

PROBLEMAS DE

LAS OLIMPIADAS

INTERNACIONALES

DE FÍSICA

José Luis Hernández Pérez

Agustín Lozano Pradillo

Madrid 2008

XXV OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA. CHINA. 1994

1.-PARTÍCULA RELATIVISTA

En la teoría especial de la relatividad la relación entre la energía E y el momento p de una partícula libre de masa en reposo m_0 es:

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$$

Cuando la citada partícula esta bajo la acción de una fuerza conservativa, la energía total de la partícula, la cual es la suma de $\sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$ y la energía potencial, se conserva. Si la energía de la partícula es muy grande, su energía en reposo puede despreciarse (tal partícula se denomina ultrarrelativista).

1) Considerar el movimiento unidimensional de una partícula ultrarrelativista que está sometida a una fuerza central de módulo f . Suponer que la partícula está localizada en el origen de la fuerza siendo su momento inicial p_0 en el tiempo $t=0$. Describir el movimiento de la partícula dibujando, al menos durante un periodo, x frente a t y el momento p frente a x . Especificar las coordenadas de los puntos de retorno en función de los parámetros p_0 y f . Indicar con flechas la dirección del progreso del movimiento en el diagrama (p,x) . Existen intervalos muy cortos para los que la partícula no es ultrarrelativista, aunque estos deben ser ignorados.

2) Un mesón es una partícula formada por dos quarks. La masa en reposo del mesón es M y esta magnitud multiplicada por c^2 es la energía total de los dos quarks.

Considerar un modelo unidimensional para el mesón en reposo, en el cual se supone que los quarks se mueven a lo largo del eje x atrayéndose entre sí con una fuerza de módulo constante f . Se admite que ellos pueden pasar uno a través del otro libremente. La masa en reposo de los quarks se desprecia. En el tiempo $t=0$, los dos quarks se encuentran en $x=0$. Mostrar separadamente el movimiento de los dos quarks en los diagramas (x,t) y (p,x) especificando los puntos de retorno en función de M y f e indicando la dirección del proceso en el diagrama (p,x) y determinar la distancia máxima entre ellos.

3) El sistema de referencia utilizado en el apartado 2) se denomina sistema S ; el sistema ligado al laboratorio, referido como S' , se mueve en la dirección negativa del eje X con velocidad constante $v = 0,6 c$. Las coordenadas de los dos sistemas de referencia se han elegido de modo que $x = 0$ en S coincide con $x' = 0$ en S' , en el tiempo $t = t' = 0$. Dibujar el movimiento de los dos quarks en un diagrama (x', t') . Especificar las coordenadas del punto de retorno en función de M , f y c y determine la máxima distancia entre los dos quarks en el sistema del laboratorio S' . Las coordenadas de una partícula observada en los sistemas S y S' están relacionadas por la transformación de Lorentz

$$x' = \gamma(x + \beta ct) \quad ; \quad t' = \gamma\left(t + \beta \frac{x}{c}\right)$$

Donde $\beta = \frac{v}{c}$; $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$, siendo v la velocidad del sistema S

moviéndose con relación al sistema S' .

4) Para un mesón con masa en reposo $Mc^2 = 140 \text{ MeV}$ y velocidad $0,6c$ relativa al sistema del laboratorio S , determinar la energía E' en dicho sistema

2.- IMÁN SUPERCONDUCTOR

Los imanes superconductores se utilizan ampliamente en los laboratorios. La forma más corriente de un imán superconductor lo constituye un solenoide hecho con hilos superconductores. Lo llamativo de los imanes superconductores es que con ellos se logran campos magnéticos intensos sin que haya disipación de energía térmica por efecto Joule, debido a que la resistencia eléctrica de un hilo superconductor se anula cuando el imán se sumerge en helio líquido a una temperatura de 4,2 K. El imán generalmente tiene un diseño con un interruptor superconductor como el que se muestra en la figura 1. La resistencia eléctrica de este interruptor se puede controlar: $r = 0$ en el estado superconductor ó $r = r_n$ en estado normal. Cuando el sistema se encuentra en un estado persistente, circula de modo permanente una corriente por el imán y por el interruptor, este modo permite mantener un campo magnético por largos periodos aunque la fuente de corriente externa esté apagada.

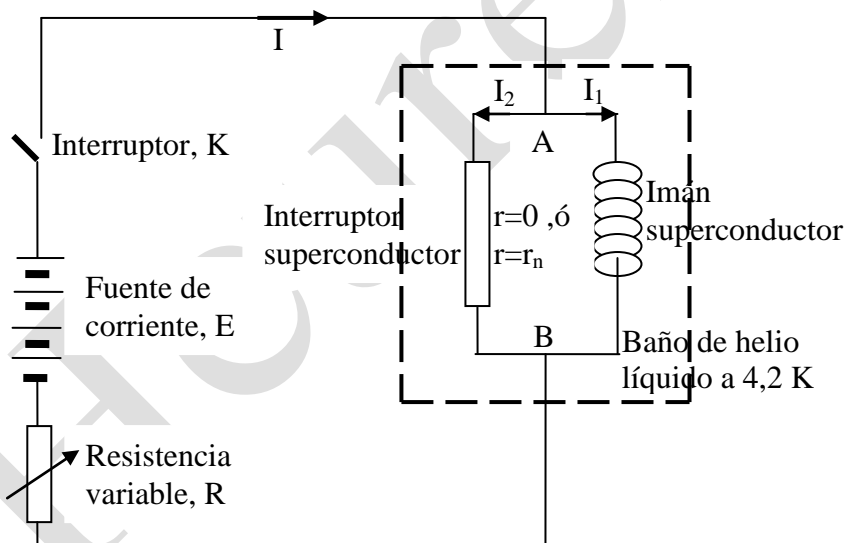


Fig.1

Los detalles del interruptor superconductor no aparecen en la figura 1. Normalmente es una pequeña tira de material superconductor envuelto por un hilo que puede calentarse y convenientemente aislado del baño de helio líquido. Cuando el hilo se calienta la temperatura de la tira superconductora aumenta y su estado revierte al estado normal $r = r_n$. La resistencia es de unos pocos ohmios, en este problema de 5Ω . La inductancia del imán superconductor depende su tamaño, aquí se

supone que $L = 10 \text{ H}$. La corriente total se puede modificar variando la resistencia R .

1.- Si la corriente I y la resistencia del interruptor superconductor se controlan de manera que varíen como indican las figuras 2a y 2b respectivamente y suponiendo que las corriente I_1 e I_2 que fluyen a través del imán y del interruptor superconductor son iguales al principio (fig. 2c y 2d), indicar cómo varían a medida que transcurre el tiempo.

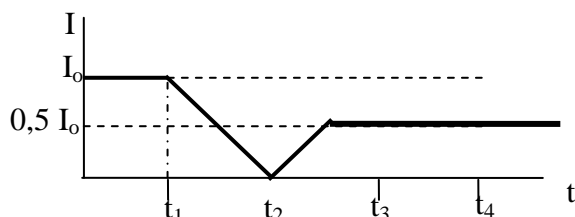


Fig.2a

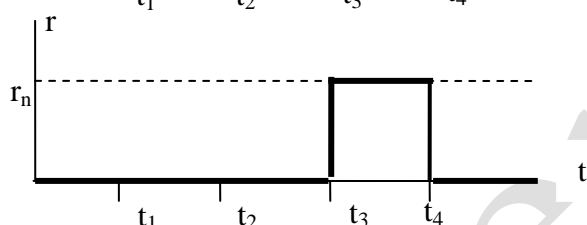


Fig.2b

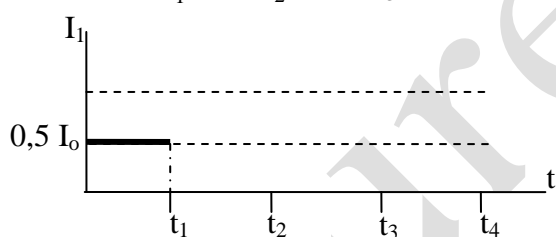


Fig.2c

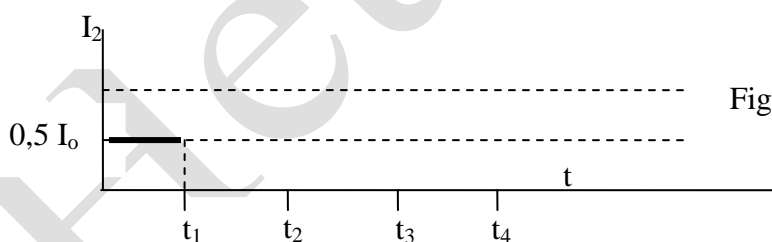
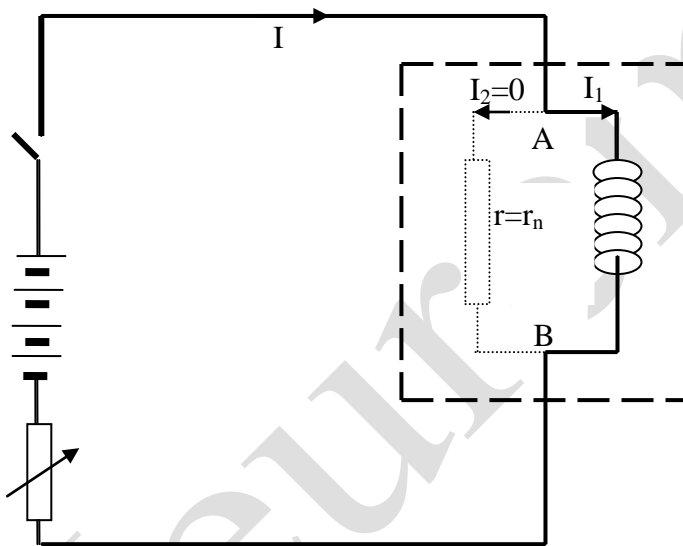
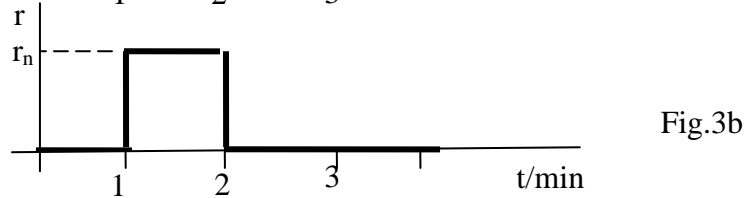
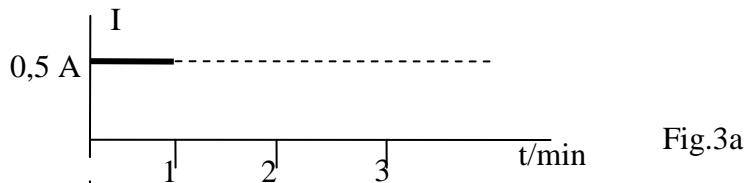


Fig.2d

2.- Suponer que el interruptor K se cierra a $t=0$, cuando $r=0$, $I_1 =0$ y $R =7,5 \Omega$ y la corriente total es $I=0,5 \text{ A}$. Con K mantenido cerrado, la resistencia r del interruptor superconductor se varía tal como indica la figura 3b . Determinar cómo varían I , I_1 e I_2 .



3.- Solamente corrientes pequeñas, menores de 0,5 A, deben fluir a través del interruptor superconductor cuando se encuentra en su estado normal, con intensidades superiores el interruptor se quema. Suponer que el imán superconductor está operando en el modo persistente, esto es, $I=0$, e $I_1 = i_1$ (esto es, 20 A), $I_2 = -i_1$ como indica la figura 4, en el intervalo de 0 a 3 minutos. Si el experimento debe detenerse reduciendo la corriente a través del imán superconductor hasta cero ¿Cómo podría hacerse? Esta operación requiere varias etapas. Dibujar los correspondientes cambios de I , r , I_1 e I_2 .

4.- Suponer que el imán está operando en el modo persistente con una corriente de 20 A($t=0$ a $t =3$ minutos) ¿Cómo podríamos cambiar a un modo persistente con una corriente de 30 A?

Heureka

3.- CHOQUES ENTRE DISCOS CON SUPERFICIES CON ROZAMIENTO

Un disco homogéneo A de masa m y radio R_A , se desplaza de modo uniforme sobre una superficie plana XY sin rozamiento, siendo la velocidad de su centro de masas V . El centro del disco se encuentra a una distancia b del sistema de coordenadas XY (ver figura 1)

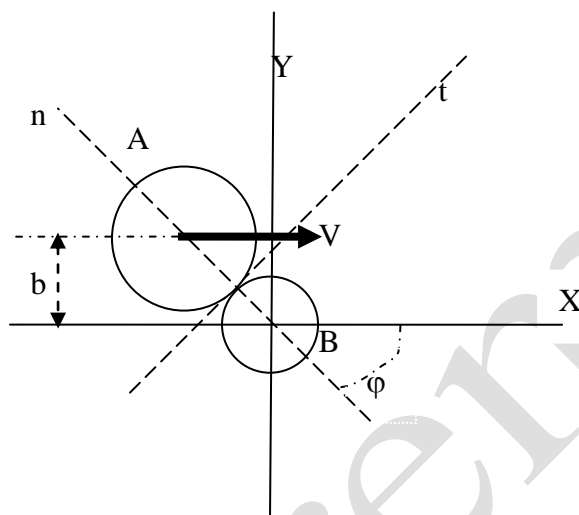


Fig.1

El mencionado disco, choca con un disco B que se encuentra estacionario sobre el origen de coordenadas del sistema XY . El disco B tiene la misma masa y el mismo espesor que el disco A , pero su radio es R_B .

Se supone que las velocidades de los discos en el punto de contacto en la dirección del eje t son iguales después de la colisión. Se supone también que las velocidades relativas de los discos a lo largo del eje n son las mismas antes y después de la colisión.

1) Para tal colisión determinar las componentes de las velocidades de los dos discos después de la colisión sobre los ejes X e Y , esto es, V'_{AX} , V'_{AY} , V'_{BX} , V'_{BY} en función de m , R_A , R_B , V y b .

2) Determinar la energía cinética de los dos discos después de la colisión en función de m , R_A , R_B , V y b .