28 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA
GREATER SUDBURY—SUDBURY, CANADA, 1997

Problema 1 (Escalando). (a) Una pequeña masa cuelga en el extremo de un resorte ideal sin masa y oscila hacia arriba y hacia abajo en su frecuencia natural f. Si el resorte se corta por la mitad y la masa vuelve a unir en el extremo, ¿cuál es la nueva frecuencia f'? (1.5 puntos)

(b) El radio de un átomo de hidrógeno en su estado fundamental es $a_0 = 0.0529$ nm (el radio de Bohr"). ¿ Qué es el radio a' de un átomo "muónico-hidrógeno.[en] el que se sustituye el electrón por un muón idénticamente cargado, con una masa 207 veces la del electrón? Supongamos que la masa del protón es mucho mayor que la del muón y electrón. (2 puntos)

(c) La temperatura media de la Tierra es $T = 287$ K. ¿Cuál sería la temperatura media nueva T' si la distancia media entre la Tierra y el sol se redujo en un 1 %? (2 puntos)

(d) En un día dado, el aire es seco y tiene una densidad de $\rho = 1.2500$ kg/m^3. Al día siguiente la humedad ha aumentado y el aire 2 % por masa de vapor de agua. La presión y la temperatura son los mismos que el día anterior. ¿Cuál es el densidad del aire ρ' ahora? (2 puntos)

El peso medio molecular del aire seco: 28.8 (g/mol)
El peso molecular del agua: 18 (g/mol)

Asumir el comportamiento de gas ideal.

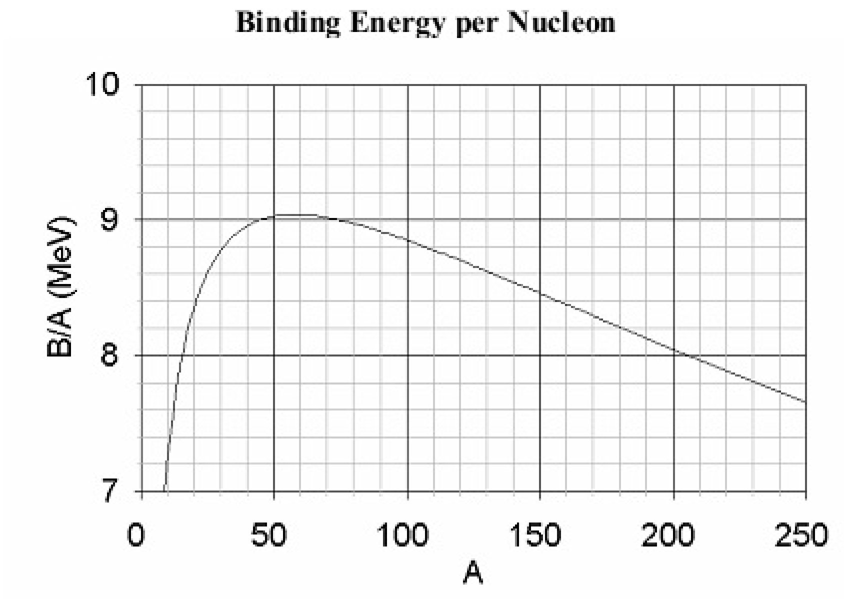
(e) Un tipo de helicóptero puede flotar si la salida de potencia mecánica de su motor es P. Si otro helicóptero está hecho el cual es una réplica exacta media escala (en todas las dimensiones lineales) de la primera, ¿ Qué potencia mecánicas P' se requiere para que flote? (2.5 puntos)

Problema 2 (Masa Nuclear y Estabilidad). Todas las energías en esta pregunta son expresadas en MeV - millones de electrón-voltios.
Una MeV = 1.6×10^{-13} J, pero no es necesario saber esto para resolver el problema.

La masa M de un núcleo atómico con Z protones y N neutrones (es decir, el número de masa $A = N + Z$) es la suma de las masas de los nucleones constituyentes libres (protones y neutrones) menos la energía de enlace B/c^2.

$$Mc^2 = Zm_pc^2 + Nm_nc^2 - B$$

La gráfica muestra a continuación trazos del valor máximo de B/A para un valor dado de A, vs A. Cuanto mayor sea el valor de B/A, en general, cuanto más estable es el núcleo.



(a) Por encima de un cierto número de masa A_α, los núcleos tienen energías de unión que son siempre lo suficientemente pequeño como para permitir la emisión de partículas alfa (A = 4). Utilice una aproximación lineal a esta curva por encima de A = 100 para estimar A_α. (3 puntos)

Para este modelo, se supone lo siguiente:

Tanto los núcleos inicial y final están representados en esta curva

La energía total de unión de la partícula alfa está dada por $B_4 = 25.0$ MeV (esto no se puede leer en el gráfico!).

(b) La energía de unión de un núcleo atómico con Z protones y N neutrones ($A = N + Z$) está dada por una fórmula semi-empírica:

$$B = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c Z^2 A^{-1/3} - a_a \frac{(N-Z)^2}{A} - \delta$$

El valor de δ está dada por:

$+a_p A^{-3/4}$ para núcleos impar-N/impar-Z
0 para núcleos par-N/impar-Z o impar-N/par-Z
$-a_p A^{3/4}$ para núcleos par-N/par-Z

Los valores de los coeficientes son:

$a_v = 15.8$ MeV; $a_s = 16.8$ MeV; $a_c = 0.72$ MeV; $a_a = 23.5$ MeV; $a_p = 33.5$ MeV

(i) Calcular una expresión para el número de protones Z_{max} del núcleo, con la mayor energía de unión para un número de masa dada A. ignorar el δ-término solamente en esta parte. (2 puntos)

(ii) ¿Cuál es el valor de Z para los A = 200 núcleos, con el mayor B/A? Incluye el efecto de la δ-término. (2 puntos)

(iii) Considerar los tres núcleos con A = 128. Determinar cuáles son energéticamente estable y cuáles tienen la energía suficiente para descomponerse por los procesos mencionados a continuación. Determinar Z_{max} como se define en la parte (i).

Al llenar la tabla, por favor:

1. Marque los procesos que están permitidos energéticamente así: v
2. Marque los procesos que no están permitidos energéticamente así: 0
3. Considerar solamente las transiciones entre estos tres núcleos.

Los procesos de desintegración:

1. β^--desintegración; emisión de los núcleos de un electrón.
2. β^+-desintegración; emisión de los núcleos de un positrón.
3. $\beta^-\beta^-$-desintegración; emisión de los núcleos de dos electrones simultáneamente.
4. Captura de electrones, la captura de un electrón atómico por el núcleo.

La energía de masa en reposo de un electrón (y positrón) es $m_ec^2 = 0.51$ MeV; de un protón es $m_pc^2 = 938.27$ MeV; de un neutrón es $m_nc^2 = 939.57$ MeV. (3 puntos)

Núcleos/Procesos	β^--desintegración	β^+-desintegración	Electrón-captura	$\beta^-\beta^-$-desintegración
${}^{128}_{53}\mathrm{I}$				
${}^{128}_{54}\mathrm{Xe}$				
${}^{128}_{55}\mathrm{Cs}$				

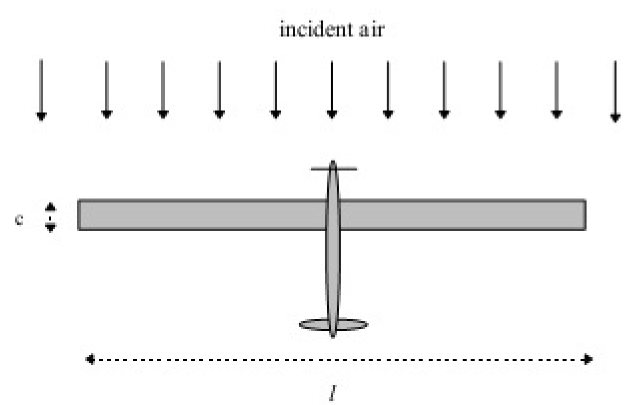
Notación: ${}^{Z}_{A}\mathrm{X}$

X = Símbolo Químico

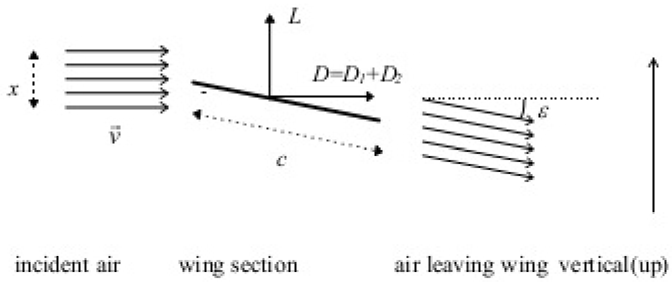
Problema 3 (Avión Solar)**.** Queremos diseñar un avión que va a permanecer en el aire utilizando energía solar por sí sola. El tipo más eficaz de diseño es uno con un ala cuya superficie superior está completamente cubierta de celdas solares. Las celdas suministran energía eléctrica con la que el motor acciona la hélice.

Consideremos un ala de forma plan rectangular con luz l, acorde(ancho) c; el área del ala es $S = cl$, y la razón de aspecto ala $A = l/c$. Podemos tener una idea aproximada de la actuación del ala considerando una rebanada de aire de altura x y longitud l se desvíe hacia abajo en un ángulo pequeño ε con sólo un pequeño cambio en la velocidad. Las superficies de control se puede utilizar para seleccionar un valor óptimo de ε para el vuelo. Este modelo simple se corresponde estrechamente a la realidad si $x = \pi l/4$, y podemos suponer que este es el caso. La masa total de la aeronave es M y vuela horizontalmente con velocidad $\vec{v}$ relativa al aire circundante. En los siguientes cálculos considerar solamente el flujo de aire alrededor del ala.

Vista superior de la aeronave (en su propio marco de referencia):



Vista lateral del ala (en un marco de referencia que se mueve con la aeronave):



Ignorar la modificación del flujo de aire debido a la hélice.

(a) Considerar el cambio en el momento del aire que se mueve más allá del ala, sin cambio en la velocidad, mientras que lo hace. Calcular las expresiones de la fuerza de sustentación vertical L y la fuerza de arrastre horizontal D_1 en el ala en términos de las dimensiones de las alas, v, ε, y la densidad del aire ρ.
Supongamos que la dirección del flujo de aire es siempre paralela al plano del diagrama de vista lateral. (3 puntos)

(b) Existe una fuerza de arrastre horizontal adicional D_2 causado por la fricción de aire que fluye sobre la superficie del ala. El aire disminuye ligeramente, con un cambio de velocidad $\Delta v(<< 1\,\%$ de $v)$ dado por:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{f}{A}$$

El valor de f es independiente de ε.

Encuentra una expresión (en términos de M, f, A, S, ρ y g-la aceleración debido a la gravedad) para la velocidad de vuelo v_0 correspondiente a una potencia mínima que se necesita para mantener este avión en vuelo en altitud y velocidad constante. Ignorar términos de orden $(\varepsilon^2 f)$ o superior. (3 puntos)

Puede encontrar la siguiente aproximación de ángulo pequeño de utilidad:

$$1 - \cos\varepsilon \approx \frac{\sin^2\varepsilon}{2}$$

(c) Dibuje un gráfico de la potencia P contra la velocidad de vuelo v. Mostrar las contribuciones separadas a la potencia necesaria de las dos fuentes de resistencia. Encontrar una expresión (en términos de M, f, A, S, ρ y g) de la potencia mínima, P_{min}. (2 puntos)

(d) Si las celdas solares pueden abastecer de energía suficiente para que los motores eléctricos y propulsores de la generación de energía mecánica de $I = 10$ watts por metro cuadrado de superficie alar, calcular la carga alar máxima Mg/S (N/m^2) de esta potencia y velocidad de vuelo v_0 (m/s). Supongamos que $\rho = 1.25$ kg/m^3, $f = 0.004$, $A = 10$. (2 puntos)