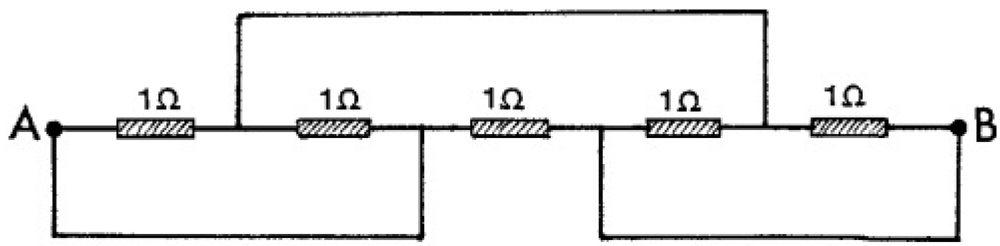
27 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA
OSLO, NORWAY, 1996

Problema 1. (Las cinco partes de este problema no están relacionados)

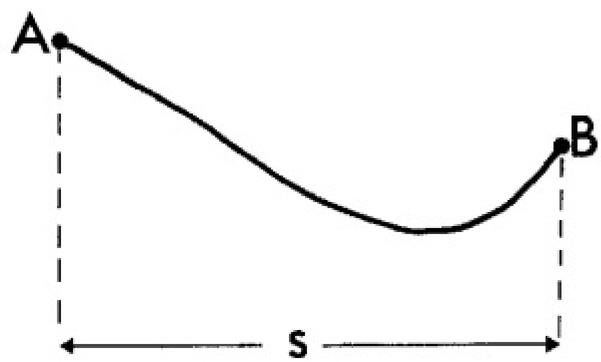
a) Cinco resistencias 1Ω están conectados como se muestra en la figura. La resistencia en los cables conductores (líneas completamente dibujados) es despreciable.



Determinar la resistencia resultante R entre A y B. *(1 punto)*

---

b) Un esquiador parte del reposo en el punto A y se desliza hacia abajo de la colina, sin girar o frenar. El coeficiente de fricción es μ. Cuando se detiene en el punto B, el desplazamiento horizontal es s. ¿Cuál es la diferencia de altura h entre los puntos A y B? (La velocidad del esquiador es pequeña de manera que la presión adicional sobre la nieve debido a la curvatura se puede despreciar. Despreciar también la fricción de aire y la dependencia de μ en la velocidad del esquiador.) *(1.5 puntos)*



---

c) Una pieza de metal con aislamiento térmico se calienta bajo presión atmosférica por una corriente eléctrica de forma que reciba la energía eléctrica a una potencia constante P. Esto conduce a un aumento de la temperatura absoluta T del metal con el tiempo t como sigue:

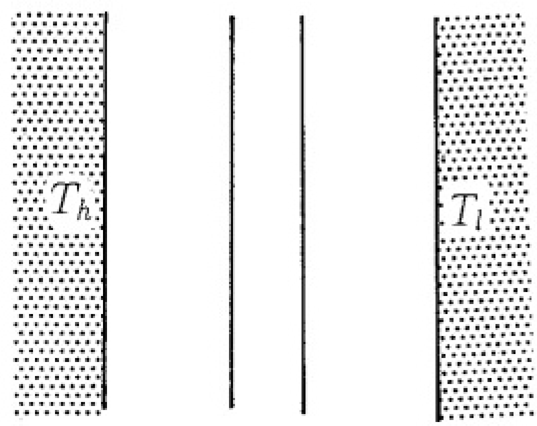
$$T(t) = T_0 \left[1 + a(t - t_0)\right]^{1/4}$$

Aquí a, t_0 y T_0 son constantes.Determinar la capacidad calorífica $C_p(T)$ del metal (dependiente de la temperatura en el intervalo de temperatura del experimento). *(2 puntos)*

---

d) Una superficie plana negra a una temperatura elevada constante T_h es paralela a otra superficie plana negra a una temperatura inferior constante T_l. Entre las placas es vacío.

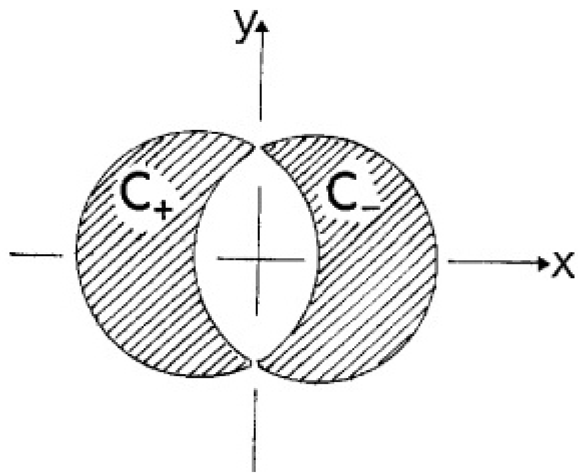
Con el fin de reducir el flujo de calor debido a la radiación, un escudo térmico que consiste en dos placas delgadas negras, térmicamente aislados uno de otro, se coloca entre las superficies fría y tibia y paralelos a ellos. Después de algún tiempo, condiciones estacionarias se obtienen.



¿Por qué factor ξ es el flujo de calor estacionario reducido debido a la presencia del escudo de calor? Despreciar efectos de los extremos, debido al tamaño finito de las superficies. *(1.5 puntos)*

---

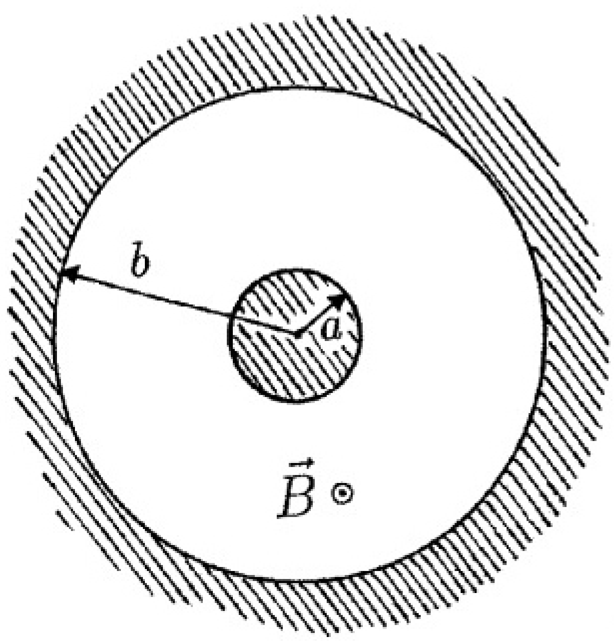
e) Dos conductores no magnéticos rectos y muy largos C_+ y C_-, aislados entre sí, llevan una corriente I en la dirección positiva y negativa z, respectivamente. Las secciones transversales de los conductores (sombreada en la figura) están limitados por los círculos de diámetro D en el plano xy, con una distancia $D/2$ entre los centros. De este modo las secciones transversales resultantes tienen cada uno un área $\left(\frac{1}{12}\pi + \frac{1}{8}\sqrt{3}\right) D^2$. La corriente en cada conductor se distribuye uniformemente sobre la sección transversal.



Determinar el campo magnético $B(x, y)$ en el espacio entre los conductores. *(4 puntos)*

Problema 2. El espacio entre un par de conductores cilíndricos coaxiales es evacuado. El radio del cilindro interno es a, y el radio interior del cilindro exterior es b, como se muestra en la figura a continuación. El cilindro exterior, llamado el ánodo, puede administrar un potencial positivo V con respecto al cilindro interno. Un campo magnético homogéneo estático $\overrightarrow{B}$ paralelo al eje del cilindro, dirigido hacia fuera del plano de la figura, también está presente. Las cargas inducidas en los conductores se ignoran.

Se estudia la dinámica de los electrones con la masa en reposo m y la carga $-e$. Los electrones son liberados en la superficie del cilindro interno.



a) En primer lugar el potencial V está encendido, pero $\overrightarrow{B} = 0$. Un electrón es liberado a una velocidad insignificante en la superficie del cilindro interno. Determinar la velocidad v cuando golpea al ánodo. Dar la respuesta tanto cuando un tratamiento no relativista es suficiente, y cuando no lo es. *(1 punto)*

Para las restantes partes de este problema con un tratamiento no relativista suficiente.

b) Ahora $V = 0$, pero el campo magnético homogéneo $\overrightarrow{B}$ está presente. Un electrón empieza fuera con una velocidad inicial $\overrightarrow{v_0}$ en la dirección radial. Para los campos magnéticos más grandes que un valor crítico B_c, el electrón no llegar al ánodo. Haz un dibujo de la trayectoria del electrón cuando B es un poco más de B_c. Determinar B_c. *(2 puntos)*

De ahora en adelante, tanto el potencial V y el campo magnético homogéneo $\overrightarrow{B}$ están presentes.

c) El campo magnético dará al electrón un momento angular distinto de cero L con respecto al eje del cilindro. Escriba una ecuación para la razón de cambio dL/dt del momento angular. Demuestre que esta ecuación implica que

$$L - keBr^2$$

es constante durante el movimiento, donde k es un número puro definido. Aquí r es la distancia desde el eje del cilindro. Determinar el valor de k. *(3 puntos)*

d) Considerar un electrón, liberado del cilindro interno con una velocidad insignificante, que no alcanza el ánodo, pero tiene una distancia máxima desde el eje del cilindro igual a r_m. Determinar la velocidad v en el punto donde la distancia radial es máxima, en términos de r_m. *(1 punto)*

e) Se está interesado en el uso del campo magnético para regular la corriente de electrones hacia el ánodo. Para B más grande que un campo magnético crítico B_c, un electrón lanzado con una velocidad insignificante, no va a llegar al ánodo. Determinar B_c. *(1 punto)*

f) Si los electrones son liberados por el calentamiento del cilindro interior un electrón acostumbra, en general, tener una velocidad inicial diferente de cero en la superficie del cilindro interno. El componente de la velocidad inicial paralelo a $\overrightarrow{B}$ es v_B, los componentes ortogonales a $\overrightarrow{B}$ son v_r (en la dirección radial) y v_ϕ (en la dirección azimutal, es decir, ortogonal a la dirección radial).

Determinar para esta situación, el campo magnético crítico B_c para alcanzar el ánodo. *(2 puntos)*

Problema 3. En este problema tenemos en cuenta algunas características generales de la magnitud de las mareas oceánicas en la Tierra. Nosotros simplificamos el problema haciendo los siguientes supuestos:

(i) La Tierra y la Luna son considerados como un sistema aislado,
(ii) la distancia entre la luna y la tierra se supone que es constante,
(iii) la tierra se supone que está completamente cubierta por un océano,
(iv) los efectos dinámicos de la rotación de la tierra alrededor de su eje son ignorados, y
(v) la atracción gravitacional de la tierra puede ser determinado como si toda la masa se concentra en el centro de la tierra.

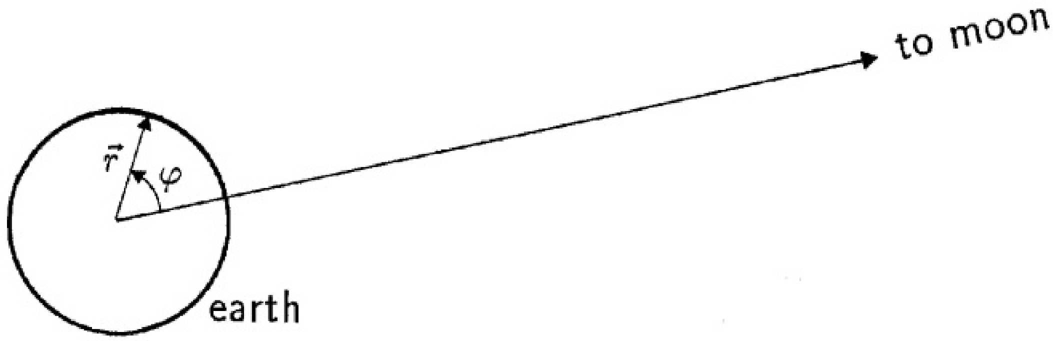
Los siguientes datos están dados:

Masa de la tierra: $M = 5.98{\cdot}10^{24}$ kg
Masa de la luna: $M_m = 7.3{\cdot}10^{22}$ kg
Radio de la tierra: $R = 6.37{\cdot}10^{6}$ m
Distancia entre el centro de la tierra y el centro de la luna: $L = 3.84{\cdot}10^{8}$ m
Constante gravitacional: $G = 6.67{\cdot}10^{-11}$ m^3 kg^{-1} s^{-2}

a) La Luna y la Tierra giran con velocidad angular ω alrededor de su centro de masa común, C. ¿Hasta qué punto está C desde el centro de la tierra? (Denotemos esta distancia por l.)

Determinar el valor numérico de ω. *(2 puntos)*

Ahora usamos un marco de referencia que es co-rotación con la luna y el centro de la tierra alrededor de C. En este marco de referencia la forma de la superficie líquida de la tierra es estática.



En el plano P a través de C y ortogonal al eje de rotación, la posición de un punto de masa sobre la superficie del líquido de la tierra puede ser descrito por las coordenadas polares r, ϕ como se muestra en la figura. Aquí r es la distancia desde el centro de la tierra.

Vamos a estudiar la forma

$$r(\phi) = R + h(\phi)$$

de la superficie del líquido de la tierra en el plano P.

b) Considerar un punto de masa (masa m) sobre la superficie líquida de la tierra (en el plano P). En nuestro marco de referencia se halla sometida a una fuerza centrífuga y por las fuerzas gravitacionales de la luna y la tierra. Escriba una expresión para la energía potencial correspondiente a estas tres fuerzas.

Nota: Cualquier fuerza $F(r)$, dirigida radialmente con respecto a un origen, es la derivada negativa de una energía potencial esféricamente simétrica $V(r) : F(r) = -V'(r)$. *(3 puntos)*

c) Determinar, en términos de las cantidades dadas M, M_m, etc, la forma de aproximación $h(\phi)$ de la protuberancia de la marea. ¿Cuál es la diferencia en metros entre la marea alta y marea baja, en este modelo?

Usted puede usar la expresión aproximada

$$\frac{1}{\sqrt{1 + a^2 - 2a\cos\theta}} \approx 1 + a\cos\theta + \frac{1}{2}a^2(3\cos^2\theta - 1)$$

válida para a mucho menor que la unidad.

En este análisis que la aproximaciones simplificadas cada vez que sean razonables. *(5 puntos)*