde el factor $(\hat{s} \cdot \hat{v})$ es el producto escalar de los vectores unitarios del vector $\vec{S}$ y de la velocidad $\vec{v}$.

El negatón, con su rotación y según (1), tensa el éter del interior de la trayectoria hacia abajo produciendo en la espira un momento magnético $\vec{\mu}_L$ negativo. Y es conforme a la expresión (3)

$$\vec{\mu}_L = \frac{e \cdot \vec{L}}{2 \cdot m} \cdot (\hat{s} \cdot \hat{v}) = \frac{e \cdot \vec{L}}{2 \cdot m} \cdot 1 \cdot 1 \cdot Cos(180^{\circ}) = -\frac{e \cdot \vec{L}}{2 \cdot m} \qquad (4)$$

ya que el ángulo que forman los vectores $\vec{S}$ y $\vec{v}$ es de 180°.

En el caso del positón, el ángulo que forman los vectores $\vec{S}$ y $\vec{v}$ es de 0°, por lo que el momento magnético $\vec{\mu}_L$ es positivo. La rotación del positón tensa el éter del interior de la trayectoria hacia arriba produciendo en la espira un momento magnético $\vec{\mu}_L$ positivo.

Veremos más adelante, en la construcción de partículas, la utilidad del factor $(\hat{s} \cdot \hat{v})$ cuando los tones están forzados por los campos magnéticos (éter tensado) a que los vectores $\vec{S}$ y $\vec{v}$ formen entre sí un ángulo determinado.

2. Modificaciones introducidas en Aspin Bubbles[1]

Aunque no sea de hecho una modificación propiamente dicha, el factor Aspin, causante de la asimetría de las fuerzas entre tones para obtener la gravedad, se puede simplificar y se obtiene lo siguiente:

$$Aspín_i = \sqrt{1 + 2H_i + \delta_i 2\sqrt{H_i(H_i+1)}} = \sqrt{1+H_i} + \delta_i\sqrt{H_i} \qquad (4^*)$$

Habíamos calculado que una esfera hueca en rotación de radio r con momento angular de spin $\vec{S}$ constante, y con una carga unitaria e distribuída uniformemente a lo largo de toda su superficie, producía el siguiente momento magnético de spin $\vec{\mu}_S$:

$$\vec{\mu}_S = \frac{e \cdot \overrightarrow{\omega_S} \cdot r^2}{3} \qquad (5)$$

en donde $\overrightarrow{\omega_S}$ era la velocidad angular de rotación.

Los tones son esferas huecas pulsantes en donde el radio r de la membrana obedece a la siguiente expresión:

$$r = r(\omega t) = \left(r_0 + A_0 \sin[\omega t]\right)^x \qquad (6)$$

y teniendo en cuenta que:

$$\vec{S} = I \cdot \overrightarrow{\omega_S} \qquad \text{e} \qquad I = \frac{2}{3} \cdot M \cdot r^2 \qquad (7)$$

donde I es el momento de inercia de la membrana del ton, sustituyendo en (5) obtenemos que el momento magnético de spin es:

$$\vec{\mu}_S = \frac{e \cdot \overrightarrow{\omega_S} \cdot r^2}{3} = \frac{e \cdot \vec{S}}{2 \cdot M} \qquad (8)$$

siendo M la masa pasiva de cualquier ton que es la cantidad de masa que tiene la membrana.

Hemos encontrado que el valor absoluto del momento magnético de spin $\vec{\mu}_S$ de cualquier ton con masa m es:

$$\vec{\mu}_S = \frac{g_{AB}}{2} \cdot \frac{e \cdot \vec{S}}{m} \qquad (9)$$

donde g_{AB} es un nuevo coeficiente giromagnético cuyo valor es:

$$g_{AB} = 1{,}009640492374899.... \qquad (10)$$

Igualando las expresiones (8) y (9), obtenemos la relación definitiva existente entre la masa activa m de un ton que medimos y la masa pasiva M de su membrana, y es:

$$m = g_{AB} \cdot M \qquad (11)$$

(en Aspin Bubbles[1], habíamos dicho que la relación era 2).

Veremos posteriormente el papel esencial de este coeficiente en la construcción del protón y de cualquier partícula formada por tones, y la forma de obtenerlo. El protón es la partícula base de toda la materia.

En un próximo artículo demostraremos que se pueden obtener las fórmulas (distancia, velocidad y aceleración) de la relatividad de Einstein haciendo un pequeño cambio en la interacción mecánica onda-ton cuando el ton lleva velocidad. También veremos la estructura del fotón y el efecto Compton. Estos tres hechos han implicado unas modificaciones importantes en las hipótesis (22) y (23) de Aspin Bubbles[1] que mejora notablemente el resultado del tamaño de las partículas. Son las siguientes:

1ª) La masa m de un ton no varía con la velocidad, pero si le aumentamos su velocidad en un acelerador de partículas, su energía interna aumenta por un factor de excitación τ, es decir:

$$E_i = \tau \cdot m \cdot c^2 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot \nu = \frac{1}{2} \cdot \hbar \cdot \omega \qquad (12)$$

2ª) y esta energía interna E_i es la energía cinética T máxima de la membrana cuando esta está en su posición de equilibrio R_1 y su velocidad v es máxima (v_M)

$$T(R_1) = E_i = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v_M{}^2 \qquad (13)$$

Si $\tau = 1$, obtenemos la ecuación de Einstein $E_i = m \cdot c^2$, sólo válida para partículas en reposo o con velocidad que no hayan sido excitadas según Aspin Bubbles.

Las ecuaciones (11), (12) y (13) implican que el radio definitivo de la posición de equilibrio de la membrana de un ton i es:

$$R_{i1} = \frac{\hbar}{m_i \cdot c} \cdot \sqrt{\frac{g_{AB}}{2 \cdot \tau_i}} \cdot Aspin_i \qquad (14)$$

que sustituye a la condición de contorno (30) de Aspin Bubbles[1].

Finalmente, para poder calcular correctamente y numéricamente los parámetros $\{r_0, A_0, x\}$ de la ecuación de movimiento de la membrana (6) del ton que nos determina sus dimensiones, es necesario modificar la condición de contorno (25) de Aspin Bubbles[1] sustituyendo simplemente el radio medio R_i por el radio de la posición de equilibrio R_1.

Con estas modificaciones, la interacción mecánica $F_{ij}(d)$ de la onda anarmónica i sobre el ton j o dicho de otro modo, la fuerza eléctrica $F_{ij}(d)$ que ejerce el ton i sobre el ton j separados por una distancia d es:

$$F_{ij}(d) = \delta_i \sqrt{\frac{\tau_i}{\tau_j}}\, m_i\, a_j \frac{R_{i1}\, R_{j1}}{d^2 - R_{j1}^2} = \delta_i\, \delta_j \frac{Aspin_i}{Aspin_j} \frac{k\, e^2}{d^2 - R_{j1}^2} \qquad (15)$$

donde la carga unitaria e es simplemente una constante positiva que vale:

$$e = R_{i1} \sqrt{\frac{\delta_i\, m_i\, a_i}{k}} \qquad (16)$$

3. El protón

El protón tiene tres tones, dos positones A en órbita alrededor de un negatón B. Las masas m_A de los positones son iguales. La masa m_B del negatón es distinta. Como consecuencia de ello, los positones tienen la misma frecuencia de pulsación y están en fase, y el negatón tiene otra frecuencia (ver 12). Una vista del protón en diferentes momentos especiales visto desde la parte superior sería la siguiente:

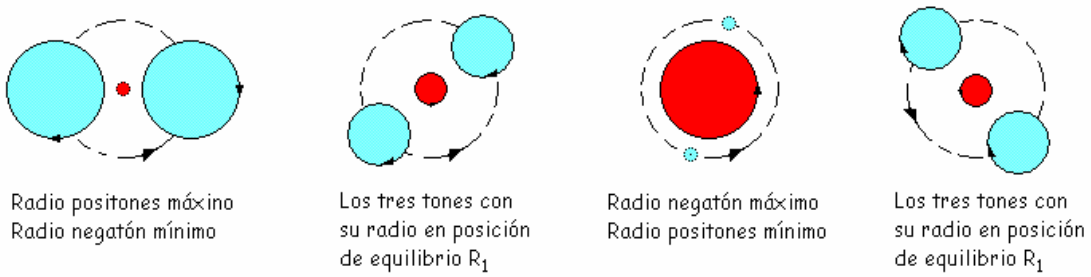


Figura 4. - Secuencia del protón

En esta secuencia de momentos del protón, el tamaño de los tones así como su radio orbital no están a escala. Veremos posteriormente el valor real de sus radios máximos y mínimos, el de su posición de equilibrio R_1 y el de su órbita.

3.1 - Cálculo de las masas

En el decaimiento del neutrón en protón más electrón más antineutrino

$$n = p + e + \overline{\nu}_e \tag{17}$$

consideramos que el neutrón y el antineutrino, por ser partículas neutras, tienen la misma cantidad de masa positónica que negatónica. Aplicando la ley de conservación de masas obtenemos:

para la masa positónica A $\rightarrow$ $$\frac{m_n}{2} = 2 \cdot m_A + \frac{m_\nu}{2} \tag{18}$$

y para la masa negatónica B $\rightarrow$ $$\frac{m_n}{2} = m_B + m_e + \frac{m_\nu}{2} \tag{19}$$

restando ambas ecuaciones $\Rightarrow$ $$0 = 2 \cdot m_A - m_B - m_e \tag{20}$$

y teniendo en cuenta la estructura definida para el protón, tenemos que su masa es:

$$m_p = 2 \cdot m_A + m_B \tag{21}$$

por lo que resolviendo el sistema de ecuaciones (20) y (21) se obtiene finalmente que:

la masa de los positones es $\rightarrow$ $$m_A = \frac{m_p + m_e}{4} \tag{22}$$

y la del negatón $\rightarrow$ $$m_B = \frac{m_p - m_e}{2} \tag{23}$$

Fijémonos que la masa m_B del negatón es casi dos veces la masa m_A de los positones

$$\frac{m_B}{m_A} = 2 \cdot \frac{m_p - m_e}{m_p + m_e} \cong 2 \tag{24}$$

3.2 - Fuerzas de ligadura

Esquemáticamente, las fuerzas que existen en la estructura del protón son las representadas en la siguiente figura.

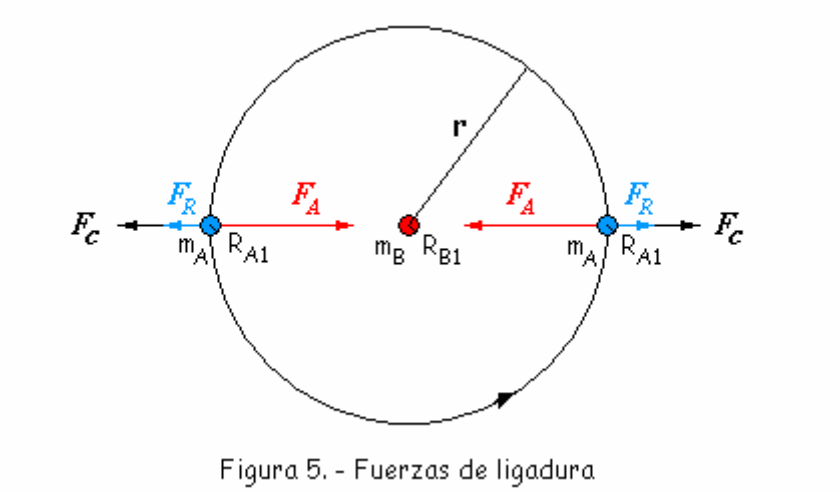


Figura 5. - Fuerzas de ligadura

Aplicando la interacción mecánica onda-ton (15) tenemos:

.- La fuerza de atracción que el negatón B ejerce sobre los positones A

$$F_A = F_{BA} = \delta_B \cdot \delta_A \cdot \frac{Aspin_B}{Aspin_A} \cdot \frac{k \cdot e^2}{r^2 - R_{A1}^2} = -\frac{Aspin_B}{Aspin_A} \cdot \frac{k \cdot e^2}{(x^2 - 1) \cdot R_{A1}^2} \qquad (25)$$

donde hacemos el cambio de variable $x = r / R_{A1}$

.- La fuerza de repulsión que ejercen entre sí los positones A

$$F_R = F_{AA} = \delta_A \cdot \delta_A \cdot \frac{Aspín_A}{Aspín_A} \cdot \frac{k \cdot e^2}{(2r)^2 - R_{A1}^2} = \frac{k \cdot e^2}{(4x^2 - 1) \cdot R_{A1}^2} \qquad (26)$$

.- La fuerza centrífuga debido al movimiento orbital de los positones

$$F_C = \frac{L^2}{m_A \cdot r^3} = \frac{n^2 \cdot \hbar^2}{m_A \cdot r^3} \qquad (27)$$

considerando que los positones tienen un momento angular orbital en valor absoluto $L = n \cdot \hbar$, donde n es un número a calcular.

En todo momento se cumple que $-F_A = F_R + F_C$, simplificando obtenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{Aspín_B}{Aspín_A} \cdot x^3 \cdot (4x^2 - 1) - x^3 \cdot (x^2 - 1) - \alpha_0 \cdot (x^2 - 1) \cdot (4x^2 - 1) = 0 \qquad (28)$$

donde $\alpha_0 = \dfrac{n^2 \cdot \hbar^2}{m_A \cdot R_{A1} \cdot k \cdot e^2}$. En esta ecuación nuestras incógnitas son x y n.

3.3 - Orientación de los momentos angulares S

En la construcción del protón tenemos que conseguir que los campos magnéticos que producen los tones tengan la misma dirección que sus momentos angulares de spin, es decir, momentos y campos tienen que estar alineados. Aplicando la Ley generalizada de Biot y Savart (1) hemos obtenido lo siguiente:

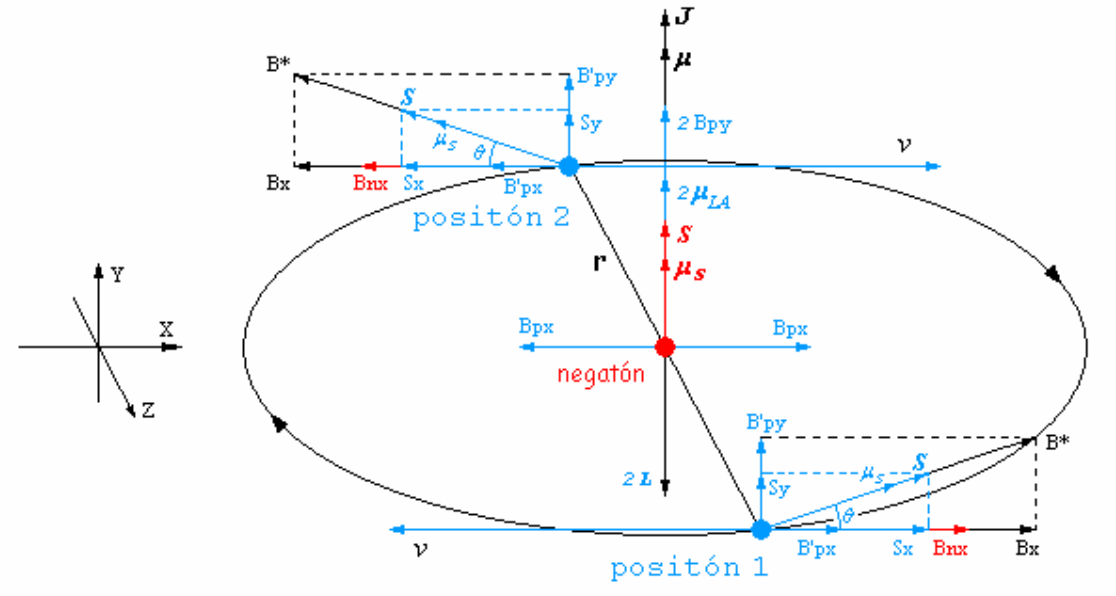


Figura 6. Alineación de campos B con los momentos angulares S en el protón

.- Los momentos angulares de spin **S** de los positones 1 y 2 están inclinados hacia arriba respecto de su órbita formando un ángulo θ con la dirección de sus velocidades v.

.- Descomponemos el vector **S** de los positones en sus componentes $\overrightarrow{S_x}$ y $\overrightarrow{S_y}$.

.- Las componentes de rotación $\overrightarrow{S_x}$ de los positones 1 y 2 producen en el negatón campos magnéticos iguales hacia arriba cuyo módulo es

$$\mathrm{B_{py}} = \left| \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ev}{\vec{r}^3} \widehat{s_x} \wedge \vec{r} \right| = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ev}{r^2} Cos(\theta)\ Sen(90^o) = \frac{A}{r^2} Cos(\theta) \qquad (29)$$

siendo el vector unitario $\widehat{s_x} = \hat{s} \cdot Cos(\theta)$ y denotando $A = \dfrac{\mu_0 ev}{4\pi}$ (30)

.- La componente de rotación $\overrightarrow{S_x}$ del positón 1 produce en el positón 2 un campo magnético hacia arriba cuyo valor es

$$\mathrm{B'_{py}} = \frac{A}{4r^2} Cos(\theta) \qquad \text{al ser su distancia entre ellos } 2r \qquad (31)$$

.- La componente de rotación $\overrightarrow{S_x}$ del positón 2 produce en el positón 1 el mismo campo magnético.

.- Las componentes de rotación $\overrightarrow{S_y}$ de los positones producen en el negatón campos magnéticos opuestos cuyos valores son

$$\mathrm{B}_{\mathrm{p}x} = \left| \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ev}{\vec{\mathrm{r}}^3} \widehat{s_y} \wedge \vec{\mathrm{r}} \right| = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ev}{r^2} Sen(\theta)\ Sen(90^{\circ}) = \frac{A}{r^2} Sen(\theta) \qquad (32)$$

siendo el vector unitario $\widehat{s_y} = \hat{s} \cdot Sen(\theta)$

.- Las componentes de rotación $\overrightarrow{S_y}$ de los positones producen en sus positones opuestos campos cuyos valores son

$$\mathrm{B'}_{\mathrm{p}x} = \frac{A}{4r^2} Sen(\theta) \qquad \text{al ser su distancia entre ellos } 2r \qquad (33)$$

.- Por último, la rotación del negatón, vector **S**, produce en los positones campos cuyos valores son $\mathrm{B}_{\mathrm{nx}} = \frac{A}{r^2}$. (34)

De todo esto, si nos fijamos, los campos B_{nx} y $\mathrm{B'}_{\mathrm{p}x}$ tienen la misma dirección y sentido, por lo que los positones sufrirán un campo resultante

$$\mathrm{B}_{\mathrm{x}} = \mathrm{B}_{\mathrm{nx}} + \mathrm{B'}_{\mathrm{px}} = \frac{A}{r^2} + \frac{A}{4r^2} Sen(\theta) \qquad (35)$$

y la suma vectorial de los campos B_{x} y $\mathrm{B'}_{\mathrm{py}}$ nos dan vectores campo B^* que están alineados con los vectores **S** de los positones tal como queríamos en un principio. En los positones, el campo B^* penetra siempre por la base del vector **S**. De esta forma el protón queda completamente estabilizado.

Ahora ya podemos hallar el valor del ángulo θ, el cual, cumple con la relación:

$$\tan(\theta) = \frac{\mathrm{B'}_{\mathrm{py}}}{\mathrm{B}_{\mathrm{x}}} = \frac{\frac{A}{4r^2} Cos(\theta)}{\frac{A}{r^2} + \frac{A}{4r^2} Sen(\theta)} = \frac{Cos(\theta)}{4 + Sen(\theta)} \qquad (36)$$

Resolviendo esta ecuación obtenemos que:

$$Sen(\theta) = -1 + \frac{\sqrt{6}}{2}\ , \ \text{luego} \quad \theta = 12{,}9878...^{\circ} \qquad (37)$$

3.4 - Momentos angulares y magnéticos totales

De la figura 6 del protón, obtenemos la ecuación siguiente para los momentos angulares:

$$\vec{J} = 2\vec{L} + \vec{S} + 2\vec{S} \cdot Sen(\theta) \qquad (38)$$

Considerando que el momento angular total $\vec{J}$ del protón es igual al de los tones y que su valor es

$$\left|\vec{J}\right| = \left|\vec{S}\right| = \alpha \cdot \hbar \qquad (39)$$

obtenemos de (38) que el momento angular orbital de los positones es

$$L = -S \cdot Sen(\theta) \tag{40}$$

y teniendo en cuenta (27) y (39), el valor numérico de n vale

$$n = -\alpha \cdot Sen(\theta) \tag{41}$$

Es interesante observar que los valores de L y n son negativos, esto implica que los positones giran en su órbita al revés, tal como se indica con la velocidad v en la figura 6.

Para los momentos magnéticos obtenemos la siguiente ecuación:

$$\vec{\mu} = \overrightarrow{\mu_{SB}} + 2 \cdot \overrightarrow{\mu_{SA}} \cdot Sen(\theta) + 2 \cdot \overrightarrow{\mu_{LA}} \tag{42}$$

donde $\vec{\mu}$ es el momento magnético total del protón. Desarrollemos estos términos:

.- el valor del momento magnético de spin del negatón según (9) es

$$\mu_{SB} = \left|\overrightarrow{\mu_{SB}}\right| = \frac{g_{AB}}{2} \cdot \frac{e \cdot S}{m_B} \tag{43}$$

.- el valor del momento magnético de spin de los positones es

$$\mu_{SA} = \left|\overrightarrow{\mu_{SA}}\right| = \frac{g_{AB}}{2} \cdot \frac{e \cdot S}{m_A} \tag{44}$$

.- y el valor del momento magnético que producen los positones en la espira según (3) es

$$\mu_{LA} = \left|\overrightarrow{\mu_{LA}}\right| = \left|\frac{e \cdot \vec{L}}{2 \cdot m_A} \cdot (\hat{s} \cdot \hat{v})\right| = \frac{e \cdot L}{2 \cdot m_A} \cdot Cos(180^{\circ} - \theta) = -\frac{e \cdot L}{2 \cdot m_A} \cdot Cos(\theta) \tag{45}$$

Fijémonos en que este valor es positivo ya que el momento angular orbital L es negativo.

Consecuentemente, el valor del momento magnético total del protón según la ecuación (42) vale

$$\mu = \left|\vec{\mu}\right| = \frac{g_{AB}}{2} \cdot \frac{e \cdot S}{m_B} + g_{AB} \cdot \frac{e \cdot S}{m_A} \cdot Sen(\theta) - \frac{e \cdot L}{m_A} \cdot Cos(\theta) \tag{46}$$

y según (39) y (40), podemos además, poner dicho momento en función de J de la forma

$$\mu = \frac{g_{AB}}{2} \cdot \frac{e \cdot S}{m_B} + g_{AB} \cdot \frac{e \cdot S}{m_A} \cdot Sen(\theta) + \frac{e \cdot S \cdot Sen(\theta)}{m_A} \cdot Cos(\theta) =$$

$$= \left[g_{AB} \cdot \frac{m_A + 2 \cdot m_A \cdot Sen(\theta)}{2 \cdot m_A \cdot m_B} + \frac{Sen(\theta) \cdot Cos(\theta)}{m_A} \right] \cdot e \cdot S = \gamma \cdot J \tag{47}$$

donde $\gamma = \left[g_{AB} \cdot \frac{m_A + 2 \cdot m_A \cdot Sen(\theta)}{2 \cdot m_A \cdot m_B} + \frac{Sen(\theta) \cdot Cos(\theta)}{m_A} \right] \cdot e = \frac{\mu}{J}$ (48)

3.5 - Frecuencia de precesión de Larmor

Si a este protón lo sometemos a un campo magnético $\vec{B}$ exterior, su momento magnético $\vec{\mu}$ precesa alrededor del campo $\vec{B}$ de forma análoga a la precesión de una peonza alrededor del campo de gravedad.

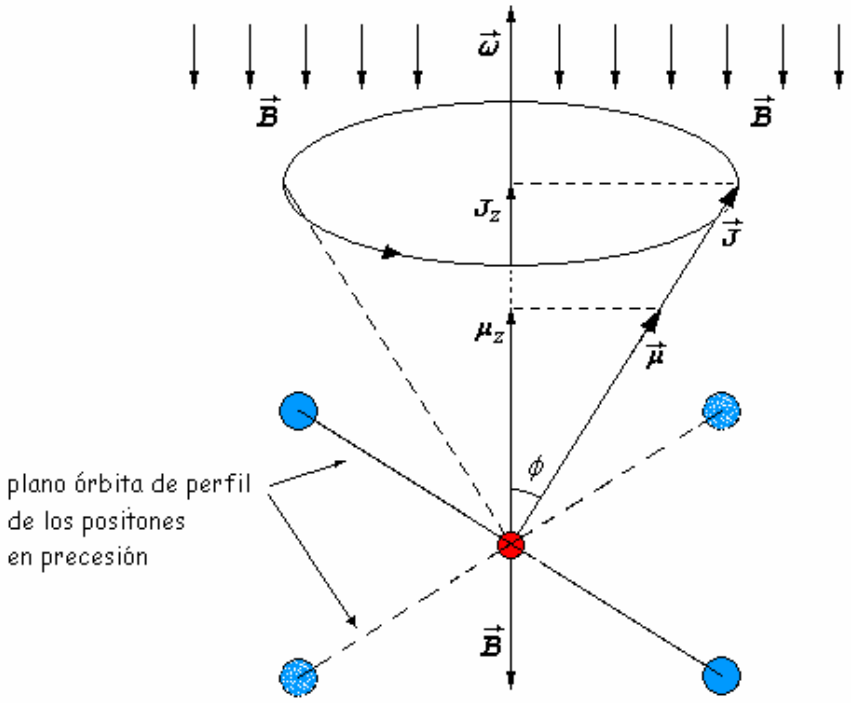


Figura 7.- Precesión de la órbita del protón

Según la figura 7, la órbita del protón experimenta un momento $\vec{N}$ que tiende a alinear el momento magnético $\vec{\mu}$ con el campo magnético $\vec{B}$, dicho momento es:

$$\vec{N} = \vec{\mu} \wedge \vec{B} = \gamma \cdot \vec{J} \wedge \vec{B} \qquad (49)$$

lo que hace que $\vec{\mu}$ y $\vec{J}$ precesen en torno a la dirección de $\vec{B}$, con una velocidad angular $\vec{\omega}$ que podemos calcular a partir del teorema del momento angular: $\vec{N} = \frac{d}{dt}\vec{J}$. En efecto, por tener el vector $\vec{J}$ el origen fijo en el centro de la órbita (en el negatón), $\frac{d}{dt}\vec{J}$ es la velocidad del extremo de $\vec{J}$, es decir: $\frac{d}{dt}\vec{J} = \vec{\omega} \wedge \vec{J}$, lo que junto con (49) conduce a:

$$\vec{\omega} \wedge \vec{J} = \gamma \cdot \vec{J} \wedge \vec{B} \qquad \Rightarrow \qquad (\vec{\omega} + \gamma \cdot \vec{B}) \wedge \vec{J} = 0 \qquad (50)$$

y por ser el vector $\vec{J} \neq 0$, obtenemos finalmente que la frecuencia angular de precesión de Larmor es:

$$\vec{\omega} = -\gamma \cdot \vec{B} \qquad (51)$$

que hace que el plano de la órbita cambie como se muestra en la figura 7.

En la figura vemos que $\vec{\omega}$ y $\vec{B}$ llevan direcciones opuestas, luego el valor de la frecuencia angular de precesión de Larmor será

$$\omega = \gamma \cdot B \tag{52}$$

además, se cumplen las siguientes igualdades:

$$J_Z = J \cdot Cos[\phi] \tag{53}$$

$$\mu_Z = \mu \cdot Cos[\phi] \tag{54}$$

luego dividiendo ambas, obtenemos que:

$$\frac{J_Z}{\mu_Z} = \frac{J}{\mu} \tag{55}$$

Finalmente, de (47) y (55) obtenemos que

$$\omega = \gamma \cdot B = \frac{\mu}{J} \cdot B = \frac{\mu_z}{J_z} \cdot B \tag{56}$$

y de (53) y (54) podemos saber el ángulo ϕ de precesión

$$\phi = ArcCos\left[\frac{J_Z}{J}\right] = ArcCos\left[\frac{\mu_Z}{\mu}\right] \tag{57}$$

Por otra parte, la experimentación en resonancia magnética nuclear nos enseña que la frecuencia angular de precesión de Larmor del protón es

$$\omega = \frac{2 \cdot \mu_p}{\hbar} \cdot B = \frac{2 \cdot \mu_o \cdot \mu_N}{\hbar} \cdot B = \frac{\mu_o \cdot e}{m_p} \cdot B \tag{58}$$

donde $\mu_p = \mu_o \cdot \mu_N$ es el momento magnético del protón y $\mu_N = \frac{e \cdot \hbar}{2 \cdot m_p}$, el magnetón nuclear. Conocido ω, de (58) obtenemos el valor del coeficiente μ_o que vale

$$\mu_o = \frac{\omega \cdot m_p}{e \cdot B} = 2.792847356..... \tag{59}$$

y de aquí, el valor del momento magnético del protón $\mu_p = \mu_o \cdot \mu_N$.

Igualando las dos frecuencias de Larmor (52) y (58), y teniendo en cuenta el valor obtenido de γ en (48), tenemos que

$$\left[g_{AB} \cdot \frac{m_A + 2 \cdot m_A \cdot Sen(\theta)}{2 \cdot m_A \cdot m_B} + \frac{Sen(\theta) \cdot Cos(\theta)}{m_A} \right] \cdot e \cdot B = \frac{\mu_o}{m_p} \cdot e \cdot B \tag{60}$$

luego

$$g_{AB} \cdot \frac{m_A + 2 \cdot m_A \cdot Sen(\theta)}{2 \cdot m_A \cdot m_B} + \frac{Sen(\theta) \cdot Cos(\theta)}{m_A} = \frac{\mu_o}{m_p} \tag{61}$$

y despejando g_{AB} se obtiene que

$$g_{AB} = \frac{2 \cdot m_B \cdot \left(\mu_o \cdot m_A - m_p \cdot Sen(\theta) \cdot Cos(\theta)\right)}{m_p \cdot \left(m_A + 2 \cdot m_B \cdot Sen(\theta)\right)} = 1,009640492374899.... \tag{62}$$

Si nos fijamos, este valor obtenido para g_{AB} que nos liga la relación existente entre masa activa y masa pasiva según (11), solo depende de las masas de los tones, de la orientación de los momentos angulares de spin **S** de los positones (ángulo θ) y del coeficiente μ_o, y no depende para nada del valor numérico α que todavía desconocemos para poder calcular los valores de los momentos S, J y L.

DE (56) y (58) obtenemos la relación siguiente

$$\omega = \gamma \cdot B = \frac{\mu}{J} \cdot B = \frac{\mu_Z}{J_Z} \cdot B = \frac{2 \cdot \mu_p}{\hbar} \cdot B = \frac{\mu_p}{\hbar / 2} \cdot B \qquad (63)$$

y nos podemos preguntar si el momento magnético calculado μ_p del protón es realmente el momento μ o es su componente μ_Z. La interpretación de Aspin Bubbles es la segunda opción, es decir, $\mu_Z = \mu_p$ y consecuentemente $J_Z = \hbar / 2$. Lo constataremos a continuación en la resolución.

Normalmente, la frecuencia de precesión de Larmor se mide en *Hz* y se denomina por ω_P, por lo que ésta toma la forma:

$$\omega_P = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{\mu_Z}{\pi \cdot \hbar} \cdot B = \frac{\mu_p}{\pi \cdot \hbar} \cdot B \qquad (64)$$

3.6 - Resolución

Sabemos que el protón es muy estable, por lo que debe existir una ligadura muy fuerte entre tones. Para ello hemos buscado numéricamente el valor α tal que su radio orbital sea mínimo. Le llamaremos "α límite", veremos a continuación la razón de ello. Esto se consigue cuando el cociente

$$\frac{r}{R_{MA} + R_{MB}} \cong 1 \qquad (65)$$

es decir, cuando los tamaños del positón y del negatón son máximos, y caben como mínimo en el diámetro orbital. Hay que tener en cuenta que este hecho ocurre cada cierto tiempo porque las frecuencias de pulsación de los tones son distintas.

El proceso es el siguiente: se da un valor a α, lo que implica un valor directo de n según (41) y se resuelve numéricamente la ecuación (28), que nos da el valor de la incógnita x. Con estos datos, a continuación se calcula todo lo demás. Los resultados son los siguientes:

$\alpha = 0,51714564051....$ "α límite"

$n = -0,1162258304671.....$

$x = 3,0030120231661....$

$r = x \cdot R_{A1} = 1,79393481341941.... \cdot 10^{-15}$ m ya que $x = r / R_{A1}$

lo que implica que la relación (65) toma un valor muy cercano a la unidad:

$$\frac{r}{R_{MA} + R_{MB}} = 1,000000000001123..... \qquad (66)$$

No es necesario obtener más decimales. Con esto, utilizando (25), la fuerza de ligadura es:

$$F_{LIG} = F_A = 80,62923351823.... \text{ N} \qquad (67)$$

De (63) y (39), si $\mu = \mu_p$ tendríamos:

$$\omega = \gamma \cdot B = \frac{\mu}{J} \cdot B = \frac{2 \cdot \mu_p}{\hbar} \cdot B = \frac{\mu_p}{\hbar / 2} \cdot B \quad \Rightarrow \quad J = \hbar / 2 = \alpha \cdot \hbar \quad \Rightarrow \quad \alpha = 1/2$$

Este valor de α no es posible porque $\frac{r}{R_{MA} + R_{MB}} < 1$ y, por lo tanto, los positones no podrían orbitar alrededor del negatón. Además, por (63), tendríamos que $J = J_Z$ y por (57), $\phi = 0$. Consecuentemente, no tendríamos precesión.

La mecánica cuántica nos dice que la magnitud de un momento angular de spin $\vec{S}$ y número cuántico $s = 1/2$ es $S = \sqrt{s \cdot (s+1)} \cdot \hbar = \sqrt{3} \cdot \hbar / 2$. Y según (39), $J = S = \alpha \cdot \hbar$, luego el valor de α debería ser $\alpha = \sqrt{3} / 2$

Los tamaños de los tones no cambian con α, no dependen del valor que le demos a α. Cualquier valor comprendido entre "α límite" y el que nos propone la mecánica cuántica podría ser correcto. Veamos las diferencias más notables en la siguiente tabla I.

	"α límite"	$\alpha = \sqrt{3} / 2$
α	$0,51714564051....$	$0,8660254037.....$
$n = -\alpha \cdot Sen(\theta)$	$-0,1162258304671.....$	$-0,1946347679953....$
$x = r / R_{A1}$	$3,0030120231661....$	$9,6103866927699....$
radio r órbita en m	$1,79393481341941.... \cdot 10^{-15}$	$5,7410383726687... \cdot 10^{-15}$
$\frac{r}{R_{MA} + R_{MB}}$	$1,000000000001123.....$	$3,2002491560617....$
$\frac{\mu}{\mu_N} = 2 \cdot \mu_o \cdot \alpha$	$2,88861766953....$	$4,8373535183....$
$J_Z / \hbar$	$1/2$	$1/2$
$\frac{J}{J_Z} = \frac{\mu}{\mu_Z} = 2 \cdot \alpha$	$1,03429128102$	$\sqrt{3} = 1,7320508075....$
ω_P en *MHz* con $B = 1$ T	$42,57748059....$	$42,57748059....$
ángulo ϕ	$14,795011...º$	$54,735610...º$
Fuerza ligadura en N	$80,62923351823.....$	$7,076346884....$

TABLA I .- Comparaciones de valores α en el protón

Los dos valores obtenidos para $J_Z/\hbar$ y ω_P son iguales, como era de esperar, y no dependen del valor que le demos a α. Los demás valores son distintos. Es difícil hacer un análisis de la tabla sin poner los tamaños de los tones. A continuación, para el valor "α límite", damos dimensiones y características esenciales del protón que cambian para diferentes estados energéticos según el factor de excitación τ que pueden tener los tones (ver 12). Los valores α, n, μ, μ_Z, J, J_Z, ω_P y ϕ son constantes independientemente del valor del factor τ.

factor τ	1	10^3	10^6	10^9
Energía en MeV	$9,382720\cdot10^{2}$	$9,382720\cdot10^{5}$	$9,382720\cdot10^{8}$	$9,382720\cdot10^{11}$
Diámetro del Positón	en metros			
máximo $2\cdot R_{MA}$	$2,39411\cdot10^{-15}$	$7,55676\cdot10^{-17}$	$2,38951\cdot10^{-18}$	$7,55630\cdot10^{-20}$
equilibrio $2\cdot R_{A1}$	$1,19475\cdot10^{-15}$	$3,77815\cdot10^{-17}$	$1,19475\cdot10^{-18}$	$3,77815\cdot10^{-20}$
mínimo $2\cdot R_{mA}$	$2,50091\cdot10^{-20}$	$7,46297\cdot10^{-25}$	$2,35252\cdot10^{-29}$	$7,43835\cdot10^{-34}$
Diámetro del Negatón	en metros			
máximo $2\cdot R_{MB}$	$1,19375\cdot10^{-15}$	$3,78204\cdot10^{-17}$	$1,19605\cdot10^{-18}$	$3,78227\cdot10^{-20}$
equilibrio $2\cdot R_{B1}$	$5,98029\cdot10^{-16}$	$1,89113\cdot10^{-17}$	$5,98029\cdot10^{-19}$	$1,89113\cdot10^{-20}$
mínimo $2\cdot R_{mB}$	$1,10645\cdot10^{-20}$	$3,71081\cdot1^{-25}$	$1,17719\cdot10^{-29}$	$3,72305\cdot10^{-34}$
características que	cambian			
$x=r/R_{A1}$	$3,003012.....$	$109,841219...$	$3473,84387...$	$109852,000...$
Diámetro órbita $2\cdot r$	$3,58786\cdot10^{-15}$	$4,14996\cdot10^{-15}$	$4,15039\cdot10^{-15}$	$4,15039\cdot10^{-15}$
Diámetro $2(r+R_{MA})$	$5,98198\cdot10^{-15}$	$4,22553\cdot10^{-15}$	$4,15278\cdot10^{-15}$	$4,15047\cdot10^{-15}$
(a) $\dfrac{r}{R_{MA}+R_{MB}}$	$1,0000000....$	$36,599701...$	$1157,52671...$	$36604,2351...$
(b) $\dfrac{r}{R_{A1}+R_{B1}}$	$2,001280...$	$73,200887...$	$2315,05491...$	$73208,4718...$
(c) $\dfrac{r}{R_{mA}+R_{mB}}$	$9,94594...\cdot10^{4}$	$3,71402...\cdot10^{9}$	$1,17584...\cdot10^{14}$	$3,7185...\cdot10^{18}$
Fuerza ligadura en N	$80,629233...$	$53,588091...$	$53,572563...$	$53,572547...$

TABLA II .- Resultados del protón para "α límite"

Analizando la tabla II, observamos que los tamaños de los tones para $\tau = 1$ son completamente compatibles con las últimas medidas obtenidas para el protón (diámetro = $1,6836...\cdot 10^{-15}$ m). Posiblemente estemos midiendo realmente el tamaño de los tones ya que conforme el factor τ aumenta observamos lo siguiente:

1.- El tamaño de los tones disminuye y, especialmente, sus diámetros mínimos disminuyen drásticamente, $2\cdot R_{mA} = 7,43835\cdot 10^{-34}$ m y $2\cdot R_{mB} = 3,72305\cdot 10^{-34}$ m para una energía del protón de $9,382720\cdot 10^{11}$ MeV.

2.- El diámetro orbital aumenta ligeramente y tiende a estabilizarse en $4,15039...\cdot 10^{-15}$ m

3.- Como consecuencia de 1 y 2, los tones dejan mucho espacio libre entre ellos, ver relaciones a, b y c. Consecuentemente, se puede decir que el protón está vacío en su interior.

4.- La fuerza de ligadura disminuye ligeramente y se estabiliza en $53,572547...$ N

Para el valor de la mecánica cuántica $\alpha = \sqrt{3}/2$, el diámetro orbital ($2\cdot r = 1,148207...\cdot 10^{-14}$ m) es demasiado grande y la fuerza de ligadura ($7,076346...$N) es muy débil. Posiblemente, el protón, como máquina mecánica, necesita para funcionar alguna pequeña tolerancia en sus dimensiones, y eso lo consigue con un valor α cercano a "α límite" y compatible con una pequeña modificación en la mecánica cuántica. Para ello bastaría definir que la magnitud del momento angular de spin $\vec{S}$ y número cuántico $s = 1/2$ fuese:

$$S = \frac{3}{5}\cdot\sqrt{s\cdot(s+1)}\cdot\hbar = \frac{3}{5}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\hbar = \frac{3\cdot\sqrt{3}}{10}\cdot\hbar = \alpha\cdot\hbar \qquad (68)$$

$$\Rightarrow \quad \alpha = \frac{3\cdot\sqrt{3}}{10} = 0,519615... \text{ y } \frac{\alpha}{\alpha\lim.} = 1,004775... \qquad (69)$$

Para este valor α y $\tau = 1$ obtenemos lo siguiente:

$$n = -0,116780... \qquad (70)$$

$$x = 3,044279... \qquad (71)$$

$$2\cdot r = 2\cdot x\cdot R_{A1} = 3,637173...\cdot 10^{-15} \text{ m} \qquad (72)$$

$$\frac{r}{R_{MA}+R_{MB}} = 1,013741... \qquad (73)$$

$$\phi = 15,793169...^{o} \qquad (74)$$

$$F_{LIG} = F_A = 78,195478.... \text{ N} \qquad (75)$$

Para valores de τ altos, el diámetro orbital se estabiliza en $4,190134\cdot 10^{-15}$ m y la fuerza de ligadura en $52,561317$ N. Como podemos observar, no son cambios notables y, sin embargo, damos continuidad a la mecánica cuántica.

4. - El antiprotón

Para construir el antiprotón basta intercambiar los tones e invertir sus momentos angulares.

Cuando decimos intercambiar los tones significa que dos negatones de masa m_B van a estar en órbita alrededor de un positón de masa m_A, y como hemos hecho en el protón hay que calcular el valor de estas masas.

En el decaimiento del antineutrón en antiprotón más positrón más neutrino

$$\overline{n} = \overline{p} + e^{+} + \nu_e \tag{76}$$

consideramos que el antineutrón y el neutrino, por ser partículas neutras, tienen la misma cantidad de masa positónica que negatónica. Aplicando la ley de conservación de masas obtenemos:

para la masa negatónica B $\rightarrow$ $$\frac{m_{an}}{2} = 2 \cdot m_B + \frac{m_\nu}{2} \tag{77}$$

y para la masa positónica A $\rightarrow$ $$\frac{m_{an}}{2} = m_A + m_{e+} + \frac{m_\nu}{2} \tag{78}$$

restando ambas ecuaciones $\Rightarrow$ $$0 = 2 \cdot m_B - m_A - m_{e+} \tag{79}$$

y teniendo en cuenta la estructura definida para el antiprotón, tenemos que su masa es:

$$m_{ap} = 2 \cdot m_B + m_A \tag{80}$$

por lo que resolviendo el sistema de ecuaciones (79) y (80) se obtiene finalmente que:

la masa de los negatones es $\rightarrow$ $$m_B = \frac{m_{ap} + m_{e+}}{4} = \frac{m_p + m_e}{4} \tag{81}$$

y la del positón $\rightarrow$ $$m_A = \frac{m_{ap} - m_{e+}}{2} = \frac{m_p - m_e}{2} \tag{82}$$

teniendo en cuenta que las masas de partícula y antipartícula son iguales.

Fijémonos que, además, la masa del positón es casi dos veces la masa de los negatones

$$\frac{m_A}{m_B} = 2 \cdot \frac{m_p - m_e}{m_p + m_e} \cong 2 \tag{83}$$

Si comparamos estos resultados con los del protón (22, 23 y 24), vemos que son idénticos salvo que las masas también se han intercambiado.

Conclusión: para construir una antipartícula tenemos que intercambiar positones por negatones, negatones por positones y también intercambiar el valor de sus masas.

Veamos ahora con más detalle la inversión de los momentos angulares o lo que es lo mismo, girar 180° todos los momentos de la partícula.

Veamos primero el caso del electrón y del positrón en la siguiente figura

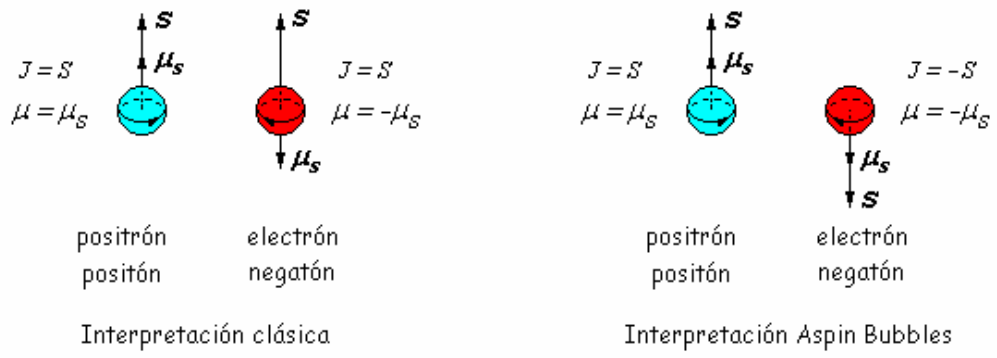


Figura 8. - Momentos del positrón y electrón

En Aspin Bubbles no hay cargas eléctricas ni fuerzas a distancia, todo es mecánica, y según (1), (2) y (3), los momentos angulares y magnéticos del positrón son positivos y los del electrón (antipartícula) son negativos tal como queda reflejado en la figura 8. Esto se puede generalizar de la siguiente manera: si una partícula tiene un momento angular J, su antipartícula tendrá siempre un momento $-J$. Y para los momentos magnéticos tendremos lo mismo: si una partícula tiene un momento magnético μ, su antipartícula tendrá un momento $-\mu$.

Teniendo en cuenta esto, el momento angular del antiprotón será $J = -S$ y su momento magnético total será también negativo.

Por lo tanto, la ecuación para los momentos angulares será

$$J = -S = 2L_B - S_A - 2S_B \cdot Sen(\theta) \qquad (84)$$

y como $S = S_A = S_B = \alpha \cdot \hbar$, tendremos que

$$L_B = S_B \cdot Sen(\theta) = S \cdot Sen(\theta) \quad \text{y} \quad n = \alpha \cdot Sen(\theta) \qquad (85)$$

luego el momento angular orbital es positivo y los negatones giran a derechas, lo contrario del protón.

Para los momentos magnéticos obtendremos la siguiente ecuación:

$$\mu = -\mu_{SA} - 2 \cdot \mu_{SB} \cdot Sen(\theta) + 2 \cdot \mu_{LB} \qquad (86)$$

pero el valor del momento magnético que producen los negatones en la espira según (3) es

$$\mu_{LB} = \frac{e \cdot L_B}{2 \cdot m_B} \cdot (\hat{s} \cdot \hat{v}) = \frac{e \cdot L_B}{2 \cdot m_B} \cdot Cos(180^o - \theta) = -\frac{e \cdot L_B}{2 \cdot m_B} \cdot Cos(\theta) \qquad (87)$$

luego el momento magnético total del antiprotón será

$$\mu = -\frac{g_{AB}}{2} \cdot \frac{e \cdot S}{m_A} - g_{AB} \cdot \frac{e \cdot S}{m_B} \cdot Sen(\theta) - \frac{e \cdot L_B}{m_B} \cdot Cos(\theta) \qquad (88)$$

valor idéntico al del protón pero negativo.

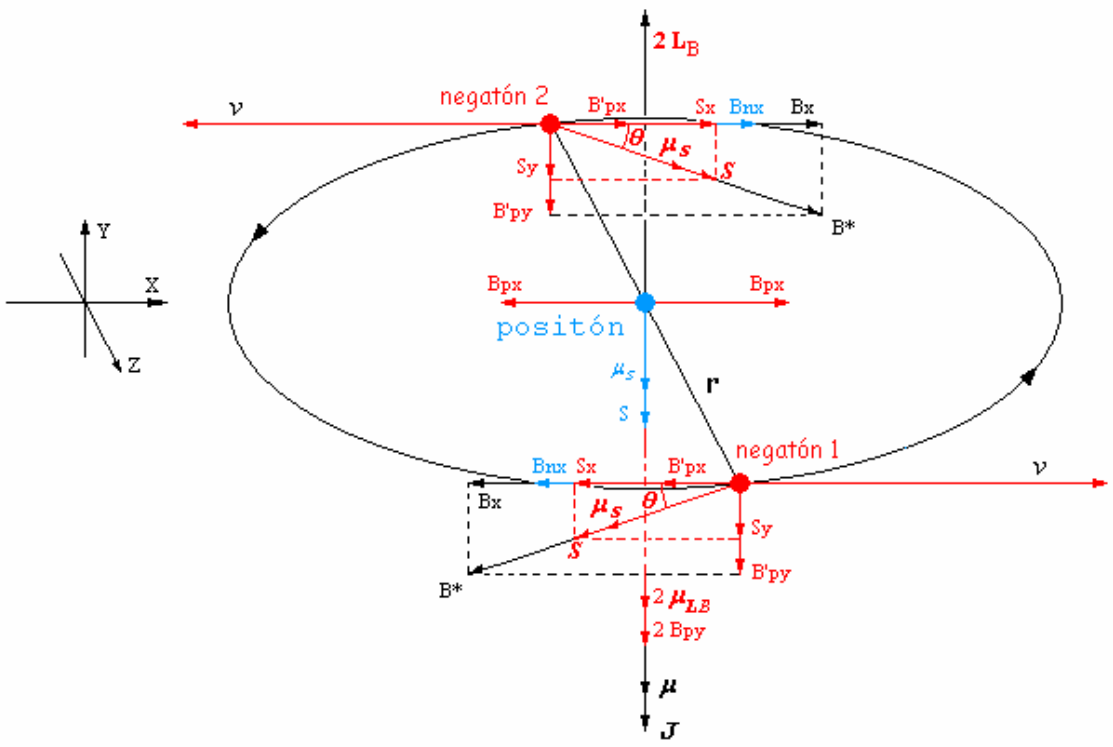


Figura 9. Alineación de campos B con los momentos angulares S en el antiprotón

Los campos $B*$ también penetran por la base de los vectores **S** de los negatones y forman el mismo ángulo θ con la trayectoria de la órbita y un ángulo $180^{o}-\theta$ con el vector velocidad v. De ahí que los momentos magnéticos μ_{LB} sean negativos tal como hemos obtenido en (87).

Tal como hemos razonado para el protón, la componente μ_Z será negativa y valdrá $\mu_Z = \mu_{ap} = -\mu_o \cdot \mu_N = -\mu_p$. Como J es negativo, su componente J_Z también lo será y valdrá $J_Z = -\hbar/2$. Por lo tanto, el ángulo de precesión ϕ según (57) será el mismo y la frecuencia angular de precesión de Larmor será también la del protón.

Se puede comprobar que el coeficiente giromagnético tiene el mismo valor (62) y toma la forma

$$g_{AB} = \frac{2 \cdot m_A \cdot \left(\mu_o \cdot m_B - m_{ap} \cdot Sen(\theta) \cdot Cos(\theta)\right)}{m_{ap} \cdot \left(m_B + 2 \cdot m_A \cdot Sen(\theta)\right)} = 1,009640492374899.... \quad (88^*)$$

En cuanto a las fuerzas de ligadura existentes tendremos:

.- la fuerza de atracción que el positón A ejerce sobre los negatones B

$$F_A = F_{AB} = \delta_A \cdot \delta_B \cdot \frac{Aspin_A}{Aspin_B} \cdot \frac{k \cdot e^2}{r^2 - R_{B1}^2} = -\frac{Aspin_A}{Aspin_B} \cdot \frac{k \cdot e^2}{(x^2 - 1) \cdot R_{B1}^2} \quad (89)$$

donde hacemos el cambio de variable $x = r/R_{B1}$

.- la fuerza de repulsión que ejercen entre sí los negatones B

$$F_R = F_{BB} = \delta_B \cdot \delta_B \cdot \frac{Aspín_B}{Aspín_B} \cdot \frac{k \cdot e^2}{(2r)^2 - R_{B1}^2} = \frac{k \cdot e^2}{(4x^2 - 1) \cdot R_{B1}^2} \quad (90)$$

.- y la fuerza centrífuga debido al movimiento orbital de los negatones

$$F_C = \frac{L_B^2}{m_B \cdot r^3} = \frac{n^2 \cdot \hbar^2}{m_B \cdot r^3} \qquad (91)$$

Finalmente, simplificando $-F_A = F_R + F_C$, obtenemos la ecuación (92)

$$\frac{Aspín_A}{Aspín_B} \cdot x^3 \cdot (4x^2 - 1) - x^3 \cdot (x^2 - 1) - \alpha_0 \cdot (x^2 - 1) \cdot (4x^2 - 1) = 0 \quad \text{con} \quad \alpha_0 = \frac{n^2 \cdot \hbar^2}{m_B \cdot R_{B1} \cdot k \cdot e^2}$$

factor τ	1	10^3	10^6	10^9
Energía en MeV	$9,382720 \cdot 10^2$	$9,382720 \cdot 10^5$	$9,382720 \cdot 10^8$	$9,382720 \cdot 10^{11}$
Diámetro del Positón	en metros			
máximo $2 \cdot R_{MA}$	$1,19836 \cdot 10^{-15}$	$3,78250 \cdot 10^{-17}$	$1,19606 \cdot 10^{-18}$	$3,78227 \cdot 10^{-20}$
equilibrio $2 \cdot R_{A1}$	$5,98029 \cdot 10^{-16}$	$1,89113 \cdot 10^{-17}$	$5,98029 \cdot 10^{-19}$	$1,89113 \cdot 10^{-20}$
mínimo $2 \cdot R_{mA}$	$1,25182 \cdot 10^{-20}$	$3,73555 \cdot 10^{-25}$	$1,17754 \cdot 10^{-29}$	$3,72327 \cdot 10^{-34}$
Diámetro del Negatón	en metros			
máximo $2 \cdot R_{MB}$	$2,38491 \cdot 10^{-15}$	$7,55584 \cdot 10^{-17}$	$2,38950 \cdot 10^{-18}$	$7,55630 \cdot 10^{-20}$
equilibrio $2 \cdot R_{B1}$	$1,19475 \cdot 10^{-15}$	$3,77815 \cdot 10^{-17}$	$1,19475 \cdot 10^{-18}$	$3,77815 \cdot 10^{-20}$
mínimo $2 \cdot R_{mB}$	$2,21049 \cdot 10^{-20}$	$7,41355 \cdot 1^{-25}$	$2,35182 \cdot 10^{-29}$	$7,43809 \cdot 10^{-34}$
características que	cambian			
$x = r / R_{B1}$	$3,003012.....$	$109,841219...$	$3473,84387...$	$109852,600...$
Diámetro órbita $2 \cdot r$	$3,58786 \cdot 10^{-15}$	$4,14996 \cdot 10^{-15}$	$4,15039 \cdot 10^{-15}$	$4,15039 \cdot 10^{-15}$
Diámetro $2(r + R_{MB})$	$5,97278 \cdot 10^{-15}$	$4,22552 \cdot 10^{-15}$	$4,15278 \cdot 10^{-15}$	$4,15047 \cdot 10^{-15}$
(a) $\frac{r}{R_{MA} + R_{MB}}$	$1,0012825....$	$36,601185...$	$1157,52819...$	$36604,2366...$
(b) $\frac{r}{R_{A1} + R_{B1}}$	$2,001280...$	$73,200887...$	$2315,05491...$	$73208,4718...$
(c) $\frac{r}{R_{mA} + R_{mB}}$	$1,03626... \cdot 10^5$	$3,72224... \cdot 10^9$	$1,17596... \cdot 10^{14}$	$3,7185... \cdot 10^{18}$
Fuerza ligadura en N	$80,629233...$	$53,588091...$	$53,572563...$	$53,572547...$

TABLA III .- Resultados del antiprotón para "α límite"

Comparando las tablas II y III para el valor "α límite", se observa que los tamaños de los positones orbitales del protón son prácticamente iguales a los negatones orbitales del antiprotón, y el tamaño del negatón central del protón es también comparable con el del positón central del antiprotón. Los demás datos son muy parecidos. También en el antiprotón, para valores de τ altos, el diámetro orbital se estabiliza en $4{,}15039...\cdot 10^{-15}$ m y la fuerza de ligadura en $53{,}572547...$ N. Protón y antiprotón son prácticamente iguales. Solo hay un dato destacable en el antiprotón y es el siguiente:

$$\frac{r}{R_{MA}+R_{MB}}=1{,}0012825... \qquad (93)$$

que nos quiere decir que los negatones tienen un poco más de holgura para orbitar alrededor del positón central. Recordemos que en el protón era $1{,}000000000001123.....$ De ahí que volvamos a pensar en el α "cuántico" que propusimos para el protón.

Para este valor $\alpha=\frac{3\cdot\sqrt{3}}{10}=0{,}519615...$ y $\tau=1$ obtenemos lo siguiente:

$$n=-0{,}116780... \qquad (94)$$

$$x=3{,}044279... \qquad (95)$$

$$2\cdot r=2\cdot x\cdot R_{A1}=3{,}637173...\cdot 10^{-15} \text{ m} \qquad (96)$$

$$\frac{r}{R_{MA}+R_{MB}}=1{,}015042... \qquad (97)$$

$$\phi=15{,}793169...^{o} \qquad (98)$$

$$F_{LIG}=F_A=78{,}195478.... \text{ N} \qquad (99)$$

donde todos los valores son prácticamente iguales a los del protón excepto el (97) que difiere muy poco del (73). Además, para valores de τ altos, el diámetro orbital de este antiprotón se estabiliza también en $4{,}190134\cdot 10^{-15}$ m y la fuerza de ligadura en $52{,}561317$ N. Como podemos observar, no son cambios notables y, sin embargo, daríamos holgura a los tones que orbitan y de paso, continuidad a la mecánica cuántica.

5. - Conclusiones y predicciones

Creemos que hemos encontrado las estructuras del protón y del antiprotón que cumplen con todos los conocimientos que tenemos de ellos hasta el momento. Y son simplemente estructuras formadas por dos tones en órbita circular alrededor del ton contrario.

Realmente, visto sin prejuicios, el protón es una máquina mecánica sencilla muy difícil de destruir. Es muy estable, y conforme la excitamos (aumentamos su energía) es más difícil todavía destruirla, ya que aunque su fuerza de ligadura disminuye ligeramente, el tamaño de sus tones disminuye considerablemente, y por lo tanto, el espacio entre ellos aumenta muchísimo. Esto implica que un proyectil pasa fácilmente a través de él sin importunarlo. Creemos que sería más fácil destruir un protón cuando no está excitado y recomponerlo para que nos diese otras partículas. Estamos pensando en la fusión. Para obtener una fusión fría tenemos que engañar al protón. En artículos posteriores veremos más profundamente esta posibilidad. Lo mismo para el antiprotón.

La estructura del neutrón está conseguida y saldrá pronto publicada. La importancia de esta partícula nos servirá para demostrar que el protón es básico en la construcción de la materia. Tal como avanzamos en Aspin Bubbles[1] todas las partículas, núcleos y átomos están formados por tones ligados. Es nuestro sistema planetario en pequeño.

Veremos que el neutrón nos da la clave para entender lo que es realmente la materia oscura y la razón de que sea una partícula inestable. En este artículo veremos también la construcción del fotón.

Poco a poco iremos construyendo y publicando el mundo de Aspin Bubbles acorde con la realidad. La relatividad, tal como hemos avanzado, también está hecha y la publicaremos pronto, después del neutrón. A continuación construiremos paso a paso el resto de la materia (neutrino, partícula alfa, núcleos y átomos) y la antimateria permitida.

Decimos "antimateria permitida" porque con Aspin Bubbles no se pueden construir antimoléculas, por lo tanto, los mundos antimateria no existen.

Tampoco puede existir la antigravedad. La fuerza entre materias neutras, entre ésta y antiátomos o entre antiátomos siempre es la fuerza de la gravedad.

La energía oscura existe y es consecuencia de la fuerza débil existente entre la materia neutra y la materia no-neutra (más positones que negatones o al revés), fuerza aún no descubierta. Su valor está entre la fuerza de la gravedad y la eléctrica (del orden 10^{19} veces la fuerza de la gravedad ó 10^{19} veces menor que la fuerza eléctrica). En Aspin Bubbles[1] decíamos lo siguiente:

1.- *La materia neutra repele a la materia positiva (positrones, iones positivos, etc.) y la materia positiva, a su vez, atrae a la materia neutra.*

   Esto explica perfectamente la expansión acelerada de nuestro universo y la energía oscura. Ésta la encontraremos en los confines de nuestro universo como materia positiva. También es la causa del movimiento browniano de las partículas de la atmósfera, los iones positivos son repelidos ligeramente de la superficie terrestre.

2.- *La materia neutra atrae a la materia negativa (electrones, iones negativos, etc.) y la materia negativa, a su vez, repele a la materia neutra.*

   Esta es la razón por la que los neutrinos pueden atravesar limpiamente la materia. Los electrones corticales de los átomos repelen a los neutrinos, que están formados por un positón y un negatón (materia neutra). También ayuda a que los electrones se encuentren siempre en la superficie de los materiales y conductores.

Aspin Bubbles no es un modelo, no es una teoría, no es una casualidad o manipulación para obtener ciertos resultados. Tiene un soporte matemático en todo lo que consigue, su ingeniería mecánica de inicio es simple: sólo dos sustancias, A y B que conforman el éter que llena el espacio, dos sustancias que con energía se transforman en tones, positón A y negatón B, que éstos (burbujas pulsantes) con la vibración anarmónica de sus membranas producen ondas esféricas anarmónicas soportadas por el éter, y una sola interacción mecánica entre las ondas y los tones. Los tones se autopropulsan en este campo de ondas. No hay más, y a partir de esto se va construyendo todo lo que conocemos. Recordemos algunos otros resultados importantes no mencionados:

1.- Unifica todas las fuerzas conocidas. Realmente las obtiene con soporte matemático y les da sentido mecánico a todas: Fuerzas eléctricas, magnéticas, gravedad, Casimir, nucleares, etc.

2.- Da sentido al proyecto *La transformada de "Aspin Bubbles", ensayo de un complemento a la transformada de Galileo*[4].

3.- La antimateria permitida se construye intercambiando positones por negatones y viceversa.

4.- Obtiene la precesión del perihelio de los planetas (se publicará con la relatividad)

5.- Corrobora los resultados de la mecánica cuántica y está de acuerdo con el principio de incertidumbre. Los tones son muy difíciles de localizar debido a la pulsación de su membrana que modifica constantemente su tamaño. Ver ejemplos en las últimas tablas (tamaños del negatón $2 \cdot R_{MB} = 1{,}19605 \cdot 10^{-18}$ m y $2 \cdot R_{mB} = 1{,}17719 \cdot 10^{-29}$ m para una energía del protón de $9{,}382720 \cdot 10^{8}$ MeV).

6.- Debido a la variabilidad del tamaño de los tones, un electrón excitado puede superar perfectamente la trampa de Penning ($R_{mB} \ll 10^{-22}$ m).

Como decíamos en un principio, Aspin Bubbles no es un modelo; un modelo o una teoría fracasaría enseguida al intentar explicar todos los fenómenos físicos conocidos. No hay ninguna teoría o modelo que pueda abarcar todo, se tiene que limitar a su campo de actuación. Sin embargo, Aspin Bubbles va demostrando poco a poco que sí puede, de ahí que estemos convencidos de su potencial futuro.

El protón y el antiprotón, como hemos visto, no son una manipulación, son una obra de ingeniería perfecta, y nos enseñan el camino para estructurar, con mucho trabajo, toda la materia.

Para comprobar todos los resultados del protón y del antiprotón, adjuntamos ANEXOS I y II, copias del programa MATHEMATICA que nos ha ayudado mucho en la consecución de Aspin Bubbles.

REFERENCES

.- [1] Lana-Renault, Yoël (2006): *Aspin Bubbles: Mechanical Project for the Unification of the Forces of Nature*. Journal online APEIRON, Vol 13, No 3, July, 344-374.
http://redshift.vif.com/JournalFiles/V13NO3PDF/V13N3LAN.PDF
http://es.arxiv.org/abs/nucl-th/0106021v5
http://es.arxiv.org/ftp/nucl-th/papers/0106/0106021.pdf
http://www.yoel-lana-renault.es/

.- [2] Lana-Renault, Yoël (2010): *Aspin Bubbles y la fuerza de la gravedad*
http://www.yoel-lana-renault.es/AB_y_la%20fuerza_de%20_la_gravedad_v2.pdf
http://www.yoel-lana-renault.es/Aspin_Bubbles_and_the_force_of_gravity.pdf
en espera de publicación

.- [3] Lana-Renault, Yoël (2009): *Aspin Bubbles y la deflexión gravitatoria.* Infinite Energy Magazine. Issue 99 (Sep/Oct 2011).
http://www.yoel-lana-renault.es/LanaRenaultIE99.pdf
http://www.yoel-lana-renault.es/AB_y_la_deflexion_gravitatoria.pdf

.- [4] Lana-Renault, Yoël (2008): *La transformada de "Aspin Bubbles", ensayo de un complemento a la transformada de Galileo*
http://www.yoel-lana-renault.es/LatransformadadeAspinBubbles.pdf

.- Lana-Renault, Yoël (2000): *Exact zero-energy solution for a new family of Anharmonic Potentials*. Revista Academia de Ciencias. Zaragoza. 55: 103-109.
http://www.yoel-lana-renault.es/ExactzeroenergyAcadCiencias.pdf
http://arxiv.org/abs/physics/0102054

.- Lana-Renault, Yoël (1998): *Modelo de constitución interna de la Tierra*. Tesis Doctoral, Departamento de Física Teórica, Universidad de Zaragoza, 146 pp.
http://zaguan.unizar.es/record/1906#
http://zaguan.unizar.es/record/1906/files/TUZ_0029_lana_modelo.pdf

.- Lana-Renault, Yoël (2006): Foro Astroseti, Astrofísica
Tema: *Michelson-Morley, Bradley, Fizeau y "Aspin Bubbles"*
http://foros.astroseti.org/viewtopic.php?t=2922

.- Lana-Renault, Yoël (2009): Foro Astroseti, Astrofísica
Tema: *"Aspin Bubbles" y la fuerza de la gravedad*
http://foros.astroseti.org/viewtopic.php?f=2&t=6379

.- Lana-Renault, Yoël (2007): Foro Astroguía, Astronomía
Tema: *"Aspin Bubbles", una alternativa al Big Bang*
http://www.astroguia.org/foros/viewtopic.php?t=4785

ANEXO I

Marzo 2014

EL PROTÓN DE ASPIN BUBBLES. Cálculo. Versión 2.

Yoël Lana-Renault

Universidad de Zaragoza, 50009-Zaragoza, España

Instrucciones:

1.- Entre valores η y factor τ en "**Datos de Entrada**"

2.- Click en **Kernel/Evaluation/Evaluation Notebook** y espere unos 20 segundos

3.- Repita, Click en **Kernel/Evaluation/Evaluation Notebook**

4.- Si es necesario más precisión, cambie cantidad de "**digits**"

---

dígitos significantes o decimales con los que queremos trabajar

```
digits = 70;
pi = N[Pi, digits]
```

3.1415926535897932384626433832795028841971693993751058209749445923078 16

```
ζ = N[1, digits]
```

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Masa del electrón en kg

$$m_o = \frac{910938291}{100000000} * 10^{-31} * \zeta$$

$$9.1093829100000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-31}$$

$$mo = m_o$$

$$9.1093829100000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-31}$$

Masa del protón en kg

$$m_p = \frac{1672621777}{1000000000} * 10^{-27} * \zeta$$

$$1.6726217770000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-27}$$

$$mp = m_p$$

$$1.6726217770000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-27}$$

Masa del neutrón en kg

$$m_n = \frac{1674927351}{1000000000} * 10^{-27} * \zeta$$

$$1.6749273510000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-27}$$

$$mn = m_n$$

$$1.6749273510000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-27}$$

Cociente entre masa protón y 4 veces la masa del electrón

$$p_o = \frac{m_p}{4 * m_o}$$

459.0381679871661032196087583280654957120470853058036617323401108407243

carga eléctrica del electrón en Culombios

$$e = \frac{1602176565}{1000000000} * 10^{-19} * \zeta$$

$$1.602176565000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-19}$$

Constante de Planck

$$h = \frac{662606957}{100000000} * 10^{-34} * \zeta$$

$$6.626069570000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-34}$$

Constante reducida de Planck

$$\hbar = \frac{h}{2 * pi}$$

$$1.054571725336289397963133257349697988664496350033818592957183196951376 \times 10^{-34}$$

velocidad de la luz en m/s

$$c = \frac{299792458}{100000000} * 10^{8} * \zeta$$

$$2.997924580000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{8}$$

Constante Universal de Gravitación

$$G = \frac{667384}{100000} * 10^{-11} * \zeta$$

$$6.673840000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$$

Constante de Coulomb

$$k = c^2 * 10^{-7}$$

$$8.987551787368176400000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{9}$$

Datos de Entrada:

Info: ($\eta = \frac{\text{masa ton}}{\text{masa electrón}}$)

POSITÓN A

$$\eta_A = p_\circ + \frac{1}{4}; \qquad \delta_A = 1 * \zeta;$$

NEGATÓN B

$$\eta_B = 2 * p_\circ - \frac{1}{2}; \qquad \delta_B = -1 * \zeta;$$

factor de excitación τ

$$\tau = \frac{10^0}{1} * \zeta$$

$$1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$\tau_A = \tau$$

$$1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$\tau_B = \tau$$

$$1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

distancia **d** en metros entre dos tones

$$d = 1 * \zeta;$$

Fuerza eléctrica entre dos cargas eléctricas **e** separadas por una distancia **d**

$$F_E = \frac{k * e^2}{d^2}$$

$$2.3070773523706157567133013158943290000000000000000000000000000000000 \times 10^{-28}$$

Masa activa m de los tones en kg

$$m_A = \eta_A * m_o$$

$$4.1838317882275000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-28}$$

$$m_B = \eta_B * m_o$$

$$8.3585541935450000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-28}$$

Comprobación masa protón

$$\frac{2 * m_A + m_B}{m_p}$$

$$1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$\frac{m_B}{m_p}$$

$$0.49972769148903649602548490554538559018175452106408871657301159244682 0$$

$$\frac{m_A}{m_p}$$

$$0.25013615425548175198725754722730720490912273946795564171349420377659 0$$

$$\frac{m_B}{m_A}$$

$$1.9978227176972955614734349496186756227594662789588761118559711283862 8$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE GIROMAGNÉTICO gAB

ángulo θ según (37)

$$\theta = \text{ArcSin}\left[-1 * \zeta + \frac{\sqrt{6}}{2} * \zeta\right]$$

$$0.22668120151537757708289958479840582314185576662570313271707353696499 2$$

$$\frac{180}{pi} * \theta$$

$$12.987876141785655730748381435201571260561498506473226467752888382761 8$$

magnetón nuclear

$$\mu N = \frac{e * \hbar}{2 * m_p}$$

$$5.0507835294237581168192898605845430388232105970966953011794756949624 3 \times 10^{-27}$$

coeficiente del momento magnético del protón en la dirección z

$$\mu o = \frac{2792847356}{1000000000} * \zeta$$

$$2.7928473560000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

momento magnético del protón en la dirección z

$$\mu z = \mu o * \mu N$$

$$1.4106067425879491060142292816931149640445609067532686748236722376142 09 \times 10^{-26}$$

COEFICIENTE GIROMAGNÉTICO gAB

$$gAB = \frac{2 * m_B * (\mu o * m_A - mp * \mathrm{Sin}[\theta]\,\mathrm{Cos}[\theta])}{mp * (m_A + 2 * m_B * \mathrm{Sin}[\theta])}$$

1.009640492374899846387017580918438049399981955885146152919838114755 77

Masa pasiva m de los tones en kg, cantidad de materia A o B que tienen las membranas

$$M_A = \frac{m_A}{gAB}$$

$4.1438827184775380476687083645165084708749739281761296115527542197659 \times 10^{-28}$

$$M_B = \frac{m_B}{gAB}$$

$8.2787430344476521927252333255751078905577624952179934128722749121171 \times 10^{-28}$

Aspin del positón A:

$$HA = \frac{G * m_A{}^2}{k * e^2}$$

$5.0636311784084925872035900048837270136970301854427958757138909629697 2 \times 10^{-38}$

$$Aspin_A = \sqrt{1 + HA} + \delta_A * \sqrt{HA}$$

1.000000000000000000225025135893937248575157034344400369843690412419589121995282130225628

Aspin del negatón B:

$$HB = \frac{G * m_B{}^2}{k * e^2}$$

$2.0210448899863719982684896617699988063357375078713345138303348270643 5 \times 10^{-37}$

$$Aspin_B = \sqrt{1 + HB} + \delta_B * \sqrt{HB}$$

0.999999999999999999550439671458171033896909852336158017306549048366695482560219763746486 7

Energía de los tones

$$E_{mA} = \tau_A * m_A * c^2$$

$3.7602404866331861313537663331000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$

Energía positón en eV

$$\frac{E_{mA}}{e}$$

$2.3469576130226234655690188135413152794429994674151284942805289378327 7 \times 10^{8}$

$$E_{mB} = \tau_B * m_B * c^2$$

$7.5122938682009131007099301338000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$

Energía negatón en eV

$$\frac{E_{mB}}{e}$$

$4.6888052367692153209780160114874729802329869929161022274720389509629 4 \times 10^{8}$

Energía protón

$$E_{mB} + 2 * E_{mA}$$

$1.5032774841467285363417462800000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-10}$

Energía protón en eV

$$\frac{E_{mB} + 2 * E_{mA}}{e}$$

$9.38272046281446225211605363857010353911898592774635921603309682662847 \times 10^{8}$

Comprobación Energía protón

$$\frac{E_{mB} + 2 * E_{mA}}{\tau_A * m_p * c^2}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

---

velocidad máxima de la membrana del positón A

$$v_{HA} = \sqrt{\frac{2 * E_{mA}}{M_A}}$$

$4.26009300645967512194094872770989852201487955259445776816762639846376 \times 10^{8}$

$$\frac{v_{HA}}{c}$$

1.421014069159696846656812403102515181357524195153187532211909880155 74

velocidad máxima de la membrana del negatón B

$$v_{HB} = \sqrt{\frac{2 * E_{mB}}{M_B}}$$

$4.26009300645967512194094872770989852201487955259445776816762639846376 \times 10^{8}$

$$\frac{v_{HB}}{c}$$

1.421014069159696846656812403102515181357524195153187532211909880155 74

---

frecuencia de pulsación de las membranas en Hz

$$\nu_A = \frac{2 * E_{mA}}{h}$$

$1.13498370245248907984338182344197753420207448863233109700054054820314 8 \times 10^{23}$

$$\nu_B = \frac{2 * E_{mB}}{h}$$

$2.26749622497577039497034140974164266132207241524631320766527961462379 \times 10^{23}$

frecuencia de pulsación angular de las membranas en rad/s

$$\omega_A = 2 * pi * \nu_A$$

$7.13131292313776697654094700565848930956006713706417684318969701123605 \times 10^{23}$

$$\omega_B = 2 * pi * \nu_B$$

$1.42470989648529386351680218872727900606500891877590998317214197272810 \times 10^{24}$

Evaluación de los parámetros del Positón A

valores preliminares de los parámetros xA, roA y AoA

Working Precision → χ · digits

$$\chi = 2 / 2;$$

$$\epsilon = \frac{1}{1000} * \zeta$$

0.001000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$x\tilde{A}0 = 1 * \zeta - \epsilon$$

0.999000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$xA1 = 1 * \zeta$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$AoA0 = \frac{v_{HA}}{\omega_A}$$

$5.97378498514301711052550144588640020363551129640106264888833539202286 \times 10^{-16}$

$$AoA1 = AoA0 * \frac{10}{100}$$

$5.97378498514301711052550144588640020363551129640106264888833539202286 \times 10^{-17}$

$$roA0 = AoA0$$

$5.97378498514301711052550144588640020363551129640106264888833539202286 \times 10^{-16}$

$$roA1 = AoA1$$

$5.97378498514301711052550144588640020363551129640106264888833539202286 \times 10^{-17}$

Radio posición de equilibrio del positón A (ecuación 14)

$$RA1 = \frac{v_{HA}}{\omega_A} * Aspin_A$$

$5.97378498514301711186975322396936953643715623827038919107720918059 82 \times 10^{-16}$

$$RRA1 = \frac{\hbar}{m_A * c} * \sqrt{\frac{gAB}{2 * \tau_A}} * Aspin_A$$

$5.97378498514301711186975322396936953643715623827038919107720918059 82 \times 10^{-16}$

$$\frac{RA1}{RRA1}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Resolución numérica del sistema de ecuaciones 5, 24 y 25 de Aspin Bubbles [1] con las últimas modificaciones

```
Clear[xA, roA, AoA]

AAA =
 FindRoot[
  {M_A * xA^2 * ω_A^2 / (E_mA * (2 * xA)^(2*xA)) * (roA^2 - 2 * xA * AoA^2 - roA * Sqrt[roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2]) * (roA * (2 * xA - 1) + Sqrt[roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2])^(2 * (xA - 1)) ==
    -ζ,

   1 / (k * e^2 * ((ArcSin[(-roA + Sqrt[(roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2)]) / (2 * xA * AoA)])^2 - (pi/2)^2)) * 2 * m_A * v_HA * ω_A *
     ArcSin[(-roA + Sqrt[roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2]) / (2 * xA * AoA)] * RA1^2 == δ_A,

   ((roA + (-roA + Sqrt[roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2]) / (2 * xA))^xA) / RA1 == ζ},

  {xA, {xA0, xA1}}, {roA, {roA0, roA1}}, {AoA, {AoA0, AoA1}}, WorkingPrecision → χ * digits]
```

$\{xA \to 0.9937642015705142038219821157604341604574137046044868319669633262949379,$
$roA \to 4.82453321057857263593227690635457208981294217402655320147754219443001 7 \times 10^{-16},$
$AoA \to 4.82443941558103440521863411279261431644359050497193528235740402592206 2 \times 10^{-16}\}$

Exponente x para el positón A

$$x_A = Re[xA /. AAA]$$

0.9937642015705142038219821157604341604574137046044868319669633262949379

```
Accuracy[xA]
```

∞

```
Precision[xA]
```

∞

Parámetro ro para el positón A

```
roA = Re[roA /. AAA]
```

$4.8245332105785726359322769063545720898129421740265532014775421944300 17 \times 10^{-16}$

```
Accuracy[roA]
```

85

```
Precision[roA]
```

70

Otra denominación:

```
r_oA = roA
```

$4.8245332105785726359322769063545720898129421740265532014775421944300 17 \times 10^{-16}$

Parámetro Ao para el positón A

```
A_oA = Re[AoA /. AAA]
```

$4.8244394155810344052186341127926143164435905049719352823574040259220 62 \times 10^{-16}$

```
Accuracy[AoA]
```

∞

```
Precision[AoA]
```

∞

Comprobación que roA > AoA:

$$\frac{r_{oA}}{A_{oA}}$$

1.00001944163652160495706628869566425557102017404594160064501473144411 3

Comprobación ecuación (24). Potencial + Energía = 0

$$\frac{M_A * x_A^2 * \omega_A^2}{E_{mA} * (2 * x_A)^{2*x_A}} * \left(r_{oA}^2 - 2 * x_A * A_{oA}^2 - r_{oA} * \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}\right) * \left(r_{oA} * (2 * x_A - 1) + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}\right) \wedge (2 * (x_A - 1))$$

-1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000532

Comprobación ecuación (25). Condición de contorno de las fuerzas eléctricas

$$1 \Big/ \left(k * e^2 * \left(\left(\text{ArcSin}\left[\left(-r_{oA} + \sqrt{\left(r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2\right)}\right) / (2 * x_A * A_{oA})\right]\right) \wedge 2 - \left(\frac{pi}{2}\right)^2\right)\right) * 2 * m_A * v_{HA} * \omega_A * \text{ArcSin}\left[\left(-r_{oA} + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}\right) \Big/ (2 * x_A * A_{oA})\right] * RA1^2$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000824

Comprobación ecuación (5)

Radio posición de equilibrio del positón A

$$R_{A1} = \left(r_{oA} + \frac{-r_{oA} + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}}{2 * x_A}\right) \wedge x_A$$

$5.9737849851430171118697532239693695364371562382703891910772091806871 \times 10^{-16}$

$$\frac{R_{A1}}{RA1}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000001488

Otros resultados

Radio máximo (en m) de la membrana del positón A

$$R_{HA} = (r_{oA} + A_{oA})^{x_A}$$

$1.1970569808568859867097163083510781489013147053504727041463169663823 9 \times 10^{-15}$

$$R_{mA} = (r_{oA} - A_{oA})^{x_A}$$

$$1.250458050377430731305736654250864499760310115512287860481983949 0 \times 10^{-20}$$

$$\frac{R_{HA}}{R_{mA}}$$

95729.479329240474144829567277797857010397096415978683713115983307

Ángulo φ (en rad) de la posición de equilibrio de la membrana del positón A

$$\varphi_{A1} = \text{ArcSin}\left[\frac{-r_{oA} + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}}{2 * x_A * A_{oA}}\right]$$

-0.006274845257355169471456223412644409689491500609664945684865476043256

Aceleración total de la membrana del positón A

$$a_A = \frac{2 * v_{HA} * \omega_A * \varphi_{A1}}{\varphi_{A1}^2 - \left(\frac{pi}{2}\right)^2}$$

$$1.545214471030212654887217752559793506682470569018626144265893923290 7 \times 10^{30}$$

Comprobación carga eléctrica e

$$e \Big/ \sqrt{\frac{\delta_A * m_A * a_A * R_{A1}^2}{k}}$$

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999994390

Fuerza repulsiva entre dos positones A y comprobación

$$f_{AA} = \delta_A * \frac{m_A * a_A * R_{A1}^2}{d^2}$$

$$2.307077352370615756713301315894329000000000000000000000000000000000259 \times 10^{-28}$$

$$f_{AA} / F_E$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000001122

Comprobaciones del Potencial anarmónico VA de la membrana del positón A

$$VA[r_] := \frac{1}{2} * M_A * x_A^2 * \omega_A^2 * r^2 * \left(1 - 2 * roA * r^{-\frac{1}{x_A}} + \left(roA^2 - A_{oA}^2\right) * r^{-\frac{2}{x_A}}\right)$$

$$VA[R_{HA}]$$

$$0. \times 10^{-78}$$

$$VA[R_{A1}]$$

$$-3.760240486633186131353766333100000000000000000000000000000000000200 \times 10^{-11}$$

$$E_{mA}$$

$$3.760240486633186131353766333100000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$$

$$\frac{VA[R_{A1}]}{E_{mA}}$$

-1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000532

$$VA[R_{mA}]$$

$$0. \times 10^{-80}$$

Comprobaciones de la velocidad de la membrana del positón A

$$velocityA[wt_] := x_A * A_{oA} * \omega_A * Cos[wt] * (r_{oA} + A_{oA} * Sin[wt])^{x_A - 1}$$

$$velocityA[\varphi_{A1}] / v_{HA}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000002658

$$velocityA[-pi / 2] / v_{HA}$$

$$0. \times 10^{-70}$$

$$\text{velocityA}[\text{pi}/2]/v_{HA}$$

$$0.\times 10^{-70}$$

Comprobaciones de la aceleración de la membrana del positón A

$$\text{accelerationA}[\text{wt_}] := -x_A * \omega_A^2 * (r_{oA} + A_{oA} * \text{Sin}[\text{wt}])^{x_A} * \left(x_A - \frac{(2 * x_A - 1) * r_{oA}}{r_{oA} + A_{oA} * \text{Sin}[\text{wt}]} + \frac{(x_A - 1) * (r_{oA}^2 - A_{oA}^2)}{(r_{oA} + A_{oA} * \text{Sin}[\text{wt}])^2}\right)$$

$$\text{accelerationA}[\varphi_{A1}]$$

$$0.\times 10^{-37}$$

$$\text{accelerationA}[-\text{pi}/2]$$

$$3.250563415398022051966663022146418281030512023213668017107379725 4\times 10^{32}$$

$$\text{accelerationA}[\text{pi}/2]$$

$$-3.024843722847190664315236821453107147667734661955675865741733163584 9\times 10^{32}$$

$$\frac{\text{accelerationA}[-\text{pi}/2]}{-\text{accelerationA}[\text{pi}/2]}$$

$$1.074621935290715948174196597992872833538471742826867926721160785 9$$

$$a_A$$

$$1.545214471030212654887217752559793506682470569018626144265893923290 7\times 10^{30}$$

$$\frac{2 * \delta_A * \tau_A * m_A * k * e^2 * c^2}{gAB * \hbar^2 * Aspin_A^2} \Big/ a_A$$

$$0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999991757$$

Evaluación de los parámetros del Negatón B

valores preliminares de los parámetros xB, roB y AoB

$$\varepsilon$$

$$0.001000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$xB0 = 1 * \zeta + \varepsilon$$

$$1.001000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$xB1 = 1 * \zeta$$

$$1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$AoB0 = \frac{v_{HB}}{\omega_B}$$

$$2.990147690395894320918567061288348763523645350339184911159437021974 70\times 10^{-16}$$

$$AoB1 = AoB0 * \frac{1041}{1000}$$

$$3.112743745702125988076228310801171062828114809703091492516973939875 67\times 10^{-16}$$

$$roB0 = AoB0$$

$$2.990147690395894320918567061288348763523645350339184911159437021974 70\times 10^{-16}$$

$$roB1 = AoB1$$

$$3.112743745702125988076228310801171062828114809703091492516973939875 67\times 10^{-16}$$

Radio posición de equilibrio del negatón B (ecuación 14)

$$RB1 = \frac{v_{HB}}{\omega_B} * Aspin_B$$

$$2.990147690395894319574315283205379431175406763488210572353214078665 29\times 10^{-16}$$

$$RRB1 = \frac{\hbar}{m_B * c} * \sqrt{\frac{gAB}{2 * \tau_B}} * Aspin_B$$

$$2.990147690395894319574315283205379431175406763488210572353214078665 29\times 10^{-16}$$

$$\frac{RB1}{RRB1}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Resolución numérica del sistema de ecuaciones 5, 24 y 25 de Aspin Bubbles [1] con las últimas modificaciones

```
Clear[xB, roB, AoB]

BBB =
 FindRoot[
  {M_B * xB^2 * ω_B^2 / (E_mB * (2 * xB)^(2*xB)) * (roB^2 - 2 * xB * AoB^2 - roB * Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2]) * (roB * (2 * xB - 1) + Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2])^(2 * (xB - 1)) ==
    -ζ,

   1 / ((k * e^2) * ((ArcSin[(-roB + Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2]) / (2 * xB * AoB)])^2 - (pi/2)^2)) * 2 * m_B * v_HB * ω_B *
     ArcSin[(-roB + Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2]) / (2 * xB * AoB)] * RB1^2 == δ_B,

   ((roB + (-roB + Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2]) / (2 * xB))^xB) / RB1 == ζ},

  {xB, {xB0, xB1}}, {roB, {roB0, roB1}}, {AoB, {AoB0, AoB1}}, WorkingPrecision → χ * digits]
```

{xB → 1.006314550963447342096234713631105799464976812607001253254234503281417,
roB → $3.71869020612178031879720724118920170300917975452288622220809504797804 1 \times 10^{-16}$,
AoB → $3.71861607256060755092849025041076805691343745147321219838016505146530 5 \times 10^{-16}$}

Exponente x para el negatón B

```
x_B = Re[xB /. BBB]
```

1.006314550963447342096234713631105799464976812607001253254234503281417

```
Accuracy[xB]
```

∞

```
Precision[xB]
```

∞

Parámetro ro para el negatón B

```
roB = Re[roB /. BBB]
```

$3.71869020612178031879720724118920170300917975452288622220809504797804 1 \times 10^{-16}$

```
Accuracy[roB]
```

85

```
Precision[roB]
```

70

Otra denominación

```
r_oB = roB
```

$3.71869020612178031879720724118920170300917975452288622220809504797804 1 \times 10^{-16}$

Parámetro Ao para el negatón B

```
A_oB = Re[AoB /. BBB]
```

$3.71861607256060755092849025041076805691343745147321219838016505146530 5 \times 10^{-16}$

```
Accuracy[AoB]
```

∞

```
Precision[AoB]
```

∞

Comprobación que roB > AoB:

$$\frac{r_{oB}}{\bar{a}_{oB}}$$

1.000019935793243027674541605727122862570322496542085193172424473632559

Comprobación ecuación (24). Potencial + Energía = 0

$$\frac{M_B * x_B^2 * \omega_B^2}{E_{mB} * (2 * x_B)^{2*x_B}} * \left(r_{oB}^2 - 2 * x_B * \bar{a}_{oB}^2 - r_{oB} * \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}\right) * \left(r_{oB} * (2 * x_B - 1) + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}\right) \wedge (2 * (x_B - 1))$$

-1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000173700

Comprobación ecuación (25). Condición de contorno de las fuerzas eléctricas

$$1 \Big/ \left((k * e^2) * \left(\left(\bar{a}rcSin\left[\left(-r_{oB} + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}\right) \Big/ (2 * x_B * \bar{a}_{oB})\right]\right) \wedge 2 - \left(\frac{pi}{2}\right)^2\right)\right) * 2 * m_B * v_{HB} * \omega_B *$$
$$\bar{a}rcSin\left[\frac{-r_{oB} + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}}{2 * x_B * \bar{a}_{oB}}\right] * RB1^2$$

-0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999998852686

Comprobación ecuación (5)

Radio posición de equilibrio del negatón B

$$R_{B1} = \left(r_{oB} + \frac{-r_{oB} + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}}{2 * x_B}\right) \wedge x_B$$

$2.99014769039589431957431528320537943117540676348821057235321407780 51 \times 10^{-16}$

$$\frac{R_{B1}}{RB1}$$

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999712312

Otros resultados

Radio máximo (en m) de la membrana del negatón B

$$R_{HB} = (r_{oB} + \bar{a}_{oB})^{x_B}$$

$5.968778325605106833489450091690481035268442704586021887552742947630 5 \times 10^{-16}$

Radio mínimo (en m) de la membrana del negatón B

$$R_{mB} = (r_{oB} - \bar{a}_{oB})^{x_B}$$

$5.532265903174877368231004927627051526245573436335997166028842392 4 \times 10^{-21}$

$$\frac{R_{HB}}{R_{mB}}$$

107890.300829172402757208528670016052342036017900736768367635577 48

Ángulo φ (en rad) de la posición de equilibrio de la membrana del negatón B

$$\varphi_{B1} = \bar{a}rcSin\left[\frac{-r_{oB} + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}}{2 * x_B * \bar{a}_{oB}}\right]$$

0.006274845257355169479921792033209734056813337046518106272888452002766

Aceleración total de la membrana del negatón B

$$a_B = \frac{2 * v_{HB} * \omega_B * \varphi_{B1}}{\varphi_{B1}^2 - \left(\frac{pi}{2}\right)^2}$$

$-3.0870645739387684316134313940781291992870944411456090646823598272 40 \times 10^{30}$

Comprobación carga eléctrica e

$$e \Big/ \sqrt{\frac{\delta_B * m_B * a_B * R_{B1}^2}{k}}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000060243

Fuerza repulsiva entre dos negatones B y comprobación

$$f_{BB} = \delta_B * \frac{m_B * a_B * R_{B1}^2}{d^2}$$

$2.3070773523706157567133013158943289999999999999999999999999999722031 \times 10^{-28}$

f_{BB} / F_E

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999998795148

Comprobaciones del Potencial anarmónico VB de la membrana del negatón B

$$VB[r_] := \frac{1}{2} * M_B * x_B^2 * \omega_B^2 * r^2 * \left(1 - 2 * roB * r^{-\frac{1}{x_B}} + \left(roB^2 - \lambda_{oB}^2\right) * r^{-\frac{2}{x_B}}\right)$$

$VB[R_{HB}]$

$0. \times 10^{-78}$

$VB[R_{B1}]$

$-7.5122938682009131007099301338000000000000000000000000000000000130489 \times 10^{-11}$

E_{mB}

$7.5122938682009131007099301338000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$

$\frac{VB[R_{B1}]}{E_{mB}}$

-1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000173700

$VB[R_{mB}]$

$0. \times 10^{-79}$

Comprobaciones de la velocidad de la membrana del negatón B

$velocityB[wt_] := x_B * \lambda_{oB} * \omega_B * Cos[wt] * (r_{oB} + \lambda_{oB} * Sin[wt])^{x_B - 1}$

$velocityB[\varphi_{B1}] / v_{HB}$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000868502

$velocityB[-pi / 2] / v_{HB}$

$0. \times 10^{-70}$

$velocityB[pi / 2] / v_{HB}$

$0. \times 10^{-70}$

Comprobaciones de la aceleración de la membrana del negatón B

$$accelerationB[wt_] := -x_B * \omega_B^2 * (r_{oB} + \lambda_{oB} * Sin[wt])^{x_B} * \left(x_B - \frac{(2 * x_B - 1) * r_{oB}}{r_{oB} + \lambda_{oB} * Sin[wt]} + \frac{(x_B - 1) * (r_{oB}^2 - \lambda_{oB}^2)}{(r_{oB} + \lambda_{oB} * Sin[wt])^2}\right)$$

$accelerationB[\varphi_{B1}]$

$0. \times 10^{-37}$

$accelerationB[-pi / 2]$

$5.6683434886681979491982240327973941466292225116523146375363385 86 \times 10^{32}$

$accelerationB[pi / 2]$

$-6.0958989594970265621328381396866664075965953566904244901829353294457 \times 10^{32}$

$\frac{accelerationB[-pi / 2]}{-accelerationB[pi / 2]}$

0.929861785165791810962752346906095920967211542259631600586019552 4

a_B

$-3.0870645739387684316134313940781291992870944411456090646823598272 40 \times 10^{30}$

$\frac{2 * \delta_B * \tau_B * m_B * k * e^2 * c^2}{gAB * \hbar^2 * \lambda spin_B^2} / a_B$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000114731

Relaciones que se cumplen

$$\frac{R_{A1}}{R_{B1}} \Big/ \left(\sqrt{\frac{\tau_B}{\tau_A}} * \frac{m_B}{m_A} * \frac{\hbar spin_A}{\hbar spin_B}\right)$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000030257

$$-\frac{a_A}{a_B} \Big/ \left(\frac{\tau_A}{\tau_B} * \frac{m_A}{m_B} * \left(\frac{\hbar spin_B}{\hbar spin_A}\right)^2\right)$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000115556

---

*Fuerza atractiva que el positón **A** ejerce sobre el negatón **B** y comprobaciones*

$$f_{AB} = \delta_A * \sqrt{\frac{\tau_A}{\tau_B}} * m_A * a_B * \frac{R_{A1} * R_{B1}}{d^2}$$

$-2.3070773523706157582696221631324986957202694606273829808778405931621 \times 10^{-28}$

$$f_{AB} \Big/ \left(\delta_A * \delta_B \frac{\hbar spin_A}{\hbar spin_B} * F_E\right)$$

0.9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999998825405

$$f_{AB} / -F_E$$

1.0000000000000000006745854644357662149815140450295276918189534171488

*Fuerza atractiva que el negatón **B** ejerce sobre el positón **A** y comprobaciones*

$$f_{BA} = \delta_B * \sqrt{\frac{\tau_B}{\tau_A}} * m_B * a_A * \frac{R_{B1} * R_{A1}}{d^2}$$

$-2.3070773523706157551569804686561593053296019609178428860099285018 31 \times 10^{-28}$

$$f_{BA} \Big/ \left(\delta_B * \delta_A * \frac{\hbar spin_B}{\hbar spin_A} * F_E\right)$$

0.9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999980962

$$f_{BA} / -F_E$$

0.9999999999999999993254145355642337854735515037984907127216149674068 9

Relaciones entre f_{AB} *y* f_{BA}

$$\frac{f_{AB}}{f_{BA}}$$

1.0000000000000000013491709288715324304180936388870737884854558473307

$$\left(\frac{f_{AB}}{f_{BA}}\right) \Big/ \left(\frac{\hbar spin_A}{\hbar spin_B}\right)^2$$

0.9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999998844443

Comprobación de la fuerza de la Gravedad

Fuerza de gravedad entre 2 particulas neutras iguales separadas por una distancia d = 1 m, y donde cada partícula está formada por la unión del positón A más el negatón B

$$FG = -G * \frac{(m_A + m_B)^2}{d^2}$$

$-1.0498714215452258668877691225315000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-64}$

Según Aspin Bubbles, la fuerza de la gravedad es el sumatorio de todas las fuerzas fij existentes entre las dos partículas, es decir:

$$\Sigma Fij = f_{AA} + f_{AB} + f_{BA} + f_{BB}$$

$-1.0498714215452258668877691225 31 \times 10^{-64}$

Comparación de ambas fuerzas

$$\frac{FG}{\Sigma Fij}$$

1.000000000000000000000000000000

$$FG - \Sigma Fij$$

$-0. \times 10^{-95}$

$$\frac{FG - \Sigma Fij}{FG}$$

$0. \times 10^{-31}$

Comparación entre los radios del positón A y los del negatón B

R_{HA}

$1.1970569808568859867097163083510781489013147053504727041463169663 8239 \times 10^{-15}$

R_{HB}

$5.9687783256051068334894500916904810352684427045860218875527429476305 \times 10^{-16}$

$$\frac{R_{HA}}{R_{HB}}$$

2.0055309739376691242747279044304473445954196245054865609077698254450

R_{A1}

$5.9737849851430171118697532239693695364371562382703891910772091806871 \times 10^{-16}$

R_{B1}

$2.9901476903958943195743152832053794311754067634882105723532140778051 \times 10^{-16}$

$$\frac{R_{A1}}{R_{B1}}$$

1.9978227176972955628211371154968304045361962598824467850906727063000

R_{mA}

$1.2504580503774307313057366542508644997603101155122878604819839490 \times 10^{-20}$

R_{mB}

$5.5322659031748773682310049276270515262455734363359971660288423924 \times 10^{-21}$

$$\frac{R_{mA}}{R_{mB}}$$

2.2602999788202754435371326357024229255594910667870435089465553068

Valores α

Valor α "límite"

$$\alpha lim = \frac{51714564051}{100000000000} * \zeta$$

0.5171456405100000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Valor α para la mecánica cuántica

$$\alpha = \frac{3 * \sqrt{3}}{10} * \zeta$$

0.5196152422706631880582339024517617100828415761431141884167420938355799

$$\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} * \zeta$$

0.8660254037844386467637231707529361834714026269051903140279034897259665

Relación entre α y α "límite"

$$\alpha = \alpha lim$$

0.5171456405100000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{\alpha}{\alpha lim}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Resultados del Negaton B

x_B

1.006314550963447342096234713631105799464976812607001253254234503281417

r_{oB}

$3.71869020612178031879720724118920170300917975452288622220809504797804 1 \times 10^{-16}$

$\bar{n}_{oB}$

$3.71861607256060755092849025041076805691343745147321219838016505146530 5 \times 10^{-16}$

R_{HB}

$5.96877832560510683348945009169048103526844270458602188755274294763 05 \times 10^{-16}$

R_{B1}

$2.99014769039589431957431528320537943117540676348821057235321407780 51 \times 10^{-16}$

R_{nB}

$5.53226590317487736823100492762705152624557343633599716602884239 24 \times 10^{-21}$

Magnetón de Bohr

$$\mu_{oB} = \frac{e * \hbar}{2 * m_o}$$

$9.27400967298573914857252849248050836006569680773371457220516030853332 \times 10^{-24}$

---

momento angular de spin del negatón

$$S_B = \alpha * \hbar$$

$5.45367170362771175856366837738592231402959684434796276415989479392829 \times 10^{-35}$

momento de inercia de la membrana del negatón en su posición de equilibrio

$$I_B = \frac{2}{3} * M_B * R_{B1}{}^2$$

$$4.9346734982697342146701471594951752790759947257810399434663396112249 \times 10^{-59}$$

Velocidad de rotación angular del negatón en su posición de equilibrio

$$\omega_{BS} = \frac{S_B}{I_B}$$

$$1.1051737679382346402596383479747555220527175879852470099688576592859 \times 10^{24}$$

Energía cinética de rotación del negatón en su posición de equilibrio

$$E_{\omega B} = \frac{1}{2} * I_B * \omega_{BS}{}^2$$

$$3.0136274528981847393746595186603486433306046479272209255785048882771 \times 10^{-11}$$

Relaciones

$$\frac{E_{\omega B}}{E_{mB}}$$

$$0.40115942024774722995084072152845375966521049626343568439799534176 80$$

$$\frac{E_{mB}}{E_{\omega B}}$$

$$2.4927745667356434162741017036152358190838672488928426165330719860641$$

Energía total del negatón en su posición de equilibrio

$$E_{TOTALB} = E_{mB} + E_{\omega B}$$

$$1.0525921321099097840084589652460348643330604647927220925578504888277 1 \times 10^{-10}$$

Relaciones

$$\frac{E_{\omega B}}{E_{TOTALB}}$$

$$0.28630533717342161946567368435614356945658337143247499991411672256 94$$

$$\frac{E_{TOTALB}}{E_{\omega B}}$$

$$3.4927745667356434162741017036152358190838672488928426165330719860 64$$

Velocidad tangencial de la membrana del negatón en su posición de equilibrio

$$v_{BStanR1} = \omega_{BS} * R_{B1}$$

$$3.3046327896866403891196282289245344232886814391129130631861795526740 \times 10^{8}$$

$$\frac{v_{BStanR1}}{c}$$

$$1.1023068464539692953582001815817976392483767684085345012869468359588$$

---

momento de inercia de la membrana del negatón en su posición radio mínimo

$$I_{mB} = \frac{2}{3} * M_B * R_{mB}{}^2$$

$$1.6891928535268248529883431147214353618426239581889471617424057112 \times 10^{-68}$$

$$\frac{I_{mB}}{I_B}$$

$$3.4231096629171389067708253308683844752821786399451332870852193764 \times 10^{-10}$$

Velocidad de rotación angular del negatón en su posición de radio mínimo

$$\omega_{mBS} = \frac{S_B}{I_{mB}}$$

$$3.2285666448571118898309429628012304209790195612214988556864687313 \times 10^{23}$$

$$\frac{\omega_{mBS}}{\omega_{BS}}$$

$$2.9213203737908012793468507051576257514253089221660070400679316295 \times 10^{9}$$

Energía cinética de rotación del negatón en su posición de radio mínimo

$$E_{maB} = \frac{1}{2} I_{mB} * \omega_{mBS}{}^{2}$$

$$0.088037712771667454190795636875967275284420920591950283466551189 74$$

$$\frac{E_{maB}}{E_{aB}}$$

$$2.9213203737908012793468507051576257514253089221660070400679316 29 \times 10^{9}$$

Velocidad tangencial de la membrana del negatón en su posición de radio mínimo

$$v_{BStanRmB} = \omega_{mBS} * R_{mB}$$

$$1.7861289165470713653178635454952515394505798169449702628536085436 \times 10^{13}$$

$$\frac{v_{BStanRmB}}{c}$$

$$59578.847595527949049267395028838635408585889673881331025799473 04$$

---

momento de inercia de la membrana del negatón en su posición radio máximo

$$I_{HB} = \frac{2}{3} * M_B * R_{HB}{}^{2}$$

$$1.9662740311162058411988355520694021713998068243015251785184258568748 \times 10^{-58}$$

$$\frac{I_{HB}}{I_B}$$

$$3.9846081646650968067602350653103010120862277061960068930947069079573$$

Velocidad de rotación angular del negatón en su posición de radio máximo

$$\omega_{HBS} = \frac{S_B}{I_{HB}}$$

$$2.7736071459641844840149846109880207323242555993978675778832313044702 \times 10^{23}$$

$$\frac{\omega_{HBS}}{\omega_{BS}}$$

$$0.25096570570422680851832683222103356118056279497139932954150802374435$$

Energía cinética de rotación del negatón en su posición de radio máximo

$$E_{HaB} = \frac{1}{2} I_{HB} * \omega_{HBS}{}^{2}$$

$$7.5631714044622446955510564439474156422865997346671061238623520976 00 \times 10^{-12}$$

$$\frac{E_{HaB}}{E_{aB}}$$

$$0.25096570570422680851832683222103356118056279497139932954150802374 43$$

Velocidad tangencial de la membrana del negatón en su posición de radio máximo

$$v_{BStanRHB} = \omega_{HBS} * R_{HB}$$

$$1.6555046216574464211928047797729444956261564962107982827025450081238 \times 10^{8}$$

$$\frac{v_{BStanRHB}}{c}$$

$$0.5522169012195251493594294422753438632622827677041822989097827831 6923$$

Momento magnético de spin del ton B y comprobaciones

$$\mu SB = \frac{g\bar{A}B}{2} * \frac{e * S_B}{m_B}$$

$$5.2772171816412206903968109450757542395737395161009422787107324325582 \times 10^{-27}$$

$$\mu SB \Big/ \frac{\omega_{mBS} * e * R_{mB}{}^2}{3}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\mu SB \Big/ \frac{\omega_{BS} * e * R_{B1}{}^2}{3}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\mu SB \Big/ \frac{\omega_{HBS} * e * R_{HB}{}^2}{3}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Results of the Positon A

x_A

0.99376420157051420382198211576043416045741370460448683196696332629493 79

r_{oA}

$$4.8245332105785726359322769063545720898129421740265532014775421944300 17 \times 10^{-16}$$

$\bar{a}_{oA}$

$$4.8244394155810344052186341127926143164435905049719352823574040259220 62 \times 10^{-16}$$

R_{HA}

$$1.1970569808568859867097163083510781489013147053504727041463169663823 9 \times 10^{-15}$$

R_{A1}

$$5.9737849851430171118697532239693695364371562382703891910772091806871 \times 10^{-16}$$

R_{mA}

$$1.2504580503774307313057366542508644997603101155122878604819839490 \times 10^{-20}$$

---

momento angular de spin del positón

$$S_A = \alpha * \hbar$$

$$5.4536717036277117585636683773859223140295968443479627641598947939282 9 \times 10^{-35}$$

momento de inercia de la membrana del positón en su posición de equilibrio

$$I_A = \frac{2}{3} * M_A * R_{A1}{}^2$$

$$9.8586028192620611485851887275890468964724768253152738973603861949 04 \times 10^{-59}$$

Velocidad de rotación angular del positón en su posición de equilibrio

$$\omega_{AS} = \frac{S_A}{I_A}$$

$$5.5318910839699813505919621893832293034150148473644533506577206452540 \times 10^{23}$$

Energía cinética de rotación del positón en su posición de equilibrio

$$E_{\omega A} = \frac{1}{2} * I_A * \omega_{AS}{}^2$$

$$1.5084558936098758636831290587734774957027986442707293550854452632111 \times 10^{-11}$$

Relaciones

$$\frac{E_{\alpha R}}{E_{m\bar{A}}}$$

0.401159420247747229409608093887235195739588105458950733440461510527 9

$$\frac{E_{m\bar{A}}}{E_{\alpha R}}$$

2.492774566735643419637280681285295654327013010456314604259385136661 8

Energía total del positón en su posición de equilibrio

$$E_{TOTALA} = E_{m\bar{A}} + E_{\alpha R}$$

$5.2686963802430619950368953918734774957027986442707293550854452632111 \times 10^{-11}$

Relaciones

$$\frac{E_{\alpha R}}{E_{TOTALA}}$$

0.286305337173421619189991394308917533221147195286660924683130607795 4

$$\frac{E_{TOTALA}}{E_{\alpha R}}$$

3.492774566735643419637280681285295654327013010456314604259385136662

Velocidad tangencial de la membrana del negatón en su posición de equilibrio

$$v_{AStanR1} = \omega_{AS} * R_{A1}$$

$3.3046327896866403868903709837041103806315519874214802595506231101034 \times 10^{8}$

$$\frac{v_{AStanR1}}{c}$$

1.102306846453969294614600005615921925771578945932482484115935668436 1

---

momento de inercia de la membrana del positón en su posición radio mínimo

$$I_{m\bar{A}} = \frac{2}{3} * M_{\bar{A}} * R_{m\bar{A}}^{2}$$

$4.3197085897719127044290241447272646712672568655500529197383320968 \times 10^{-68}$

$$\frac{I_{m\bar{A}}}{I_{\bar{A}}}$$

$4.3816640846225436239028982112916259029269256377303326547839848113 \times 10^{-10}$

Velocidad de rotación angular del positón en su posición de radio mínimo

$$\omega_{m\bar{A}S} = \frac{S_{\bar{A}}}{I_{m\bar{A}}}$$

$1.2625091693779450202775467644438929465383144014437927238887968316 \times 10^{33}$

$$\frac{\omega_{m\bar{A}S}}{\omega_{AS}}$$

$2.2822379367453142545031981700628239771063534210989466660428683741 \times 10^{9}$

Energía cinética de rotación del positón en su posición de radio mínimo

$$E_{m\alpha\bar{A}} = \frac{1}{2} I_{m\bar{A}} * \omega_{m\bar{A}S}^{2}$$

0.034426552663035123601452020627753724252192913173633465405153588 73

$$\frac{E_{m\alpha\bar{A}}}{E_{\alpha\bar{A}}}$$

$2.2822379367453142545031981700628239771063534210989466660428683741 \times 10^{9}$

Velocidad tangencial de la membrana del positón en su posición de radio mínimo

$$v_{AStanRmA} = \omega_{mAS} * R_{mA}$$

$$1.57871475452397460214198751953813490964222031067016374643345784 48 \times 10^{13}$$

$$\frac{v_{AStanRmA}}{c}$$

52660.255866876230827060616699641420253548216702308226394189604 49

---

momento de inercia de la membrana del positón en su posición radio máximo

$$I_{HA} = \frac{2}{3} * M_A * R_{HA}^2$$

$$3.9586384956487390266003071270417308895680355186938342549788565965639 \times 10^{-58}$$

$$\frac{I_{HA}}{I_A}$$

4.0154153364554066949763163341049743051085931541617119369093075540136

Velocidad de rotación angular del positón en su posición de radio máximo

$$\omega_{HAS} = \frac{S_A}{I_{HA}}$$

$$1.3776634844586807087756459834921423399513524900512302261671356086918 \times 10^{23}$$

$$\frac{\omega_{HAS}}{\omega_{AS}}$$

0.24904024022649332414721464560708508756538759050454771493876891221527

Energía cinética de rotación del positón en su posición de radio máximo

$$E_{HoA} = \frac{1}{2} I_{HA} * \omega_{HAS}^2$$

$$3.7566621811567314113501168813258044643387693679204590360595121850 16 \times 10^{-12}$$

$$\frac{E_{HoA}}{E_{oA}}$$

0.24904024022649332414721464560708508756538759050454771493876891221 53

Velocidad tangencial de la membrana del positón en su posición de radio máximo

$$v_{AStanRHA} = \omega_{HAS} * R_{HA}$$

$$1.6491416913428857982655568162867298216596669019241022527214502407762 \times 10^{8}$$

$$\frac{v_{AStanRHA}}{c}$$

0.55009445612633984216692896800183339557517050743287953318740601565641

Momento magnético de spin del ton A y comprobaciones

$$\mu SA = \frac{gAB}{2} * \frac{e * S_A}{m_A}$$

$$1.0542944371705326156574945582978753386431612109102752095735715235 3032 \times 10^{-26}$$

$$\mu SA \Big/ \frac{\omega_{mAS} * e * R_{mA}^2}{3}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\mu SA \Big/ \frac{\omega_{AS} * e * R_{A1}^2}{3}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\mu SA \Big/ \frac{\omega_{HAS} * e * R_{HA}^2}{3}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{S_B}{S_A}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

ENSAYOS Y COMPROBACIONES

momento angular de spin del negatón

$$S = S_B$$

$5.4536717036277117585636683773859223140295968443479627641598947939 2829 \times 10^{-35}$

momento magnético de spin del negatón

$$\mu S = \frac{g\bar{A}B}{2} * \frac{e * S}{m_B}$$

$5.2772171816412206903968109450757542395737395161009422787107324325582 \times 10^{-27}$

$$\frac{\mu S}{\mu SB}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{\mu S}{\mu S\bar{A}}$$

0.500544913791253207226022348774621125426234523265559951466150627666 45

momento angular del protón igual al del negatón por hipótesis según (39)

$$J = S$$

$5.4536717036277117585636683773859223140295968443479627641598947939 2829 \times 10^{-35}$

Valor α tomado

$$\alpha$$

0.517145640510000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Valor n según (41)

$$n = -\alpha * \mathrm{Sin}[\theta]$$

-0.116225830467140893822819074578100446884362688996607254486054380057457

momento angular orbital de un positon

$$L = n * \hbar$$

$-1.2256847456437584277233215802443906661476349217652124500439499987498 3 \times 10^{-35}$

$$J == 2 * L + S * (1 + 2 * \mathrm{Sin}[\theta])$$

True

momento magnético orbital de los positones

$$\mu L_A = \frac{e * L}{2 * m_A} * \mathrm{Cos}[pi - \theta]$$

$2.2868100063054948708833688407235812951369987912832108620897553830 4201 \times 10^{-27}$

$$-\frac{e * S * \mathrm{Sin}[\theta] * \mathrm{Cos}[pi - \theta]}{2 * m_A}$$

$2.2868100063054948708833688407235812951369987912832108620897553830 4201 \times 10^{-27}$

$$\frac{e * S * \mathrm{Sin}[\theta] * \mathrm{Cos}[\theta]}{2 * m_A}$$

$2.2868100063054948708833688407235812951369987912832108620897553830 4201 \times 10^{-27}$

momento magnético total del protón

$$\mu SB$$

$5.2772171816412206903968109450757542395737395161009422787107324325582 \times 10^{-27}$

μSA

$1.054294437170532615657494558297875338643161210910275209573571523530 32 \times 10^{-26}$

$\mu = \mu SB + 2 * \mu SA * \mathrm{Sin}[\theta] + 2 * \mu L_R$

$1.458978254806739270874020990110366310675780140609251026755613781262 61 \times 10^{-26}$

$\frac{\mu SA}{\mu N}$

2.087387889480222187415273539556231373951786254966614056871043250253 34

$\frac{\mu SB}{\mu N}$

1.044831391188783792296431471177285195150235083141482961795939276611 23

$\frac{\mu L_R}{\mu N}$

0.452763416405295064108219284491237492391980933803296374014931492348 17

$\frac{\mu}{\mu N}$

2.888617669530559983120000000000000000000000000000000000000000000000

$2 * \mu o * \alpha \Big/ \frac{\mu}{\mu N}$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$\frac{\mu}{\mu L_R}$

6.379971448366289925566282687376698696584799988213733610155954620663 5

$\frac{\mu}{\mu S}$

2.764673509899009565132580517372461216204646407643362345959190432567 4

$\frac{J}{S}$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

componente Jz del momento angular J según (55)

$Jz = \mu z * \frac{J}{\mu}$

$5.272858626681446989815666286748489943322481750169092964785915984756 9 \times 10^{-35}$

resultados

$\frac{Jz}{\hbar}$

0.500000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$\frac{J}{\hbar}$

0.517145640510000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$\frac{J}{Jz}$

1.034291281020000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$\frac{\mu}{\mu z}$

1.034291281020000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$2 * \alpha$

1.034291281020000000000000000000000000000000000000000000000000000000

frecuencia de precesión de Larmor ωP para un campo Bp = 1 Tesla

$$B_p = 1 * \zeta$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\omega p = \frac{\mu z}{Jz} * B_p$$

$2.6752220047206835690983592879527599263105851574716164896614281018057 \times 10^{8}$

$$\frac{\omega p * mp}{e * B_p} \Big/ \mu o$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\omega_p = \frac{\omega p}{2 * pi}$$

$4.2577480591950654874099949472553303241111635559035299257314385173719 \times 10^{7}$

$$\omega p * \frac{mp}{e}$$

2.7928473560000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{\mu z}{pi * \hbar} * B_p$$

$4.2577480591950654874099949472553303241111635559035299257314385173719 5 \times 10^{7}$

$$\frac{\mu}{2 * pi * \alpha * \hbar} * B_p$$

$4.2577480591950654874099949472553303241111635559035299257314385173719 \times 10^{7}$

$$\frac{\mu}{2 * pi * \alpha * \hbar} * B_p / \omega_p$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{J}{Jz} \Big/ \frac{\mu}{\mu z}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{Jz}{J}$$

0.96684562497115654163633703605326366400930215974605509297054482096189

ángulo de precesión según (57)

$$\phi = \frac{180}{pi} * ArcCos\left[\frac{Jz}{J}\right]$$

14.795011622334032857226980681292865220234335125803677769715277309049

Soluciones gráficas de la ecuación (28)

```
Clear[x]
```

$$\alpha o = \frac{(n * \hbar)^2}{m_A * R_{Al} * k * e^2}$$

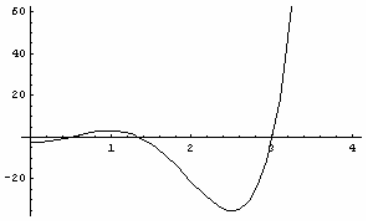
2.6053831734342073195492489761028964922971948199398902412418664094435

$$i1 = \frac{0}{3} * \zeta;$$

$$i2 = 4 * \zeta;$$

$$Fx[x_] := \frac{Aspin_B}{Aspin_A} * x^3 * (4 * x^2 - 1) - x^3 * (x^2 - 1) - \alpha o * (x^2 - 1) * (4 * x^2 - 1)$$

```
Plot[Fx[x], {x, i1, i2}]
```



- Graphics -

Solución numérica de la ecuación (28)

```
Clear[x]

pr = 80;

χ = 5;

x0 = 2 * ζ;

x1 = 10000000 * ζ;

Clear[x]

XXX = FindRoot[Aspin_B/Aspin_A * x^3 * (4 * x^2 - 1) - x^3 * (x^2 - 1) - α0 * (x^2 - 1) * (4 * x^2 - 1) == 0, {x, {x0, x1}}, WorkingPrecision → pr,
  MaxIterations → χ * pr]

{x → 3.0030120231661881097801357682689385381094999145522623338998840762282199421434886}

x = x /. XXX

3.0030120231661881097801357682689385381094999145522623338998840762282199421434886
Fx[x]

0. × 10^-66

Clear[r]
```

Radio órbita de los positones

```
r = x * R_A1

1.7939348134194128796353479388857301489529335300391931138090559875866 1 × 10^-15
```

Relación cociente mínimo próximo a la unidad

```
r/(R_HA + R_HB)

1.0000000000011239034783241634969509027760908635479821939555817684895 6
```

Otras relaciones

```
r/(R_HA + R_mB)

1.4986141440011824222507386895727517654034448501177767061409090394242

r/(R_HB + R_mA)

3.0054680094370474593247589980973216973630122510182539774442093384471

r/(R_mB + R_mA)

99459.449448338751563553655253465697503727992187002426468534334 60

r/(R_A1 + R_B1)

2.0012809983666700830951837426969194298211017618662136606016763415579
```

Diámetros

ϕmáximopositón = $2 * R_{HA}$

$2.3941139617137719734194326167021562978026294107009454082926339327647 8 \times 10^{-15}$

ϕequilibriopositón = $2 * R_{A1}$

$1.1947569970286034223739506447938739072874312476540778382154418361374 2 \times 10^{-15}$

ϕmínimopositón = $2 * R_{mA}$

$2.5009161007548614626114733085017289995206202310245757209639678980 \times 10^{-20}$

ϕmáximonegatón = $2 * R_{HB}$

$1.1937556651210213666978900183380962070536885409172043775105485895261 1 \times 10^{-15}$

ϕequilibrionegatón = $2 * R_{B1}$

$5.9802953807917886391486305664107588623508135269764211447064281556101 \times 10^{-16}$

ϕmínimonegatón = $2 * R_{mB}$

$1.1064531806349754736462009855254103052491146872671994332057684785 \times 10^{-20}$

ϕórbita = $2 * r$

$3.5878696268388257592706958777714602979058670600783862276181119751732 \times 10^{-15}$

ϕmáximoórbita = $2 * (r + R_{HA})$

$5.9819835885525977326901284944736165957084964707793316359107459079380 \times 10^{-15}$

ϕmínimoórbit = $2 * (r + R_{mA})$

$3.5878946359998333078853219925045453151958622662806964733753216148522 \times 10^{-15}$

Fuerzas de ligadura

Fuerza atractiva del negatón B sobre los positones A

$$FBA = \delta_B * \delta_A * \frac{\hbar spin_B}{\hbar spin_A} * \frac{k * e^2}{r^2 - R_{A1}^2}$$

-80.62923351823647554851325537585404743639749883556287949907562620781 2

Fuerza repulsiva entre positones A

$$FAA = \delta_A * \delta_A * \frac{k * e^2}{(2 * r)^2 - R_{A1}^2}$$

18.43310203151353794488359256063516565421642601515344304252630389925 3

Fuerza centrífuga en los positones A

$$FC = \frac{L^2}{m_A * r^3}$$

62.19613148672293760362966281521888178218107282040943645654932230855 9

Equilibrio de fuerzas

$$\frac{-FBA}{FAA + FC}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

ANEXO II

EL ANTIPROTON DE ASPIN BUBBLES. Cálculo. Versión 2

Yoël Lana-Renault

Universidad de Zaragoza, 50009 - Zaragoza, España

Instrucciones:

1.- Entre valores η y factor τ en "**Datos de Entrada**"

2.- Click en **Kernel/Evaluation/Evaluation Notebook** y espere unos 20 segundos

3.- Repita, Click en **Kernel/Evaluation/Evaluation Notebook**

4.- Si es necesario más precisión, cambie cantidad de "**digits**"

---

dígitos significantes o decimales con los que queremos trabajar

```
digits = 70;
pi = N[Pi, digits]
```

3.1415926535897932384626433832795028841971693993751058209749445923078 16

```
ζ = N[1, digits]
```

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Masa del electrón en kg

$$m_o = \frac{910938291}{100000000} * 10^{-31} * \zeta$$

$9.109382910000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-31}$

$$mo = m_o$$

$9.109382910000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-31}$

Masa del protón en kg

$$m_p = \frac{1672621777}{1000000000} * 10^{-27} * \zeta$$

$1.672621777000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-27}$

$$mp = m_p$$

$1.672621777000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-27}$

Masa del neutrón en kg

$$m_n = \frac{1674927351}{1000000000} * 10^{-27} * \zeta$$

$1.674927351000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-27}$

$$mn = m_n$$

$1.674927351000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-27}$

Cociente entre masa protón y 4 veces la masa del electrón

$$p_o = \frac{m_p}{4 * m_o}$$

459.0381679871661032196087583280654957120470853058036617323401108407243

carga eléctrica del electrón en Culombios

$$e = \frac{1602176565}{1000000000} * 10^{-19} * \zeta$$

$$1.602176565000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-19}$$

Constante de Planck

$$h = \frac{662606957}{100000000} * 10^{-34} * \zeta$$

$$6.626069570000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-34}$$

Constante reducida de Planck

$$\hbar = \frac{h}{2 * pi}$$

$$1.054571725336289397963133257349697988664496350033818592957183196951376 \times 10^{-34}$$

velocidad de la luz en m/s

$$c = \frac{299792458}{100000000} * 10^{8} * \zeta$$

$$2.997924580000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{8}$$

Constante Universal de Gravitación

$$G = \frac{667384}{100000} * 10^{-11} * \zeta$$

$$6.673840000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$$

Constante de Coulomb

$$k = c^2 * 10^{-7}$$

$$8.987551787368176400000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{9}$$

Datos de Entrada:

Info: ($\eta = \frac{\text{masa ton}}{\text{masa electrón}}$)

POSITÓN A

$$\eta_A = 2 * p_\circ - \frac{1}{2}; \qquad \delta_A = 1 * \zeta;$$

NEGATÓN B

$$\eta_B = p_\circ + \frac{1}{4}; \qquad \delta_B = -1 * \zeta;$$

factor de excitación τ

$$\tau = \frac{10^0}{1} * \zeta$$

$$1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$\tau_A = \tau$$

$$1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$\tau_B = \tau$$

$$1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

---

distancia **d** en metros entre dos tones

$$d = 1 * \zeta;$$

Fuerza eléctrica entre dos cargas eléctricas **e** separadas por una distancia **d**

$$F_E = \frac{k * e^2}{d^2}$$

$$2.3070773523706157567133013158943290000000000000000000000000000000000 \times 10^{-28}$$

Masa activa m de los tones en kg

$$m_A = \eta_A * m_o$$

$$8.3585541935450000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-28}$$

$$m_B = \eta_B * m_o$$

$$4.1838317882275000000000000000000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-28}$$

Comprobación masa antiprotón

$$\frac{2 * m_B + m_A}{m_p}$$

$$1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$\frac{m_A}{m_p}$$

$$0.49972769148903649602548490554538559018175452106408871657301159244682 0$$

$$\frac{m_B}{m_p}$$

$$0.25013615425548175198725754722730720490912273946795564171349420377659 0$$

$$\frac{m_A}{m_B}$$

$$1.9978227176972955614734349496186756227594662789588761118559711283862 8$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE GIROMAGNÉTICO gAB

ángulo θ según (37)

$$\theta = \text{ArcSin}\left[-1 * \zeta + \frac{\sqrt{6}}{2} * \zeta\right]$$

$$0.22668120151537757708289958479840582314185576662570313271707353696499 2$$

$$\frac{180}{pi} * \theta$$

$$12.987876141785655730748381435201571260561498506473226467752888382761 8$$

magnetón nuclear

$$\mu N = \frac{e * \hbar}{2 * m_p}$$

$$5.0507835294237581168192898605845430388232105970966953011794756949624 3 \times 10^{-27}$$

coeficiente del momento magnético del protón en la dirección z

$$\mu o = \frac{2792847356}{1000000000} * \zeta$$

$$2.7928473560000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

momento magnético del antiprotón en la dirección z

$$\mu z = -\mu o * \mu N$$

$$-1.4106067425879491060142292816931149640445609067532686748236722376142 09 \times 10^{-26}$$

COMPROBACIÓN COEFICIENTE GIROMAGNÉTICO gAB

$$gAB = \frac{2 * m_A * (\mu o * m_B - m_p * \text{Sin}[\theta]\ \text{Cos}[\theta])}{m_p * (m_B + 2 * m_A * \text{Sin}[\theta])}$$

$$1.0096404923748998463870175809184380493999819558851461529198381147557 7$$

Masa pasiva m de los tones en kg, cantidad de materia A o B que tienen las membranas

$$M_A = \frac{m_A}{gAB}$$

$$8.2787430344476521927252333255751078905577624952179934128722749121171 \times 10^{-28}$$

$$M_B = \frac{m_B}{gAD}$$

$$4.1438827184775380476687083645165084708749739281761296115527542197659 \times 10^{-28}$$

Aspin del positón A:

$$HA = \frac{G * m_A{}^2}{k * e^2}$$

$$2.0210448899863719982684896617699988063357375078713345138303348270643 5 \times 10^{-37}$$

$$Aspin_A = \sqrt{1 + HA} + \delta_A * \sqrt{HA}$$

$$1.0000000000000000004495603285418289663051946366624791825202999178103043980631424309222 97$$

Aspin del negatón B:

$$HB = \frac{G * m_B{}^2}{k * e^2}$$

$$5.0636311784084925872035900048837270136970301854427958757138909629697 2 \times 10^{-38}$$

$$Aspin_B = \sqrt{1 + HB} + \delta_B * \sqrt{HB}$$

$$0.99999999999999999977497486410606275147547927743968455602834548762924814814104716261102 58$$

Energía de los tones

$$E_{mA} = \tau_A * m_A * c^2$$

$$7.5122938682009131007099301338000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$$

Energía positón en eV

$$\frac{E_{mA}}{e}$$

$$4.6888052367692153209780160114874729802329869929161022274720389509629 4 \times 10^{8}$$

$$E_{mB} = \tau_B * m_B * c^2$$

$$3.7602404866331861313537663331000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$$

Energía negatón en eV

$$\frac{E_{mB}}{e}$$

$$2.3469576130226234655690188135413152794429994674151284942805289378327 7 \times 10^{8}$$

Energía antiprotón

$$2 * E_{mB} + E_{mA}$$

$$1.5032774841467285363417462800000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-10}$$

Energía antiprotón en eV

$$\frac{2 * E_{mB} + E_{mA}}{e}$$

$$9.3827204628144622521160536385701035391189859277463592160330968266284 7 \times 10^{8}$$

Comprobación Energía antiprotón

$$\frac{2 * E_{mB} + E_{mA}}{\tau_A * m_p * c^2}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

---

velocidad máxima de la membrana del positón A

$$v_{HA} = \sqrt{\frac{2 * E_{mA}}{M_A}}$$

$4.260093006459675121940948727709898522014879552594457768167626398463 76 \times 10^{8}$

$$\frac{v_{HA}}{c}$$

1.421014069159696846656812403102515181357524195153187532211909880155 74

velocidad máxima de la membrana del negatón B

$$v_{HB} = \sqrt{\frac{2 * E_{mB}}{M_B}}$$

$4.260093006459675121940948727709898522014879552594457768167626398463 76 \times 10^{8}$

$$\frac{v_{HB}}{c}$$

1.421014069159696846656812403102515181357524195153187532211909880155 74

---

frecuencia de pulsación de las membranas en Hz

$$\nu_A = \frac{2 * E_{mA}}{h}$$

$2.267496224975770394970341409741642661322072415246313207665279614623 79 \times 10^{23}$

$$\nu_B = \frac{2 * E_{mB}}{h}$$

$1.134983702452489079843381823441977534202074488632331097000540548203 148 \times 10^{23}$

frecuencia de pulsación angular de las membranas en rad/s

$$\omega_A = 2 * pi * \nu_A$$

$1.424709896485293863516802188727279006065008918775909983172141972728 10 \times 10^{24}$

$$\omega_B = 2 * pi * \nu_B$$

$7.131312923137766976540947005658489309560067137064176843189697011236 05 \times 10^{23}$

Evaluación de los parámetros del Positón A

valores preliminares de los parámetros xA, roA y AoA

Working Precision → χ · digits

$$\chi = 2 / 2;$$

$$\varepsilon = \frac{1}{1000} * \zeta$$

0.001000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$xA0 = 1 * \zeta - \varepsilon$$

0.999000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$xA1 = 1 * \zeta$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$AoA0 = \frac{v_{HA}}{\omega_A}$$

$2.990147690395894320918567061288348763523645350339184911159437021974 70 \times 10^{-16}$

$$AoA1 = AoA0 * \frac{10}{100}$$

$$2.99014769039589432091856706128834876352364535033918491115943702197470 \times 10^{-17}$$

$$roA0 = AoA0$$

$$2.99014769039589432091856706128834876352364535033918491115943702197470 \times 10^{-16}$$

$$roA1 = AoA1$$

$$2.99014769039589432091856706128834876352364535033918491115943702197470 \times 10^{-17}$$

Radio posición de equilibrio del positón A (ecuación 14)

$$RA1 = \frac{v_{HA}}{\omega_A} * Aspin_A$$

$$2.99014769039589432226281883937131809647620620818807670560269028316198 \times 10^{-16}$$

$$RRA1 = \frac{\hbar}{m_A * c} * \sqrt{\frac{gAB}{2 * \tau_A}} * Aspin_A$$

$$2.99014769039589432226281883937131809647620620818807670560269028316198 \times 10^{-16}$$

$$\frac{RA1}{RRA1}$$

$$1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

Resolución numérica del sistema de ecuaciones 5, 24 y 25 de Aspin Bubbles [1] con las últimas modificaciones

```
Clear[xA, roA, AoA]

AAA =
 FindRoot[
  {M_A * xA^2 * ω_A^2 / (E_mA * (2 * xA)^(2*xA)) * (roA^2 - 2 * xA * AoA^2 - roA * Sqrt[roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2]) * (roA * (2 * xA - 1) + Sqrt[roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2])^(2 * (xA - 1)) -
    -ζ,

   1 / (k * e^2 * ((ArcSin[(-roA + Sqrt[(roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2)]) / (2 * xA * AoA)])^2 - (pi/2)^2)) * 2 * m_A * v_HA * ω_A *
     ArcSin[(-roA + Sqrt[roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2]) / (2 * xA * AoA)] * RA1^2 == δ_A,

   ((roA + (-roA + Sqrt[roA^2 + 4 * xA * (xA - 1) * AoA^2]) / (2 * xA))^xA) / RA1 == ζ},

  {xA, {xA0, xA1}}, {roA, {roA0, roA1}}, {AoA, {AoA0, AoA1}}, WorkingPrecision → χ * digits]
```

$$\{xA \to 0.9937642015705142038233735251031139164756850545304234130185404680405949,$$
$$roA \to 2.40443133934682629114563121705477863086474965701898921891908923671831 5 \times 10^{-16},$$
$$AoA \to 2.40438459417548818412811263866258546421356091893451552814742806350182 6 \times 10^{-16}\}$$

Exponente x para el positón A

$$x_A = Re[xA \;/.\; AAA]$$

$$0.9937642015705142038233735251031139164756850545304234130185404680405949$$

```
Accuracy[xA]
```

$$\infty$$

```
Precision[xA]
```

$$\infty$$

Parámetro ro para el positón A

$$roA = Re[roA \;/.\; AAA]$$

$$2.40443133934682629114563121705477863086474965701898921891908923671831 5 \times 10^{-16}$$

```
Accuracy[roA]
```

86

```
Precision[roA]
```

70

Otra denominación:

```
r_oA = roA
```

$2.404431339346826291145631217054778630864749657018989218919089236718315 \times 10^{-16}$

Parámetro Ao para el positón A

```
A_oA = Re[AoA /. AAA]
```

$2.404384594175488184128112638662585464213560918934515528147428063501826 \times 10^{-16}$

```
Accuracy[AoA]
```

∞

```
Precision[AoA]
```

∞

Comprobación que roA > AoA:

$$\frac{r_{oA}}{A_{oA}}$$

1.000019441636521605178788183128430048218863423344879962940385483312860

Comprobación ecuación (24). Potencial + Energía = 0

$$\frac{M_A * x_A^2 * \omega_A^2}{E_{mA} * (2 * x_A)^{2*x_A}} * \left(r_{oA}^2 - 2 * x_A * A_{oA}^2 - r_{oA} * \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}\right) * \left(r_{oA} * (2 * x_A - 1) + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}\right) \wedge (2 * (x_A - 1))$$

-0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999951278

Comprobación ecuación (25). Condición de contorno de las fuerzas eléctricas

$$1 \Big/ \left(k * e^2 * \left(\left(\text{ArcSin}\left[\left(-r_{oA} + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}\right) / (2 * x_A * A_{oA})\right]\right) \wedge 2 - \left(\frac{pi}{2}\right)^2\right)\right) * 2 * m_A * v_{HA} * \omega_A * \text{ArcSin}\left[\left(-r_{oA} + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}\right) \Big/ (2 * x_A * A_{oA})\right] * RA1^2$$

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999930806

Comprobación ecuación (5)

Radio posición de equilibrio del positón A

$$R_{A1} = \left(r_{oA} + \frac{-r_{oA} + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}}{2 * x_A}\right) \wedge x_A$$

$2.990147690395894322262818839371318096476206208188076705602690282741 2 \times 10^{-16}$

$$\frac{R_{A1}}{RA1}$$

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999859282

Otros resultados

Radio máximo (en m) de la membrana del positón A

```
R_HA = (r_oA + A_oA)^x_A
```

$5.991807832862278370704331043556014888421388792197786236178336605041 7 \times 10^{-16}$

Radio mínimo (en m) de la membrana del positón A

```
R_mA = (r_oA - A_oA)^x_A
```

$6.259104170257567190932781071590014888522242835124413123380970117 5 \times 10^{-21}$

$$\frac{R_{HA}}{R_{mA}}$$

95729.479329239389219199268211830055244592200471812407911910461698

Ángulo φ (en rad) de la posición de equilibrio de la membrana del positón A

$$\varphi_{A1} = \mathrm{ArcSin}\left[\frac{-r_{oA} + \sqrt{r_{oA}^2 + 4 * x_A * (x_A - 1) * A_{oA}^2}}{2 * x_A * A_{oA}}\right]$$

-0.006274845257355169468638466165706905802578705591404443765752313999980

Aceleración total de la membrana del positón A

$$a_A = \frac{2 * v_{HA} * \omega_A * \varphi_{A1}}{\varphi_{A1}^2 - \left(\frac{pi}{2}\right)^2}$$

$3.0870645739387684260621443377191132253389553860078664620119873089 10 \times 10^{30}$

Comprobación carga eléctrica e

$$e \Big/ \sqrt{\frac{\delta_A * m_A * a_A * R_{A1}^2}{k}}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000004867

Fuerza repulsiva entre dos positones A y comprobación

$$f_{AA} = \delta_A * \frac{m_A * a_A * R_{A1}^2}{d^2}$$

$2.3070773523706157567133013158943289999999999999999999999999997754 \times 10^{-28}$

f_{AA} / F_E

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999902662

Comprobaciones del Potencial anarmónico VA de la membrana del positón A

$$VA[r_] := \frac{1}{2} * M_A * x_A^2 * \omega_A^2 * r^2 * \left(1 - 2 * roA * r^{-\frac{1}{x_A}} + \left(roA^2 - A_{oA}^2\right) * r^{-\frac{2}{x_A}}\right)$$

$VA[R_{HA}]$

$0. \times 10^{-78}$

$VA[R_{A1}]$

$-7.5122938682009131007099301337999999999999999999999999999999996340 \times 10^{-11}$

E_{mA}

$7.5122938682009131007099301338000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$

$\frac{VA[R_{A1}]}{E_{mA}}$

-0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999951278

$VA[R_{mA}]$

$0. \times 10^{-79}$

Comprobaciones de la velocidad de la membrana del positón A

$$velocityA[wt_] := x_A * A_{oA} * \omega_A * Cos[wt] * (r_{oA} + A_{oA} * Sin[wt])^{x_A - 1}$$

$velocityA[\varphi_{A1}] / v_{HA}$

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999756390

$velocityA[-pi / 2] / v_{HA}$

$0. \times 10^{-70}$

$velocityA[pi / 2] / v_{HA}$

$0. \times 10^{-70}$

Comprobaciones de la aceleración de la membrana del positón A

$$\text{accelerationÃ}[wt_] := -x_A * \omega_A^2 * (r_{oA} + Ã_{oA} * \text{Sin}[wt])^{x_A} * \left(x_A - \frac{(2 * x_A - 1) * r_{oA}}{r_{oA} + Ã_{oA} * \text{Sin}[wt]} + \frac{(x_A - 1) * (r_{oA}^2 - Ã_{oA}^2)}{(r_{oA} + Ã_{oA} * \text{Sin}[wt])^2}\right)$$

$$\text{accelerationÃ}[\varphi_{A1}]$$

$$0. \times 10^{-27}$$

$$\text{accelerationÃ}[-pi / 2]$$

$$6.4940494365978790322106336950456722077447273696340569727709845 00 \times 10^{32}$$

$$\text{accelerationÃ}[pi / 2]$$

$$-6.0431015069881795309015398313295323011948333623967222788089121374428 \times 10^{32}$$

$$\frac{\text{accelerationÃ}[-pi / 2]}{-\text{accelerationÃ}[pi / 2]}$$

$$1.0746219352907158717347795602734080394737884765210062941963946450$$

$$a_A$$

$$3.0870645739387684260621443377191132253389553860078664620119873089 10 \times 10^{30}$$

$$\frac{2 * \delta_A * \tau_A * m_A * k * e^2 * c^2}{gÃB * ħ^2 * Ãspin_A^2} \Big/ a_A$$

$$1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000006919$$

Evaluación de los parámetros del Negatón B

valores preliminares de los parámetros xB, roB y AoB

$$\varepsilon$$

$$0.0010000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$xB0 = 1 * \zeta + \varepsilon$$

$$1.0010000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$xB1 = 1 * \zeta$$

$$1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

$$ÃoB0 = \frac{v_{HB}}{\omega_B}$$

$$5.9737849851430171105255014458864002036355112964010626488833539202286 \times 10^{-16}$$

$$ÃoB1 = ÃoB0 * \frac{1041}{1000}$$

$$6.2187101695338808120570470051677426119845672595535062174875714309580 \times 10^{-16}$$

$$roB0 = ÃoB0$$

$$5.9737849851430171105255014458864002036355112964010626488833539202286 \times 10^{-16}$$

$$roB1 = ÃoB1$$

$$6.2187101695338808120570470051677426119845672595535062174875714309580 \times 10^{-16}$$

Radio posición de equilibrio del negatón B (ecuación 14)

$$RB1 = \frac{v_{HB}}{\omega_B} * Ãspin_B$$

$$5.9737849851430171091812496678034308711363567935705230578277329761015 \times 10^{-16}$$

$$RRB1 = \frac{ħ}{m_B * c} * \sqrt{\frac{gÃB}{2 * \tau_B}} * Ãspin_B$$

$$5.9737849851430171091812496678034308711363567935705230578277329761015 \times 10^{-16}$$

$$\frac{RB1}{RRB1}$$

$$1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$$

Resolución numérica del sistema de ecuaciones 5, 24 y 25 de Aspin Bubbles [1] con las últimas modificaciones

```
Clear[xB, roB, AoB]

BBB =
 FindRoot[
  {M_B * xB^2 * ω_B^2 / (E_nB * (2 * xB)^(2+xB)) * (roB^2 - 2 * xB * AoB^2 - roB * Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2]) * (roB * (2 * xB - 1) + Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2])^(2 * (xB - 1)) ==
    -ζ,

   1 / ((k * e^2) * ((ArcSin[(-roB + Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2]) / (2 * xB * AoB)])^2 - (pi/2)^2)) * 2 * m_B * v_HB * ω_B *
     ArcSin[(-roB + Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2]) / (2 * xB * AoB)] * RB1^2 == δ_B,

   ((roB + (-roB + Sqrt[roB^2 + 4 * xB * (xB - 1) * AoB^2]) / (2 * xB))^xB) / RB1 == ζ},

  {xB, {xB0, xB1}}, {roB, {roB0, roB1}}, {AoB, {AoB0, AoB1}}, WorkingPrecision → χ * digits]
```

$$\{xB \to 1.006314550963447342094807937865863048996303552587486283887206097091562,$$
$$roB \to 7.397091216233306619381588271698775448089221366752699068084565784405413 \times 10^{-16},$$
$$AoB \to 7.396943752292030618463044958065785704260799327501165374251482369473474 \times 10^{-16}\}$$

Exponente x para el negatón B

```
x_B = Re[xB /. BBB]
```

1.006314550963447342094807937865863048996303552587486283887206097091562

```
Accuracy[xB]
```

∞

```
Precision[xB]
```

∞

Parámetro ro para el negatón B

```
roB = Re[roB /. BBB]
```

$7.397091216233306619381588271698775448089221366752699068084565784405413 \times 10^{-16}$

```
Accuracy[roB]
```

85

```
Precision[roB]
```

70

Otra denominación

```
r_oB = roB
```

$7.397091216233306619381588271698775448089221366752699068084565784405413 \times 10^{-16}$

Parámetro Ao para el negatón B

```
A_oB = Re[AoB /. BBB]
```

$7.396943752292030618463044958065785704260799327501165374251482369473474 \times 10^{-16}$

```
Accuracy[AoB]
```

∞

```
Precision[AoB]
```

∞

Comprobación que roB > AoB:

```
r_oB / A_oB
```

1.000019935793243027901898935624360109133850262335361392122510799541644

Comprobación ecuación (24). Potencial + Energía = 0

$$\frac{M_B * x_B^2 * \omega_B^2}{E_{mB} * (2 * x_B)^{2*x_B}} * \left(r_{oB}^2 - 2 * x_B * \bar{a}_{oB}^2 - r_{oB} * \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}\right) * \left(r_{oB} * (2 * x_B - 1) + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}\right) \wedge (2 * (x_B - 1))$$

-1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000043014

Comprobación ecuación (25). Condición de contorno de las fuerzas eléctricas

$$1 \Big/ \left((k * e^2) * \left(\left(\bar{a}rcSin\left[\left(-r_{oB} + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}\right) \Big/ (2 * x_B * \bar{a}_{oB})\right]\right) \wedge 2 - \left(\frac{pi}{2}\right)^2\right)\right) * 2 * m_B * v_{HB} * \omega_B *$$

$$\bar{a}rcSin\left[\frac{-r_{oB} + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}}{2 * x_B * \bar{a}_{oB}}\right] * RB1^2$$

-0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999712757

Comprobación ecuación (5)

Radio posición de equilibrio del negatón B

$$R_{B1} = \left(r_{oB} + \frac{-r_{oB} + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}}{2 * x_B}\right) \wedge x_B$$

$5.973784985143017109181249667803430871136356793570523057827732975661 1 \times 10^{-16}$

$$\frac{R_{B1}}{RB1}$$

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999926276

Otros resultados

Radio máximo (en m) de la membrana del negatón B

$$R_{HB} = (r_{oB} + \bar{a}_{oB})^{x_B}$$

$1.192456093579310783837276405367300390321108993392477551343791165581 16 \times 10^{-15}$

Radio mínimo (en m) de la membrana del negatón B

$$R_{mB} = (r_{oB} - \bar{a}_{oB})^{x_B}$$

$1.105248650170504373306913184208812265374980625123241977893477571 8 \times 10^{-20}$

$$\frac{R_{HB}}{R_{mB}}$$

107890.300829171164565507929134390448540794713181020364994264422 90

Ángulo φ (en rad) de la posición de equilibrio de la membrana del negatón B

$$\varphi_{B1} = \bar{a}rcSin\left[\frac{-r_{oB} + \sqrt{r_{oB}^2 + 4 * x_B * (x_B - 1) * \bar{a}_{oB}^2}}{2 * x_B * \bar{a}_{oB}}\right]$$

0.006274845257355169477104034786272230166099269845247669479204381825263

Aceleración total de la membrana del negatón B

$$a_B = \frac{2 * v_{HB} * \omega_B * \varphi_{B1}}{\varphi_{B1}^2 - \left(\frac{pi}{2}\right)^2}$$

$-1.5452144710302126562780661378752013648958126701592435698135944123014 \times 10^{20}$

Comprobación carga eléctrica e

$$e \Big/ \sqrt{\frac{\delta_B * m_B * a_B * R_{B1}^2}{k}}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000015099

Fuerza repulsiva entre dos negatones B y comprobación

$$f_{BB} = \delta_B * \frac{m_B * a_B * R_{B1}^2}{d^2}$$

$2.3070773523706157567133013158943289999999999999999999999999999930329 \times 10^{-28}$

f_{EB} / F_E

0.999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999698012

Comprobaciones del Potencial anarmónico VB de la membrana del negatón B

$$VB[r_] := \frac{1}{2} * M_B * x_B^2 * \omega_B^2 * r^2 * \left(1 - 2 * roB * r^{-\frac{1}{x_B}} + \left(roB^2 - \lambda_{oB}^2\right) * r^{-\frac{2}{x_B}}\right)$$

$VB[R_{HB}]$

$0. \times 10^{-78}$

$VB[R_{B1}]$

$-3.760240486633186131353766333100000000000000000000000000000000000016174 \times 10^{-11}$

E_{nB}

$3.760240486633186131353766333100000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-11}$

$$\frac{VB[R_{B1}]}{E_{nB}}$$

-1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000043014

$VB[R_{nB}]$

$0. \times 10^{-80}$

Comprobaciones de la velocidad de la membrana del negatón B

$$velocityB[wt_] := x_B * \lambda_{oB} * \omega_B * Cos[wt] * (r_{oB} + \lambda_{oB} * Sin[wt])^{x_B - 1}$$

$velocityB[\varphi_{B1}] / v_{HB}$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000215071

$velocityB[-pi / 2] / v_{HB}$

$0. \times 10^{-70}$

$velocityB[pi / 2] / v_{HB}$

$0. \times 10^{-70}$

Comprobaciones de la aceleración de la membrana del negatón B

$$accelerationB[wt_] := -x_B * \omega_B^2 * (r_{oB} + \lambda_{oB} * Sin[wt])^{x_B} * \left(x_B - \frac{(2 * x_B - 1) * r_{oB}}{r_{oB} + \lambda_{oB} * Sin[wt]} + \frac{(x_B - 1) * (r_{oB}^2 - \lambda_{oB}^2)}{(r_{oB} + \lambda_{oB} * Sin[wt])^2}\right)$$

$accelerationB[\varphi_{B1}]$

$0. \times 10^{-27}$

$accelerationB[-pi / 2]$

$2.837260502874634797778383865027897394118072614644406838342118231 4 \times 10^{32}$

$accelerationB[pi / 2]$

$-3.051271219161629286924112095666442031771517568219624296312833373270 3 \times 10^{32}$

$$\frac{accelerationB[-pi / 2]}{-accelerationB[pi / 2]}$$

0.929861785165791877940580741669579962169345552565461397447635279 3

a_B

$-1.545214471030212656278066137875201364895812670159243569813594412301 4 \times 10^{30}$

$$\frac{2 * \delta_B * \tau_B * m_B * k * e^2 * c^2}{gAB * \hbar^2 * \lambda spin_B^2} \Big/ a_B$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000028724

Relaciones que se cumplen

$$\frac{R_{A1}}{R_{B1}} \Big/ \left(\sqrt{\frac{\tau_B}{\tau_A}} * \frac{m_B}{m_A} * \frac{\text{Aspin}_A}{\text{Aspin}_B}\right)$$

0.9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999933006

$$-\frac{a_A}{a_B} \Big/ \left(\frac{\tau_A}{\tau_B} * \frac{m_A}{m_B} * \left(\frac{\text{Aspin}_B}{\text{Aspin}_A}\right)^2\right)$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000021805

---

*Fuerza atractiva que el positón **A** ejerce sobre el negatón **B** y comprobaciones*

$$f_{AB} = \delta_A * \sqrt{\frac{\tau_A}{\tau_B}} * m_A * a_B * \frac{R_{A1} * R_{B1}}{d^2}$$

$-2.3070773523706157582696221631324986957202694606273829808778406131392 \times 10^{-28}$

$$f_{AB} \Big/ \left(\delta_A * \delta_B \frac{\text{Aspin}_A}{\text{Aspin}_B} * F_E\right)$$

0.9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999691313

$$f_{AB} / -F_E$$

1.0000000000000000006745854644357662149815140450295276918189534258078

*Fuerza atractiva que el negatón **B** ejerce sobre el positón **A** y comprobaciones*

$$f_{BA} = \delta_B * \sqrt{\frac{\tau_B}{\tau_A}} * m_B * a_A * \frac{R_{B1} * R_{A1}}{d^2}$$

$-2.3070773523706157551569804686561593053296019609178428860099285001 80 \times 10^{-28}$

$$f_{BA} \Big/ \left(\delta_B * \delta_A * \frac{\text{Aspin}_B}{\text{Aspin}_A} * F_E\right)$$

0.9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999909361

$$f_{BA} / -F_E$$

0.9999999999999999993254145355642337854735515037984907127216149666908 8

Relaciones entre f_{AB} *y* f_{BA}

$$\frac{f_{AB}}{f_{BA}}$$

1.0000000000000000013491709288715324304180936388870737884854558567058

$$\left(\frac{f_{AB}}{f_{BA}}\right) \Big/ \left(\frac{\text{Aspin}_A}{\text{Aspin}_B}\right)^2$$

0.9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999781951

Comprobación de la fuerza de la Gravedad

Fuerza de gravedad entre 2 particulas neutras iguales separadas por una distancia d = 1 m, y donde cada partícula está formada por la unión del positón A más el negatón B

$$FG = -G * \frac{(m_A + m_B)^2}{d^2}$$

$-1.0498714215452258668877691225315000000000000000000000000000000000000000 \times 10^{-64}$

Según Aspin Bubbles, la fuerza de la gravedad es el sumatorio de todas las fuerzas fij existentes entre las dos partículas, es decir:

$$\Sigma Fij = f_{AA} + f_{AB} + f_{BA} + f_{BB}$$

$-1.0498714215452258668877691225 31 \times 10^{-64}$

Comparación de ambas fuerzas

$$\frac{FG}{\Sigma Fij}$$

1.000000000000000000000000000000

$$FG - \Sigma Fij$$

$-0. \times 10^{-95}$

$$\frac{FG - \Sigma Fij}{FG}$$

$0. \times 10^{-31}$

Comparación entre los radios del positón A y los del negatón B

R_{HA}

$5.9918078328622783707043310435560148884213887921977862361783366050417 \times 10^{-16}$

R_{HB}

$1.1924560935793107838372764053673003903211089933924775513437911655811 6 \times 10^{-15}$

$$\frac{R_{HA}}{R_{HB}}$$

0.50247618047529903233068293744373695704820997771580689726860733408439

$$\frac{R_{HB}}{R_{HA}}$$

1.9901440881318721231965499309781416370906178169251452354183773782639

R_{A1}

$2.9901476903958943222628188393713180964762062081880767056026902827412 \times 10^{-16}$

R_{B1}

$5.9737849851430171091812496678034308711363567935705230578277329756611 \times 10^{-16}$

$$\frac{R_{A1}}{R_{B1}}$$

0.50054491379125320756368267191545423187535162177050793299052258987130

$$\frac{R_{B1}}{R_{A1}}$$

1.9978227176972955601257327837405208418918765895253085206837629629099

R_{mA}

$6.2591041702575671909327810715900148885222428351244131233809701175 \times 10^{-21}$

R_{nB}

$1.105248650170504373306913184208812265374980625123241977893477571 8 \times 10^{-20}$

$\frac{R_{nA}}{R_{nB}}$

0.566307334489120472508247043236522563882657902127313065015806892 8

$\frac{R_{nB}}{R_{nA}}$

1.765825619938551843668136674746829888385731597180317215832136478 3

Valores α

Valor α "límite"

$$\alpha lim = \frac{51714564051}{100000000000} * \zeta$$

0.517145640510000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Valor α para la mecánica cuántica

$$\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} * \zeta$$

0.866025403784438646763723170752936183471402626905190314027903489725966 5

$$\alpha = \frac{3 * \sqrt{3}}{10} * \zeta$$

0.519615242270663188058233902451761710082841576143114188416742093835579 9

$\alpha = \alpha lim$

0.517145640510000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Relación entre α y α "límite"

$\frac{\alpha}{\alpha lim}$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Resultados del Negaton B

x_B

1.006314550963447342094807937865863048996303552587486283887206097091562

r_{oB}

$7.397091216233306619381588271698775448089221366752699068084565784405413 \times 10^{-16}$

$\bar{R}_{oB}$

$7.396943752292030618463044958065785704260799327501165374251482369473474 \times 10^{-16}$

R_{HB}

$1.192456093579310783837276405367300390321108993392477551343791165581 16 \times 10^{-15}$

R_{B1}

$5.973784985143017109181249667803430871136356793570523057827732975661 1 \times 10^{-16}$

R_{nB}

$1.105248650170504373306913184208812265374980625123241977893477571 8 \times 10^{-20}$

Magnetón de Bohr

$$\mu_{oB} = \frac{e * \hbar}{2 * m_o}$$

$$9.27400967298573914857252849248050836006569680773371457220516030853332 \times 10^{-24}$$

---

momento angular de spin del negatón

$$S_B = \alpha * \hbar$$

$$5.45367170362771175856366837738592231402959684434796276415989479392829 \times 10^{-35}$$

momento de inercia de la membrana del negatón en su posición de equilibrio

$$I_B = \frac{2}{3} * M_B * R_{B1}{}^2$$

$$9.85860281926206113971145497107385414392430869960628639929652444334 9 \times 10^{-59}$$

Velocidad de rotación angular del negatón en su posición de equilibrio

$$\omega_{BS} = \frac{S_B}{I_B}$$

$$5.53189108396998135557122036106644884263972915711652773684649409652 82 \times 10^{23}$$

Energía cinética de rotación del negatón en su posición de equilibrio

$$E_{oB} = \frac{1}{2} * I_B * \omega_{BS}{}^2$$

$$1.50845589360987586504089102857176895491761429025268110276080972253 52 \times 10^{-11}$$

Relaciones

$$\frac{E_{oB}}{E_{mB}}$$

$$0.40115942024774722977069190611276480434166482845619998677849457738 98$$

$$\frac{E_{mB}}{E_{oB}}$$

$$2.49277456673564341739353293875474082630313817017576439713009697926 19$$

Energía total del negatón en su posición de equilibrio

$$E_{TOTALB} = E_{mB} + E_{oB}$$

$$5.26869638024306199639465736167176895491761429025268110276080972253 52 \times 10^{-11}$$

Relaciones

$$\frac{E_{oB}}{E_{TOTALB}}$$

$$0.28630533717342161937391307081084535010025786485472820452097749406 24$$

$$\frac{E_{TOTALB}}{E_{oB}}$$

$$3.49277456673564341739353293875474082630313817017576439713009697926 2$$

Velocidad tangencial de la membrana del negatón en su posición de equilibrio

$$v_{BStanR1} = \omega_{BS} * R_{B1}$$

$$3.30463278968664038837762186886170478943924409477989209598409784687 03 \times 10^{8}$$

$$\frac{v_{BStanR1}}{c}$$

$$1.10230684645396929511069350145616564824964479085724434601490136448 67$$

---

momento de inercia de la membrana del negatón en su posición radio mínimo

$$I_{mB} = \frac{2}{3} * M_B * R_{mB}^{\ 2}$$

$$3.37470785734788839914286224364130701827326640892791326350061362 31 \times 10^{-58}$$

$$\frac{I_{mB}}{I_B}$$

$$3.42310966291721747592672157692973480132820662210162901766144530 50 \times 10^{-10}$$

Velocidad de rotación angular del negatón en su posición de radio mínimo

$$\omega_{mBS} = \frac{S_B}{I_{mB}}$$

$$1.61604261291928158775982940323843518148838645640881142079605852 34 \times 10^{23}$$

$$\frac{\omega_{mBS}}{\omega_{BS}}$$

$$2.92132037379073422754352762827150659987106745956814629012599625 68 \times 10^{9}$$

Energía cinética de rotación del negatón en su posición de radio mínimo

$$E_{mcB} = \frac{1}{2} I_{mB} * \omega_{mBS}^{\ 2}$$

0.0440668293496723858436204032575465094854829149707335186162165141 7

$$\frac{E_{mcB}}{E_{cB}}$$

$$2.92132037379073422754352762827150659987106745956814629012599625 7 \times 10^{9}$$

Velocidad tangencial de la membrana del negatón en su posición de radio mínimo

$$v_{BStanRmB} = \omega_{mBS} * R_{mB}$$

$$1.78612891654705086679447656303920606547680047092086508920862537 65 \times 10^{13}$$

$$\frac{v_{BStanRmB}}{c}$$

59578.847595527265292126747332623226481461400570686307565770229 50

---

momento de inercia de la membrana del negatón en su posición radio máximo

$$I_{HB} = \frac{2}{3} * M_B * R_{HB}^{\ 2}$$

$$3.92826692858219505182391901854701732131054375317387027228137069 46824 \times 10^{-58}$$

$$\frac{I_{HB}}{I_B}$$

3.98460816466509680587462624671591988496365978952084695144288205518 08

Velocidad de rotación angular del negatón en su posición de radio máximo

$$\omega_{HBS} = \frac{S_B}{I_{HB}}$$

$$1.38831494976744657318151784483984207149461378243483026046031786012 24 \times 10^{23}$$

$$\frac{\omega_{HBS}}{\omega_{BS}}$$

0.25096570570422680857410582803481792719853460111586711085574553242343

Energía cinética de rotación del negatón en su posición de radio máximo

$$E_{HcB} = \frac{1}{2} I_{HB} * \omega_{HBS}^{\ 2}$$

$$3.78570697863502571264155868382573617357372048609204405601134899246 9 \times 10^{-12}$$

$$\frac{E_{HcB}}{E_{cB}}$$

0.25096570570422680857410582803481792719853460111586711085574553242 34

Velocidad tangencial de la membrana del negatón en su posición de radio máximo

$$v_{BStanRHB} = \omega_{HBS} * R_{HB}$$

$$1.655504621657446421005059841946922066895339866816215030956316733405 9 \times 10^{8}$$

$$\frac{v_{BStanRHB}}{c}$$

0.552216901219525149296804471961373380145320355863060114392976735060 47

Momento magnético de spin del ton B y comprobaciones

$$\mu SB = \frac{gAB}{2} * \frac{e * S_B}{m_B}$$

$$1.054294437170532615657494558297875338643161210910275209573571523530 32 \times 10^{-26}$$

$$\mu SB \Big/ \frac{\omega_{mBS} * e * R_{mB}^{2}}{3}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\mu SB \Big/ \frac{\omega_{BS} * e * R_{B1}^{2}}{3}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\mu SB \Big/ \frac{\omega_{HBS} * e * R_{HB}^{2}}{3}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Results of the Positon A

$$x_A$$

0.993764201570514203823373525103113916475685054530423413018540468040 5949

$$r_{oA}$$

$$2.404431339346826291145631217054778630864749657018989218919089236718315 \times 10^{-16}$$

$$\bar{n}_{oA}$$

$$2.404384594175488184128112638662585464213560918934515528147428063501826 \times 10^{-16}$$

$$R_{HA}$$

$$5.991807832862278370704331043556014888421388792197786236178336605041 7 \times 10^{-16}$$

$$R_{A1}$$

$$2.990147690395894322262818839371318096476206208188076705602690282741 2 \times 10^{-16}$$

$$R_{mA}$$

$$6.259104170257567190932781071590014888522242835124413123380970117 5 \times 10^{-21}$$

---

momento angular de spin del positón

$$S_A = \alpha * \hbar$$

$$5.453671703627711758563668377385922314029596844347962764159894793928 29 \times 10^{-35}$$

momento de inercia de la membrana del positón en su posición de equilibrio

$$I_A = \frac{2}{3} * M_A * R_{A1}^{2}$$

$$4.934673498269734223543880916010368031624162851490027442202245501076 2 \times 10^{-59}$$

Velocidad de rotación angular del positón en su posición de equilibrio

$$\omega_{AS} = \frac{S_A}{I_A}$$

$$1.105173767938234638272269219134260288743620366507866047562671259422 2 \times 10^{24}$$

Energía cinética de rotación del positón en su posición de equilibrio

$$E_{\omega A} = \frac{1}{2} * I_A * \omega_{AS}{}^2$$

$$3.013627452898184733955430127350016130738694914997927967288159486024 0 \times 10^{-11}$$

Relaciones

$$\frac{E_{\omega A}}{E_{mA}}$$

$$0.401159420247747229229459278471546240659093982281206344042437246236 2$$

$$\frac{E_{mA}}{E_{\omega A}}$$

$$2.492774566735643420756711916424800663056588011060209189954141842890 1$$

Energía total del positón en su posición de equilibrio

$$E_{TOTALA} = E_{mA} + E_{\omega A}$$

$$1.052592132109909783466536026115001613073869491499792796728815948602 40 \times 10^{-10}$$

Relaciones

$$\frac{E_{\omega A}}{E_{TOTALA}}$$

$$0.286305337173421619098230780763619313917732808711612314835142403098 1$$

$$\frac{E_{TOTALA}}{E_{\omega A}}$$

$$3.492774566735643420756711916424800663056588011060209189954141842890$$

Velocidad tangencial de la membrana del negatón en su posición de equilibrio

$$v_{AStanR1} = \omega_{AS} * R_{A1}$$

$$3.304632789686640386148364623641280747282661348105735592730942406683 3 \times 10^{8}$$

$$\frac{v_{AStanR1}}{c}$$

$$1.102306846453969294367093325490289934939811377144696412853368848486 3$$

---

momento de inercia de la membrana del positón en su posición radio mínimo

$$I_{mA} = \frac{2}{3} * M_A * R_{mA}{}^2$$

$$2.162208163670767020570577513357005144911485553116806864438388241 8 \times 10^{-68}$$

$$\frac{I_{mA}}{I_A}$$

$$4.381664084622642939853115448406925550000277933272648033765435320 2 \times 10^{-10}$$

Velocidad de rotación angular del positón en su posición de radio mínimo

$$\omega_{mAS} = \frac{S_A}{I_{mA}}$$

$$2.522269499884344188857919052223628417011829116662172153430831449 1 \times 10^{33}$$

$$\frac{\omega_{mAS}}{\omega_{AS}}$$

$$2.282237936745262524698052870297967151281816978148028853881420875 6 \times 10^{9}$$

Energía cinética de rotación del positón en su posición de radio mínimo

$$E_{mmA} = \frac{1}{2} I_{mA} * \omega_{mAS}^{2}$$

0.06877814900221233949415413533185739982490824323942844637079375832

$$\frac{E_{mmA}}{E_{mA}}$$

$2.282237936745262524698052870297967151281816978148028853881420876 \times 10^{9}$

Velocidad tangencial de la membrana del positón en su posición de radio mínimo

$$v_{AStanRmA} = \omega_{mAS} * R_{mA}$$

$1.578714754523956710005650978195325342339077231087585574076687741 0 \times 10^{13}$

$$\frac{v_{AStanRmA}}{c}$$

52660.25586687563400963379066044834731429692040777041742913651754

---

momento de inercia de la membrana del positón en su posición radio máximo

$$I_{HA} = \frac{2}{3} * M_A * R_{HA}^{2}$$

$1.981476364535234361000231082535131895406083355696455461846338989697 8 \times 10^{-58}$

$$\frac{I_{HA}}{I_A}$$

4.015415336455406694065602059256056647107222973983466981282381788073 6

Velocidad de rotación angular del positón en su posición de radio máximo

$$\omega_{HAS} = \frac{S_A}{I_{HA}}$$

$2.752327406593567400146962907937670801960870353058463610869184698943 3 \times 10^{23}$

$$\frac{\omega_{HAS}}{\omega_{AS}}$$

0.249040240226493324203698093216338373687367205832231060110911633086 79

Energía cinética de rotación del positón en su posición de radio máximo

$$E_{HmA} = \frac{1}{2} I_{HA} * \omega_{HAS}^{2}$$

$7.505145048229191214270299279978704341243139894737189648701449694640 \times 10^{-12}$

$$\frac{E_{HmA}}{E_{mA}}$$

0.249040240226493324203698093216338373687367205832231060110911633086 8

Velocidad tangencial de la membrana del positón en su posición de radio máximo

$$v_{AStanRHA} = \omega_{HAS} * R_{HA}$$

$1.649141691342885798082282848757215923564638027904426560924155565234 6 \times 10^{8}$

$$\frac{v_{AStanRHA}}{c}$$

0.550094456126339842105795352849475594067359102110709723366074661302 71

Momento magnético de spin del ton A y comprobaciones

$$\mu SA = \frac{gAB}{2} * \frac{e * S_A}{m_A}$$

$5.277217181641220690396810945075754239573739516100942278710732432558 2 \times 10^{-27}$

$$\mu SA \Big/ \frac{\omega_{mAS} * e * R_{mA}^{2}}{3}$$

1.000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\mu S\bar{A} \Big/ \frac{\omega_{AS} * e * R_{A1}{}^2}{3}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\mu S\bar{A} \Big/ \frac{\omega_{HAS} * e * R_{HA}{}^2}{3}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{S_B}{S_A}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

ENSAYOS Y COMPROBACIONES

momento angular de spin del positón

$$S = S_A$$

$5.45367170362771175856366837738592231402959684434796276415989479392829 \times 10^{-35}$

momento magnético de spin del positón

$$\mu S = \frac{g\bar{A}B}{2} * \frac{e * S}{m_A}$$

$5.27721718164122069039681094507575423957373951610094227871073243255 82 \times 10^{-27}$

$$\frac{\mu S}{\mu S\bar{A}}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{\mu S}{\mu S\bar{B}}$$

0.5005449137912532072260223487746211254262345232655599514661506276664 5

momento angular del antiprotón

$$J = -S$$

$-5.45367170362771175856366837738592231402959684434796276415989479392829 \times 10^{-35}$

Valor α tomado

$$\alpha$$

0.5171456405100000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

Valor n según (85)

$$n = \alpha * \mathrm{Sin}[\theta]$$

0.116225830467140893822819074578100446884362688996607254486054380057457

momento angular orbital de un negaton

$$L = n * \hbar$$

$1.2256847456437584277233215802443906661476349217652124500439499987498 3 \times 10^{-35}$

$$J == 2 * L - S * (1 + 2 * \mathrm{Sin}[\theta])$$

True

momento magnético orbital de un negatón

$$\mu L_B = \frac{e * L}{2 * m_B} * \mathrm{Cos}[pi - \theta]$$

$-2.2868100063054948708833688407235812951369987912832108620897553830420 1 \times 10^{-27}$

$$\frac{e * S * \mathrm{Sin}[\theta] * \mathrm{Cos}[pi - \theta]}{2 * m_B}$$

$-2.2868100063054948708833688407235812951369987912832108620897553830420 1 \times 10^{-27}$

$$-\frac{e * S * \mathrm{Sin}[\theta] * \mathrm{Cos}[\theta]}{2 * m_B}$$

$-2.2868100063054948708833688407235812951369987912832108620897553830420 1 \times 10^{-27}$

momento magnético total del antiprotón

μSB

$1.0542944371705326156574945582978753386431612109102752095735715235303 2 \times 10^{-26}$

μSA

$5.2772171816412206903968109450757542395737395161009422787107324325582 \times 10^{-27}$

$\mu = -\mu SA - 2 * \mu SB * \mathrm{Sin}[\theta] + 2 * \mu L_B$

$-1.4589782548067392708740209901103663106757801406092510267556137812626 1 \times 10^{-26}$

$\frac{\mu}{\mu N}$

$-2.8886176695305599831200000000000000000000000000000000000000000000000000$

$-2 * \mu o * \alpha \Big/ \frac{\mu}{\mu N}$

$1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$

$\frac{\mu}{\mu L_B}$

$6.3799714483662899255662826873766986965847999882137336101559546206635$

$\frac{\mu}{\mu S}$

$-2.7646735098990095651325805173724612162046464076433623459591904325674$

$\frac{J}{-S}$

$1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$

componente Jz del momento angular J según (55)

$Jz = \mu z * \frac{J}{\mu}$

$-5.2728586266814469898156662867484899433224817501690929647859159847569 \times 10^{-35}$

resultados

$\frac{Jz}{\hbar}$

$-0.5000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$

$\frac{J}{\hbar}$

$-0.5171456405100000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$

$\frac{J}{Jz}$

$1.0342912810200000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$

$\frac{\mu}{\mu z}$

$1.0342912810200000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$

$2 * \alpha$

$1.0342912810200000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$

frecuencia de precesión de Larmor ωP para un campo Bp = 1 Tesla

$B_P = 1 * \zeta$

$1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000$

$\omega p = \frac{\mu z}{Jz} * B_P$

$2.6752220047206835690983592879527599263105851574716164896614281018057 \times 10^{8}$

$$\frac{\omega p * mp}{e * B_p} \Big/ \mu o$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\omega_p = \frac{\omega p}{2 * pi}$$

4.257748059195065487409994947255330324111163555903529925731438517371 9 × 10^7

$$-\frac{\mu z}{pi * \hbar} * B_p$$

4.2577480591950654874099949472553303241111635559035299257314385173719 5 × 10^7

$$-\frac{\mu}{2 * pi * \alpha * \hbar} * B_p$$

4.257748059195065487409994947255330324111163555903529925731438517371 9 × 10^7

$$-\frac{\mu}{2 * pi * \alpha * \hbar} * B_p / \omega_p$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{J}{Jz} \Big/ \frac{\mu}{\mu z}$$

1.0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000

$$\frac{Jz}{J}$$

0.9668456249711565416363370360532636640093021597460550929705448209618 9

ángulo de precesión según (57)

$$\phi = \frac{180}{pi} * ArcCos\left[\frac{Jz}{J}\right]$$

14.795011622334032857226980681292865220234335125803677769715277309049

Soluciones gráficas de la ecuación (92)

```
Clear[x]
```

$$\alpha o = \frac{(n * \hbar)^2}{m_B * R_{B1} * k * e^2}$$

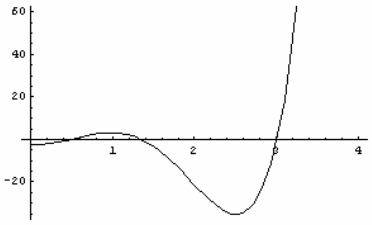
2.605383173434207320721802381418516454915810513944312357158633229423 6

$$i1 = \frac{0}{3} * \zeta;$$

$$i2 = 4 * \zeta;$$

$$Fx[x_] := \frac{Aspin_A}{Aspin_B} * x^3 * (4 * x^2 - 1) - x^3 * (x^2 - 1) - \alpha o * (x^2 - 1) * (4 * x^2 - 1)$$

```
Plot[Fx[x], {x, i1, i2}]
```



- Graphics -

Solución numérica de la ecuación (92)

```
Clear[x]

pr = 80;

χ = 5;

x0 = 2 * ζ;

x1 = 10000000 * ζ;

Clear[x]

XXX = FindRoot[Âspin_A/Âspin_B * x^3 * (4 * x^2 - 1) - x^3 * (x^2 - 1) - αo * (x^2 - 1) * (4 * x^2 - 1) == 0, {x, {x0, x1}}, WorkingPrecision → pr,
  MaxIterations → χ * pr]
```

{x → 3.003012023166188104155593291514192508794206964591352870137759705992975135265823 6}

```
x = x /. XXX
```

3.0030120231661881041555932915141925087942069645913528701377597059929751352658236

```
Fx[x]
```

$-0.\times 10^{-66}$

```
Clear[r]
```

Radio órbita de los negatones

```
r = x * R_B1
```

$1.7939348134194128754680063489429315407509394442214074066272600855492 7\times 10^{-15}$

Relación cociente mínimo próximo a la unidad

$$\frac{r}{R_{HA}+R_{HB}}$$

1.0012825905648328053790416695289909585751658351568403119484259679292 8

Otras relaciones

$$\frac{r}{R_{A1}+R_{B1}}$$

2.0012809983666700784461733799631786554192243566632810443354585676874

$$\frac{r}{R_{mB}+R_{mA}}$$

103626.2263481553836683929482997726853879646370062127222639155399 7

$$\frac{r}{R_{HA}+R_{mB}}$$

2.9939239928159557771255623084723701500405661490727687870281783186128

$$\frac{r}{R_{HB}+R_{mA}}$$

1.5043953458005583876380584824870331430770382165389993557585005621717

Diámetros

ϕmáximopositón = $2 * R_{HA}$

$1.19836156657245567414086620871120297768427775843955724723566732100834 \times 10^{-15}$

ϕequilibriopositón = $2 * R_{A1}$

$5.98029538079178864452563767874263619295241241637615341120538056548 24 \times 10^{-16}$

ϕmínimopositón = $2 * R_{mA}$

$1.25182083405151343818655621431800297770444856702488262467619402 35 \times 10^{-20}$

ϕmáximonegatón = $2 * R_{HB}$

$2.38491218715862156767455281073460078064221798678495510268758233116233 \times 10^{-15}$

ϕequilibrionegatón = $2 * R_{B1}$

$1.19475699702860342183624993356068617422727135871410461156554659513222 \times 10^{-15}$

ϕmínimonegatón = $2 * R_{mB}$

$2.21049730034100874661382636841762453074996125024648395578695514 36 \times 10^{-20}$

ϕórbita = $2 * r$

$3.58786962683882575093601269788586308150187888844281481325452017109 85 \times 10^{-15}$

ϕmáximoórbita = $2 * (r + R_{HB})$

$5.97278181399744731861056550862046386214409687522776991594210250226 09 \times 10^{-15}$

ϕmínimoórbit = $2 * (r + R_{mB})$

$3.58789173181182916102347883614954725774718638805531727809407804065 00 \times 10^{-15}$

Fuerzas de ligadura

Fuerza atractiva del positón A sobre los negatones B

$$FAB = \delta_A * \delta_B * \frac{Aspin_A}{Aspin_B} * \frac{k * e^2}{r^2 - R_{B1}{}^2}$$

-80.62923351823647606957091696241542810538508815152312292204018271588 9

Fuerza repulsiva entre negatones B

$$FBB = \delta_B * \delta_B * \frac{k * e^2}{(2 * r)^2 - R_{B1}{}^2}$$

18.43310203151353803249318757426679849619011421598053129600479343670 6

Fuerza centrífuga en los negatones B

$$FC = \frac{L^2}{m_B * r^3}$$

62.19613148672293803707772938814862960919497393554259162603538927918 3

Equilibrio de fuerzas

$$\frac{-FAB}{FBB + FC}$$

1.00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000