25 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA
BEIJING, CHINA, 1994

Problema 1 (Partícula Relativista)**.** En la teoría de la relatividad especial, la relación entre la energía E y el momento P o una partícula libre con masa en reposo m_0 es

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

Cuando dicha partícula está sujeta a una fuerza conservadora, la energía total de la partícula, que es la suma de $\sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4}$ y la energía potencial, se conserva. Si la energía de la partícula es muy alta, la energía en reposo de la partícula puede ser ignorada (como una partícula que se llama una partícula relativista ultra).

1) Considerar el movimiento unidimensional de una partícula de energía muy alta (en el que la energía en reposo puede ser ignorado) sujeto a una fuerza de atracción central de magnitud constante f. Supongamos que la partícula se encuentra en el centro de la fuerza con momento inicial p_0 en el tiempo $t = 0$. Describir el movimiento de la partícula por trazado separado, por lo menos durante un período del movimiento: x contra el tiempo t, y el impulso p contra el espacio de coordenadas x. Especificar las coordenadas de los "puntos de inflexión" en términos de parámetros dados p_0 y f. Indicar, con flechas, la dirección del progreso del movimiento en el diagrama (p, x). Puede haber cortos intervalos de tiempo durante el cual la partícula no es ultrarrelativista. Sin embargo, estos deben ser ignorados.

   Usar hoja de respuestas 1

2) Un mesón es una partícula compuesta de dos quarks. La masa de reposo M del mesón es igual a la energía total del sistema dos-quarks dividida por c^2.
   Considere la posibilidad de un modelo unidimensional de un mesón en reposo, en la que los dos quarks se supone que se mueven a lo largo del eje x, y se atraen mutuamente con una fuerza de magnitud constante f. Se supone que pueden pasar a través de uno al otro libremente. Para el análisis del movimiento de alta energía de los quarks de la masa en reposo de los quarks se puede ignorar. En el tiempo $t = 0$ los dos quarks están en $x = 0$. Muestra por separado el movimiento de los dos quarks gráficamente por un diagrama (x, t) y un diagrama (p, x), especificar las coordenadas de los "puntos de inflexión" en términos de M y F, indicar la dirección del proceso en su diagrama (p, x), y determinar la distancia máxima entre los dos quarks.

   Usar la hoja de respuesta 2.

3) El marco de referencia utilizado en la parte 2 se conoce como el marco S, el marco de laboratorio, denominado S, se mueve en la dirección x negativa con una velocidad constante $v = 0.6\ c$. las coordenadas en los dos marcos de referencia se elige de manera que el punto $x = 0$ en S coincide con el punto $x' = 0$ en S'' en el tiempo $t = t' = 0$. Representar el movimiento de los dos quarks gráficamente en un diagrama (x', t'). Especificar las coordenadas de los puntos de inflexión en términos de M, f y c, y determinar la distancia máxima entre los dos quarks observados en el marco de Laboratorio S'.

   Usar la hoja de respuestas 3.
   Las coordenadas de la partícula observado en los marcos de referencia S y S'' están relacionadas por la transformación de Lorentz

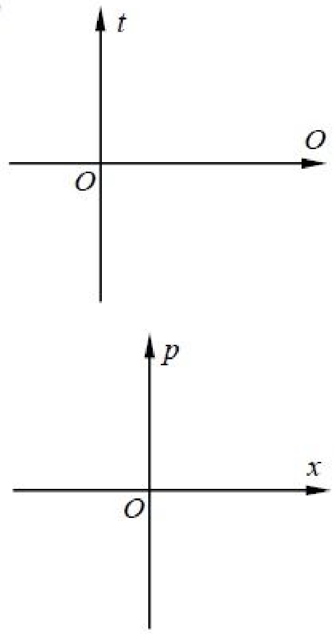
$$x' = \gamma(x + \beta ct), \qquad t' = \gamma\left(t + \beta\frac{x}{c}\right)$$

   donde $\beta = v/c$, $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$ y v es la velocidad del marco S relativa al movimiento del marco S''.

4) Para un mesón con la energía en reposo $Mc^2 = 140$ MeV y velocidad $0.60\ c$ relativa al marco de laboratorio S'', determinar su energía E' en el marco del laboratorio S''.

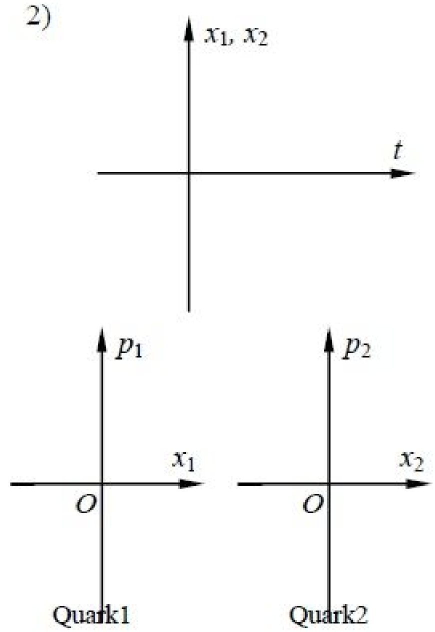
Hoja de respuestas 1

1)



Hoja de respuestas 2

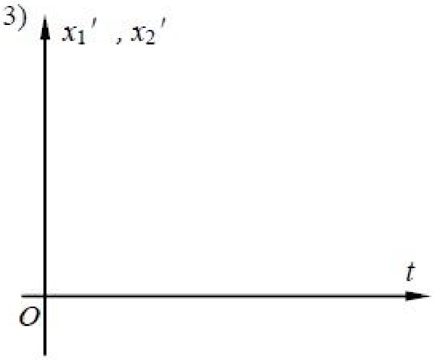
2)



The maximum distance between the two quarks is $d=$

Hoja de respuestas 3

3)



Problema 2 (Imán Superconductor)**.** Imanes superconductores son ampliamente utilizados en los laboratorios. La forma más común de imanes superconductores es un solenoide de alambre súper conductor. Lo maravilloso de un imán superconductor es que produce altos campos magnéticos sin ninguna disipación de energía debido al calentamiento de Joule, puesto que la resistencia eléctrica del alambre superconductor se convierte en cero cuando el imán se sumerge en helio líquido a una temperatura de 4.2 K. Por lo general, el imán está provisto de un interruptor diseñado especialmente superconductor, como se muestra en la figura 1. La resistencia r del interruptor se puede controlar: o bien $r = 0$ en el estado superconductor, o $r = r_n$ en el estado normal. Cuando el modo persistente, con una corriente que circula a través del imán superconductor y el interruptor de forma indefinida. El modo persistente permite un campo magnético constante que se mantiene durante largos períodos con la fuente externa cortado.

Los detalles del interruptor superconductor no se dan en la figura 1. Es generalmente una pequeña longitud de cable superconductor envuelto con un cable calefactor y convenientemente aislado térmicamente del baño de helio líquido. Al ser calentado, la temperatura del cable superconductor aumenta y volverá al estado normal resistivo. El valor típico de r_n es unos pocos ohmios. Aquí asumimos que es 5Ω. La inductancia de un imán superconductor depende de su tamaño; asuma que es de 10 H para el imán en la figura 1. La corriente total I se puede cambiar mediante el ajuste de la resistencia R. Este problema será calificado solamente por los dibujos! Las flechas indican la dirección positiva de I, I_1 e I_2.

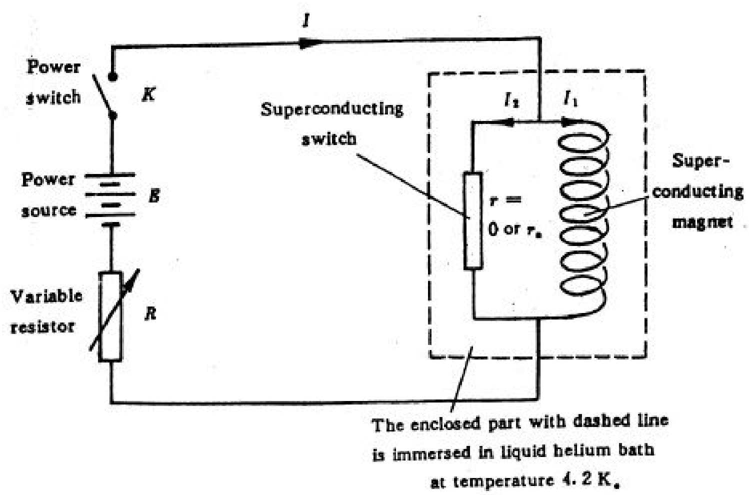


Figura 1

1)) Si la corriente total I y la resistencia R del interruptor superconductor se controlan para variar con el tiempo en la forma mostrada en las figuras, 2a y 2b, respectivamente, y suponiendo que las corrientes I_1 e I_2 fluyen a través del imán y el interruptor respectivamente son iguales al principio (Fig. 2C y Fig. 2D), ¿cómo varían con el tiempo de t_1 a t_4? Dibuje su respuesta en la figura. 2c y la fig. 2d.

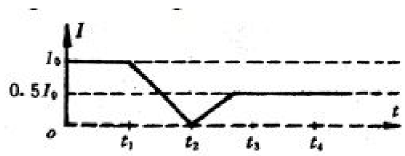
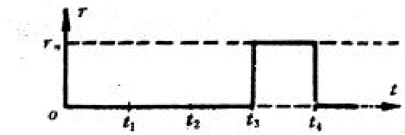
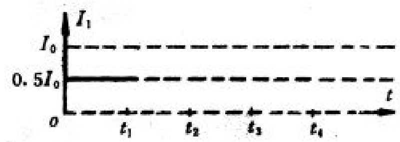


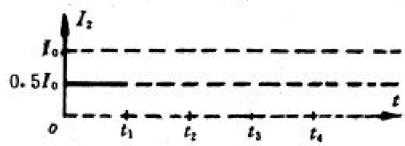
Fig.2a



2b



2c



2d

2) Supongamos que el interruptor de potencia K se enciende en el momento $t = 0$ cuando $r = 0$, $I_1 = 0$ y $R = 7.5\Omega$, y la corriente total I es 0.5 A. Con K se mantiene cerrada, la resistencia r del interruptor superconductor es variado en la manera que se muestra en la fig. 3b. Trazar las dependencias correspondientes de tiempo de I, I_1 e I_2 en las figuras. 3a, 3c y 3d, respectivamente.

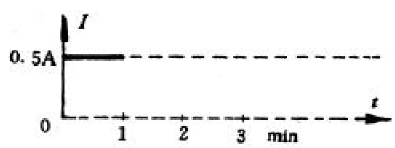
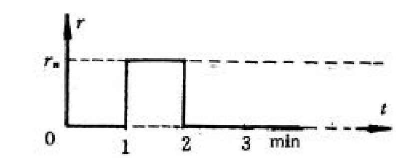
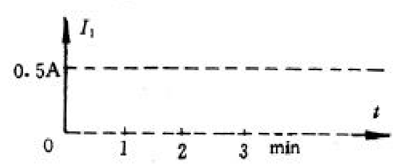


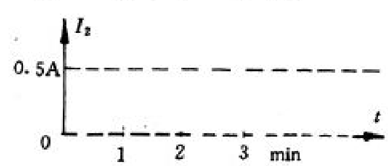
Fig. 3a



3b



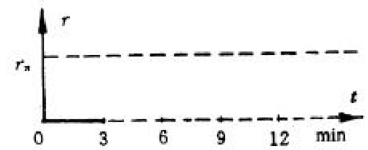
3c



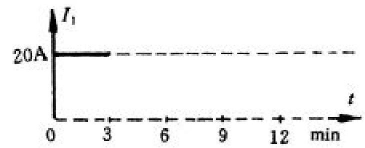
3d

3) Sólo pequeñas corrientes, menos de 0.5 A, se permite que fluya a través del interruptor superconductor cuando se encuentra en el estado normal, con grandes corrientes el interruptor será quemado. Supongamos que el imán superconductor es operado en un modo persistente, es decir $I = 0$, e $I_1 = i_1$ (por ejemplo, 20A), $I_2 = -i_1$, como se muestra en la fig. 4, a partir de $t = 0$ a $t = 3$ min. Si el experimento tiene que ser detenido por reducir la corriente a través del imán a cero, ¿cómo lo harías? Esto tiene que hacerse en varias etapas de operación. Representar gráficamente los cambios correspondientes de I, r, I_1 e I_2 en la figura 4.

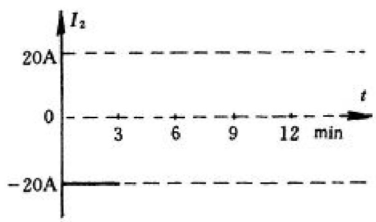
Fig. 4a



4b



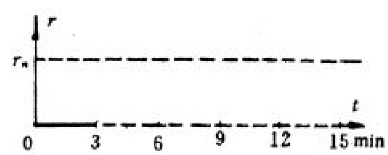
4c



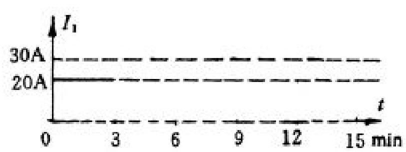
4d

4) Supongamos que el imán es operado en un modo persistente con una corriente constante de 20A ($t = 0$ a $t = 3$ min. Véase la fig. 5). ¿Cómo cambiar a un modo persistente con una corriente de 30A? trazar su respuesta en la figura 5.

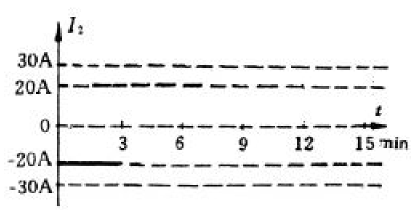
Fig. 5a



5b



5c



5d

Problema 3 (Colisión de Discos con Superficie de Fricción)**.** Un disco homogéneo A de masa m y radio R_A se mueve en traslación en un plano $x - y$ horizontal liso en la dirección x con una velocidad V (véase la figura). El centro del disco se encuentra en una distancia b del eje x. Se choca con un disco estacionario homogéneo B cuyo centro está situado inicialmente en el origen del sistema de coordenadas. El disco B tiene la misma masa y el mismo espesor que A, pero su radio es R_B. Se supone que las velocidades de los discos en su punto de contacto, en la dirección perpendicular a la línea que une sus centros, son iguales después de la colisión. También se supone que las magnitudes de las velocidades relativas de los discos a lo largo de la línea que une sus centros son los mismos antes y después de la colisión.

1) Para tal colisión determinar los componentes X e Y de las velocidades de los dos discos después de la colisión, i. e. V'_{AX}, V'_{AY}, V'_{BX} y V'_{BY}, en términos de m, R_A, R_B, V y b.
2) Determinar la energía cinética E'_A, para el disco A y E'_B para el disco B después de la colisión en términos de m, R_A, R_B, V y b.