



9^{na} Olimpiada Metropolitana de Física
Departamento de Física
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UBA
8 de Septiembre de 2015
Nivel avanzado



9^{na} Olimpiadas Metropolitanas de Física

Nivel avanzado
Prueba de opciones múltiples

- Chequee que el nivel de su prueba sea adecuado.
- No se pueden usar libros ni apuntes.
- La prueba dura un total de 3 horas.
- Cada respuesta correcta suma 1 punto
- Los problemas de opción múltiple representan un 60 % del puntaje total.
- Complete y entregue la grilla de respuestas entregada

Problema 1. Los hallazgos de Roccanon

Rocannon es un etnólogo interplanetario que trabaja recolectando información para la Liga de Todos los Mundos. Su trabajo consiste en ir de planeta en planeta estudiando, de cada cultura que lo habita, sus costumbres, su desarrollo científico, su cosmovisión...

En su última misión visitó cuatro planetas y registró en su bitácora personal muchos hallazgos interesantes. De vuelta en el planeta Tierra sus notas fueron entregadas a distintos especialistas para analizar más en detalle los nuevos descubrimientos. Así fue como a un grupo de físicos les tocó la tarea de desentrañar algunos datos curiosos...

Pregunta 1

En los fletes interplanetarios una carga se informa a partir del valor de su masa. Una vez llegada a aduana, se emplea un aparejo (como el que muestra la figura) para determinar su peso. En el extremo opuesto a la carga se ubica un recipiente metálico, de 3 kg de masa, que puede albergar cierta arcilla de densidad conocida en el planeta en cuestión ($\delta = 4,2 \text{ kg/dm}^3$).

La operación del aparejo es muy simple. Se van volcando en el interior del recipiente montículos de arcilla, cada uno de 20 cm^3 de volumen. Debajo de la carga se ubica una balanza.



Figura 1: Esquema del arreglo empleado en la aduana de Lularia II para determinar el peso de los equipajes.

Cuando Roccanon llegó al planeta Lularia II tuvo que pesar su equipaje utilizando este



sistema. Si 35 montículos de arcilla fueron suficientes para que la lectura en la balanza fuera cero, ¿entre qué valores se encuentra el peso de la carga en cuestión? **Nota:** Si usted nunca resolvió un problema de Lularia o con poleas piense que allí valen las leyes de Newton, que las poleas no tienen masa y las sogas son inextensibles. ¡Ayúdenos a ayudar a Rocannon!

- a. $234,2 \text{ N} < P_{\text{carga}} \leq 237,6 \text{ N}$
- b. $114,2 \text{ N} < P_{\text{carga}} \leq 117,6 \text{ N}$
- c. $11,42 \text{ kg} \cdot g_{\text{Lularia}} < P_{\text{carga}} \leq 11,76 \text{ kg} \cdot g_{\text{Lularia}}$
- d. $23,42 \text{ kg} \cdot g_{\text{Lularia}} < P_{\text{carga}} \leq 23,76 \text{ kg} \cdot g_{\text{Lularia}}$
- e. $111,92 \text{ N} < P_{\text{carga}} \leq 115,25 \text{ N}$

Pregunta 2

A los niños del planeta Kashyyyk se les cuenta la leyenda de que hace 4000 años vivió el wookiee más fuerte de todos los tiempos, Chewbacca III. Solía competir en las olimpiadas Kashyyykianas que se festejaban cada tres años siendo ganador 50 veces consecutivas de la medalla de oro en lanzamiento de bala. En su última aparición en público se dice que lanzó la bala con tanta fuerza que logró ponerla en órbita circular, a una altura de 2 m sobre la superficie. La leyenda también cuenta que Chewbacca III aplicó una fuerza constante de 28 210 N sobre una bala típica de 10 kg durante 2 segundos. En aquel entonces los wookiees ya habían dado la vuelta al mundo y sabían que la circunferencia de su globo era de 40 000 km¹. Esas olimpiadas marcan el inicio de una nueva era pues pudieron, gracias al conocimiento que aportó ese lanzamiento, calcular tanto el valor de g_k (la gravedad de su planeta a 2 m sobre la superficie) como también M_k (la masa de Kashyyyk) pues ellos ya conocían el valor de $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$.

Con los datos que aporta la leyenda, calcule la masa de Kashyyyk en función de la masa de la tierra ($M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$) y la aceleración de la gravedad del planeta en la superficie en función de la terrestre ($g_T = 10 \text{ m/s}^2$). Recuerde la ley de gravitación universal, que dice que la fuerza entre dos cuerpos de masas m_1 y m_2 está dada por $\vec{F} = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \hat{r}$, donde r es la distancia que las separa.

- a. $M_k = 0,5M_T$ y $g_k = 2g_T$
- b. $M_k = 1M_T$ y $g_k = 1g_T$
- c. $M_k = 0,01M_T$ y $g_k = 0,01g_T$
- d. $M_k = 0,5M_T$ y $g_k = 0,5g_T$
- e. $M_k = 5M_T$ y $g_k = 5g_T$

¹El radio de kashyyyk es muy similar al de la tierra. Fuente es.starwars.wikia.com/wiki/kashyyyk



Pregunta 3

Los habitantes del planeta Dothrak tienen en sus cabezas cabellos largos y rizados. Durante siglos han mantenido la costumbre ancestral de adornar sus rulos con distintas cantidades de cascabeles idénticos en los extremos de sus mechones de pelo. Cuando Roccanon hizo contacto con los Dothrakis, lo primero que observó fue que sus rulos se comportaban como resortes: a medida que uno de ellos se iba colocando cascabeles, su rulo se estiraba cada vez más con cada adorno. Roccanon registró el momento en el que un Dothraki añadía un nuevo cascabel a uno de sus mechones y anotó en su bitácora: *El individuo sujeta el conjunto de tres cascabeles que ya posee en su mechón, sin apartarlo de su posición de equilibrio. Ahora agrega un cuarto cascabel, idéntico a los anteriores. Al soltar el conjunto, éste cae y queda oscilando. En esta oscilación, los cascabeles alcanzan una altura mínima 12 cm inferior a la posición desde la cual se los soltó y una rapidez máxima de 30 cm/s.* Luego, determinó que la aceleración de la gravedad en el planeta Dothrak es...

- a. $1,5 \text{ m/s}^2$
- b. $4,5 \text{ m/s}^2$
- c. $6,0 \text{ m/s}^2$
- d. Imposible de determinar sin conocer la masa del cascabel.
- e. Imposible de determinar sin conocer la masa del cascabel y la constante elástica del rulo.



Pregunta 4

Un ingeniero antigraavitatorio del planeta Kepler452B efectúa un experimento para determinar la gravedad. Consiste simplemente en dejar caer un objeto de 2,5 kg desde una cierta altura, partiendo del reposo.

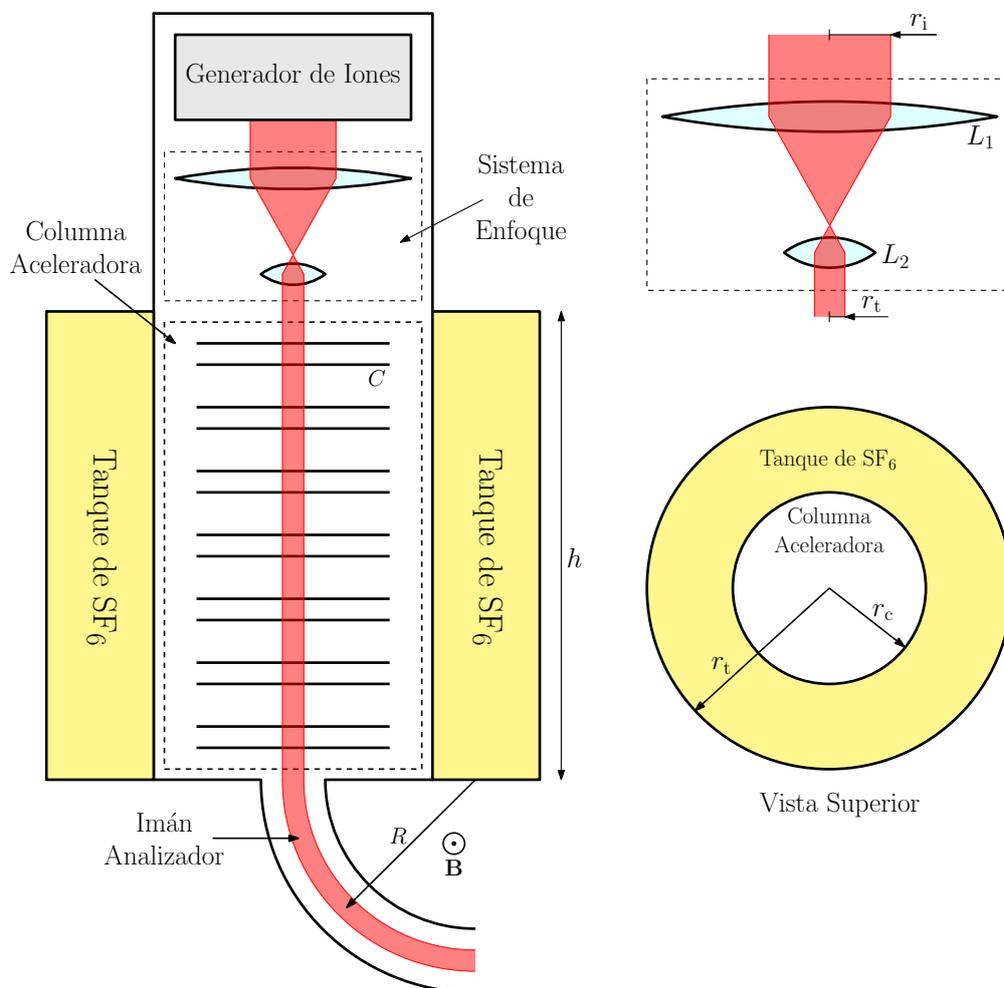
La atmósfera del planeta es tan densa (mejor dicho, viscosa) que no es posible ignorar la fuerza de fricción que ejerce sobre los cuerpos en movimiento. Esto trae como consecuencia que, luego de algunos instantes de caída, los objetos alcancen una cierta velocidad constante o límite (dicho de otro modo, aún cuando pueda seguir perdiendo energía potencial, la energía cinética no aumentará más allá de ese valor máximo).

Volviendo al experimento, cuando el objeto mencionado hubo caído 4 m, y mientras aquél ya se desplazaba a la velocidad límite, golpeó una bandeja que nuestro ingeniero había ubicado intencionalmente para cuantificar algunas variables. Se sabe que la colisión entre el objeto y la bandeja resulta plástica, es decir, el objeto no rebota, sino que queda detenido sobre la bandeja; y que la bandeja recibe 12 kg m/s de impulso. También se sabe que justo antes del impacto, el objeto tiene 58,57 J de energía total. Sabiendo que la bandeja se encuentra 3,5 m por encima del cero de potencial, averiguar el módulo de la fuerza viscosa media (o sea, suponiendo que es constante) y obtener el valor de la gravedad local.

- a. $g_{\text{Kepler452B}} = 3,40 \text{ m/s}^2$ y $F^{\text{NC}} = 1,3 \text{ N}$
- b. $g_{\text{Kepler452B}} = 1,39 \text{ m/s}^2$ y $F^{\text{NC}} = 1,3 \text{ N}$
- c. $g_{\text{Kepler452B}} = 1,39 \text{ m/s}^2$ y $F^{\text{NC}} = 3,71 \text{ N}$
- d. $g_{\text{Kepler452B}} = 1,14 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$ y $F^{\text{NC}} = 17,3 \text{ N}$
- e. $g_{\text{Kepler452B}} = 3,40 \text{ m/s}^2$ y $F^{\text{NC}} = 15,7 \text{ N}$

Problema 2. El funcionamiento del TANDAR

Durante los últimos 60 años, los aceleradores de partículas han sido de los sistemas más utilizados para la investigación en diversas áreas de la física. Éstos utilizan campos eléctricos y magnéticos para acelerar partículas cargadas que posteriormente colisionan con otras partículas. En Argentina, el exponente más notable de este tipo de máquinas es el acelerador TANDAR, ubicado en el Centro Atómico Constituyentes. Este acelerador puede dividirse esencialmente en tres partes: el sistema de generación de iones, la columna aceleradora y el imán analizador. El objetivo de este problema será estudiar el funcionamiento de los diversos componentes del acelerador de forma simplificada.



Pregunta 5

La primera etapa del acelerador es el sistema de generación de iones. Para conseguir iones de un determinado material, se cuenta con una muestra sólida de dicho material, a la que se “bombardea” con otras partículas para que se desprendan los iones deseados.



Las partículas que se usan como proyectiles en el TANDAR son iones de cesio, que se producen de forma espontánea cuando se calienta una pieza de este material hasta unos $1500\text{ }^\circ\text{C}$ (T_e).

Para alcanzar dicha temperatura, se utiliza un sistema calentador formado por un circuito de resistencia $R = 100\ \Omega$ por el cual circula una corriente $I = 30\ \text{A}$. La energía disipada por el mismo sirve para calentar el cesio hasta la temperatura deseada T_e . Sin embargo, el sistema calentador no es perfecto y sólo el 90 % de la energía disipada por el circuito se transmite al cesio. Suponiendo una masa de cesio de $0,5\ \text{kg}$ y un calor específico constante $C_f = 240\ \text{J}/(\text{ }^\circ\text{C kg})$, calcule durante cuánto tiempo debe circular la corriente I por el sistema calentador para que la fuente alcance la temperatura T_e . (Considere que la variación de volumen de la fuente a medida que aumenta su temperatura es despreciable $\Delta V \sim 0$. **Datos:** $T_0 = 120\text{ }^\circ\text{C}$ es la temperatura inicial).

- a. 38 minutos
- b. 23 minutos y 30 segundos
- c. 1,7 segundos
- d. 2 segundos
- e. 51 minutos y 7 segundos

Pregunta 6

Luego de ser extraídos de la fuente, los iones son acelerados y enfocados para formar un haz. Para esto se utilizan lentes magnéticas, pero para simplificar supongamos que valen los principios de la óptica geométrica. El sistema que enfoca el haz cuenta con dos lentes convergentes (ver figura): la primera L_1 tiene una distancia focal $f_1 = 3\ \text{cm}$ y la segunda L_2 tiene una distancia focal $f_2 > 0$. Suponga que el haz de partículas que incide sobre la lente L_1 es de rayos paralelos y tiene un radio $r_i = 4\ \text{mm}$. Calcule a qué distancia de L_1 debe colocar L_2 y cuánto debe valer su distancia focal f_2 para que el haz a la salida de ambas lentes sea de rayos paralelos y tenga un radio $r_t = 2\ \text{mm}$.

- a. $f_2 = 1,5\ \text{cm}$ y $d = 4,5\ \text{cm}$
- b. $f_2 = 6\ \text{cm}$ y $d = 9\ \text{cm}$
- c. $f_2 = 12\ \text{cm}$ y $d = 15\ \text{cm}$
- d. $f_2 = 0,75\ \text{cm}$ y $d = 3,75\ \text{cm}$
- e. $f_2 = 3\ \text{cm}$ y $d = 6\ \text{cm}$



Pregunta 7

Posteriormente, los iones llegan a la columna aceleradora que, valga la redundancia, acelera a los iones mediante un campo eléctrico. Para poder generar este campo eléctrico, se deposita carga sobre la columna aceleradora, y esta carga acumulada Q produce una diferencia de potencial entre los extremos de la misma. Esta diferencia de potencial V genera a su vez el campo eléctrico que acelera a los iones. La columna puede ser descripta como un sistema de N capacitores de capacidad C conectados en serie. ¿Cuánta carga debe depositarse sobre la columna para que la diferencia de potencial entre los extremos sea V ? (**Datos:** C , N y V).

- a. $Q = \frac{C}{N}V$
- b. $Q = \frac{C}{NV}$
- c. $Q = \frac{N}{C}V$
- d. $Q = NCV$
- e. $Q = \frac{NC}{V}$

Pregunta 8

Con tanta carga acumulada sobre la columna aceleradora debemos aislarla para evitar que se descargue. Para esto el acelerador cuenta con un tanque cilíndrico de radio $R_t = 3,8\text{ m}$ y altura $h = 35\text{ m}$ que envuelve a la columna, también cilíndrica de radio $R_c = 1\text{ m}$ y de misma altura que el tanque (ver figura). Este tanque cilíndrico (pero no la columna aceleradora) se llena con hexafluoruro de azufre (SF_6 , gaseoso a temperatura ambiente) para crear una atmósfera altamente dieléctrica. Calcule qué masa de SF_6 debe introducirse en el tanque para alcanzar una presión $P_f = 10\text{ atm}$ sobre las paredes del mismo. (Asuma que el gas se comporta de forma ideal y que la temperatura del mismo es $T_0 = 20^\circ\text{C}$. **Datos:** 1 mol de SF_6 tiene una masa de 146 g)

- a. $M_{\text{SF}_6} = 1320\text{ kg}$
- b. $M_{\text{SF}_6} = 96\,400\text{ kg}$
- c. $M_{\text{SF}_6} = 6150\text{ kg}$
- d. $M_{\text{SF}_6} = 885\text{ kg}$
- e. $M_{\text{SF}_6} = 89\,800\text{ kg}$

Pregunta 9

Gracias al potencial V generado por los capacitores de la Pregunta 7, los iones en la columna aceleradora son sometidos a un campo eléctrico constante \mathbf{E} en la misma dirección de la columna (el eje principal del cilindro). Suponiendo que los iones que llegan tienen masa m , carga q y velocidad v_0 , calcule la velocidad de los mismos al final de la



columna. (Ayuda: piense primero cómo es la aceleración de una partícula en un campo eléctrico. **Datos:** q , m , v_0 , h y $|\mathbf{E}| = E$).

a. $v_f = v_0 + \sqrt{\frac{q}{m}Eh}$

b. $v_f = \sqrt{v_0^2 + 2\frac{q}{m}Eh}$

c. $v_f = v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2\frac{q}{m}Eh}$

d. $v_f = \sqrt{v_0^2 + \frac{q}{m}Eh}$

e. $v_f = v_0 + \sqrt{v_0^2 + \frac{q}{m}Eh}$

Pregunta 10

Por último, llega la etapa del imán analizador. En esta etapa, se quiere poder separar las distintas partículas presentes en el haz, diferenciándolas por su masa, velocidad, y/o carga. Para lograrlo, se aplica un campo magnético constante \mathbf{B} perpendicular al haz. Este sector del acelerador consiste en un cuarto de sección circular de radio R (ver figura) que se conecta a las diversas líneas experimentales. Es decir, sólo saldrán del acelerador aquellas partículas que describen una trayectoria de radio R . Suponiendo que de todos los iones presentes en el haz queremos separar los que tienen masa m , carga q y velocidad inicial v_0 , calcule la intensidad del campo magnético que se debe aplicar sobre el haz. (**Datos:** q , m , v_0 y R)

a. $B = \frac{mv_0}{qR}$

b. $B = \frac{\pi mv_0}{2qR}$

c. $B = \frac{mv_0^2}{qR}$

d. $B = \frac{mv_0}{q}$

e. $B = \frac{mv_0}{q^2}$