

I. Introducción a la física moderna

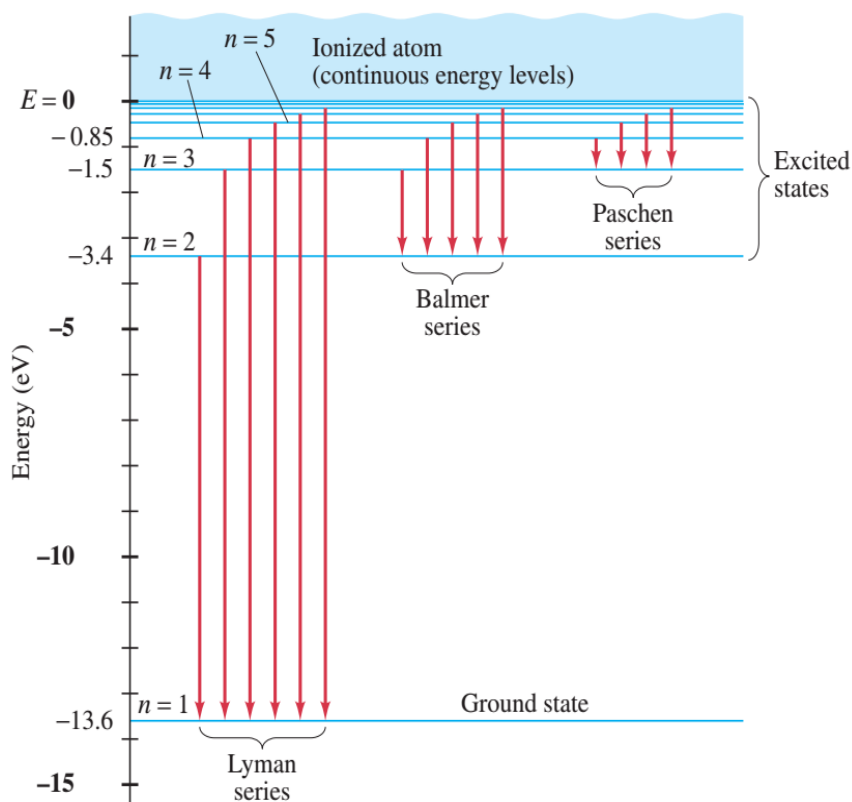
1. La temperatura de la superficie del Sol. Estima la temperatura de la superficie de nuestro Sol, dado que el Sol emite luz cuya intensidad máxima ocurre en el espectro visible, alrededor de 500 nm. Sugerencia utilizar ley de Wien RTA.: 6000K
2. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera con respecto a cómo cambia la radiación de cuerpo negro a medida que aumenta la temperatura del objeto que irradia?
 - (a) Tanto la intensidad máxima como la longitud de onda de pico aumentan.
 - (b) La intensidad máxima aumenta y la longitud de onda de pico disminuye.
 - (c) Tanto la intensidad máxima como la longitud de onda de pico disminuyen.
 - (d) La intensidad máxima disminuye y la longitud de onda de pico aumenta.
3. Mientras una luz roja brilla sobre un pedazo de metal, no se liberan electrones. Cuando la luz roja se cambia lentamente a una luz de longitud de onda más corta (básicamente progresando por los colores del arcoíris), no ocurre nada hasta que la luz amarilla brilla sobre el metal, momento en el que los electrones se liberan del metal. Si este metal es reemplazado por un metal con una mayor función de trabajo, ¿qué luz tendría la mejor oportunidad de liberar electrones del metal?
 - (a) Azul.
 - (b) Roja.
 - (c) La amarilla aún funcionaría bien.
 - (d) Necesitamos más información sobre los metales involucrados.
4. ¿Qué tan caliente está un metal que se está soldando si irradia más intensamente a 520 nm? RTA.: 5571K
5. Estima la longitud de onda de pico para la radiación emitida por:
 - (a) hielo a 0 °C, (b) una lámpara de reflector a 3100 K, (c) helio a 4 K, asumiendo emisión de cuerpo negro.¿En qué región del espectro electromagnético se encuentra cada una?
RTA.: (a) Hielo: 1.061 μm ; (b) Lámpara: 0.935 μm ; (c) Helio: 724.25 μm .
6. ¿Cuál de las siguientes opciones es necesariamente verdadera?
 - (a) La luz roja tiene más energía que la luz violeta.
 - (b) La luz violeta tiene más energía que la luz roja.
 - (c) Un solo fotón de luz roja tiene más energía que un solo fotón de luz violeta.
 - (d) Un solo fotón de luz violeta tiene más energía que un solo fotón de luz roja.
 - (e) Ninguna de las anteriores.
 - (f) Una combinación de las anteriores (especificar).
7. En el famoso conjunto de experimentos de Rutherford, el hecho de que algunas partículas alfa fueran desviadas en ángulos grandes indicó que (elige todas las opciones que correspondan):
 - (a) el núcleo era positivo.

- (b) la carga estaba cuantizada.
- (c) el núcleo estaba concentrado en una pequeña región del espacio.
- (d) la mayor parte del átomo está vacío.
- (e) Ninguna de las anteriores.

8. ¿Cuál de las siguientes transiciones de electrones entre dos estados de energía (n) en el átomo de hidrógeno corresponde a la emisión de un fotón con la longitud de onda más larga?

- (a) $2 \rightarrow 5$
- (b) $5 \rightarrow 2$
- (c) $5 \rightarrow 8$
- (d) $8 \rightarrow 5$

Diagrama de niveles de energía para el átomo de hidrógeno, que muestra las transiciones para las líneas espectrales de las series de Lyman, Balmer y Paschen. Cada flecha vertical representa una transición atómica que da lugar a los fotones de una línea espectral (una única longitud de onda o frecuencia).



9. El ojo humano puede responder a tan solo una pequeña cantidad de energía luminosa. Para una longitud de onda en el pico de sensibilidad visual, 550 nm, ¿cuántos fotones conducen a un destello observable?

Rta.: se necesitan aproximadamente 27.700 fotones

10. ¿Cuál es la longitud de onda más larga de luz que emitirá electrones desde un metal cuya función de trabajo es de 2,90 eV?

Rta.: La longitud de onda más larga es 428 nm.

11. Cuando luz de 250 nm incide sobre un metal, la corriente a través de un circuito fotoeléctrico se reduce a cero a un voltaje de corte de 1,64 V. ¿Cuál es la función de trabajo del metal?

Rta.: La función de trabajo del metal es aproximadamente 3,33 eV.

12. En un experimento fotoeléctrico usando una superficie limpia de sodio, se midió la energía máxima de los electrones emitidos para diferentes frecuencias incidentes, con los siguientes resultados:

Frecuencia (Hz)	Energía (eV)
11.8	2.60
10.6	2.11
9.9	1.81
9.1	1.47
8.2	1.10
6.9	0.57

Grafique estos resultados y determine:

- (a) La constante de Planck.
- (b) La frecuencia umbral del sodio.
- (c) La función de trabajo.

13. Un fotón de alta frecuencia se dispersa (efecto Compton) en un electrón y experimenta un cambio de longitud de onda de $1,7 \times 10^{-4}$ nm. ¿En qué ángulo debe colocarse un detector para detectar el fotón dispersado (en relación con la dirección del fotón entrante)?

Rta.: El detector debe colocarse en un ángulo de aproximadamente $21,6^\circ$ con respecto a la dirección del fotón entrante.

14. Rayos X de una longitud de onda específica se dispersan al interactuar con carbono. ¿Cuál es el cambio esperado en la longitud de onda de Compton para los fotones detectados en ángulos (relativos al haz incidente) de exactamente (a) 45° , (b) 90° , (c) 180° ?

15. ¿Cuánta energía cinética total tendrá un par electrón-positrón si es producido por un fotón de 3,64 MeV?

Rta.: La energía cinética total del par electrón-positrón es 2618 MeV.

16. Un fotón de rayos gamma produce un electrón y un positrón, cada uno con una energía cinética de 285 keV. Determina la energía y la longitud de onda del fotón.

Rta.: Energía del fotón: 1592 keV; Longitud de onda del fotón: 0,779 nm.

17. Con los Rayos X de diagnóstico en medicina se aplica una diferencia de potencial de 87kV entre el filamento y el objetivo en el tubo de rayos X utilizado en diagnóstico clínico para detectar fracturas de huesos. ¿Cuáles son los rayos X de longitud de onda más corta producidos por este tubo?

Rta.: La longitud de onda más corta de los rayos X producidos por este tubo es aproximadamente 0,0143 nm. Esto corresponde a rayos X de alta energía, adecuados para aplicaciones de diagnóstico médico.

18. Si la longitud de onda más corta detectada para los rayos X de un tubo de rayos X es de 0,124 nm, ¿cuál es la diferencia de potencial aplicada al tubo?

Rta.: La diferencia de potencial aplicada es aproximadamente 10 kV.

19. Encuentra la energía de un fotón de luz roja visible con una longitud de onda de 670 nm y compárala con la energía de un fotón de rayos X con una frecuencia de $(1 \times 10^{19} \text{ Hz})$



20.integración

Indicar la afirmación correcta y fundamentar

20.1 ¿Qué característica distingue a los rayos X de otros tipos de radiación electromagnética? A) Su capacidad de ionizar átomos B) Su longitud de onda más larga que la luz visible C) Su incapacidad para interactuar con la materia D) Su carga eléctrica

20.2 El efecto Compton se produce cuando: A) Un fotón cede toda su energía a un electrón y desaparece B) Un fotón cambia de dirección y pierde parte de su energía al chocar con un electrón libre C) Un electrón es expulsado de un átomo sin interacción con fotones D) La energía del fotón se convierte completamente en materia

20.3. La producción de pares ocurre cuando: A) Un electrón se divide en dos partículas cargadas B) Un fotón de alta energía se convierte en un electrón y un positrón cerca de un núcleo atómico C) Dos electrones se combinan para formar un fotón de mayor energía D) Un protón se transforma en un neutrón y un positrón

20.4. Según el modelo de Bohr, los electrones en un átomo: A) Se mueven libremente sin órbitas definidas B) Ocupan niveles de energía discretos y pueden saltar entre ellos C) Pueden ubicarse en cualquier parte del espacio sin restricciones D) Se atraen mutuamente dentro del núcleo atómico.

20.5. En el efecto Compton, el fotón dispersado tiene: A) Mayor energía que el fotón incidente B) Menor energía que el fotón incidente C) La misma energía que el fotón incidente D) Energía cero después de la interacción

20.6. La producción de pares ocurre únicamente si el fotón incidente tiene una energía mínima de: A) 511 keV B) 1022 MeV C) 100 keV D) 10 MeV

20.7. En el modelo de Bohr, ¿qué ocurre cuando un electrón absorbe energía? A) Salta a un nivel de energía superior B) Se desplaza hacia el núcleo del átomo C) Se convierte en un fotón D) Se ioniza y deja el átomo

20.8. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre los niveles de energía es correcta? A) Los electrones pueden ocupar cualquier nivel de energía sin restricciones B) Cada nivel de energía corresponde a un estado cuantizado específico C) Los niveles de energía son continuos y no tienen valores específicos D) No tienen influencia en las propiedades químicas de los átomos.

21.

En un hospital, se usa un escáner PET para diagnosticar enfermedades metabólicas. El isótopo radiactivo ^{18}F se desintegra emitiendo un positrón, que rápidamente aniquila con un electrón cercano, produciendo dos fotones de rayos gamma en direcciones opuestas. Si la energía de cada fotón es de 511 keV (la energía de reposo de un electrón), calcula: **1)** La longitud de onda de los fotones emitidos en la aniquilación electrón-positrón; **2)** ¿Por qué los detectores del escáner PET están colocados en una configuración circular?

22.

Cuando radiaciones con longitud de onda λ_1 , $\lambda_2 (= 0.6 \lambda_1)$, $\lambda_3 (= 4\lambda_2)$ y λ_4 inciden sobre una placa de metal, se emiten fotoelectrones con una energía cinética máxima de -5.2 eV para λ_1 , 12 eV para λ_2 , 0.95 eV para λ_4 y no se emiten electrones para λ_3 . Se sabe que un átomo tipo hidrógeno (número atómico Z) en un estado excitado superior con número cuántico n puede hacer una transición al primer estado excitado emitiendo sucesivamente dos fotones con longitud de onda λ_1 y λ_2 , respectivamente. Alternativamente, el átomo desde el mismo estado excitado puede hacer una transición al segundo estado excitado emitiendo sucesivamente dos fotones con longitud de onda λ_3 y λ_4 , respectivamente.

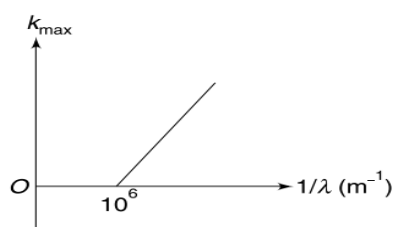
(a) Determinar la función de trabajo del metal. **(b)** Encontrar los valores de n y Z para el átomo.

23.

Un hospital está realizando estudios con un escáner PET para evaluar la actividad metabólica en el cerebro de un paciente. Se inyecta un radiofármaco marcado con ^{18}F , que emite positrones. Estos positrones se aniquilan con electrones en el cuerpo, generando dos fotones gamma de 511 keV que viajan en direcciones opuestas. Si el escáner PET tiene una resolución espacial de 4 mm y detecta 10^6 eventos de aniquilación por segundo, responde: **1)** ¿Cuál es la energía total liberada por las aniquilaciones en un segundo?; **2)** ¿Cuántos fotones gamma se generan por segundo?; **3)** ¿Cómo afecta la resolución espacial del escáner a la precisión de la imagen obtenida?

24.

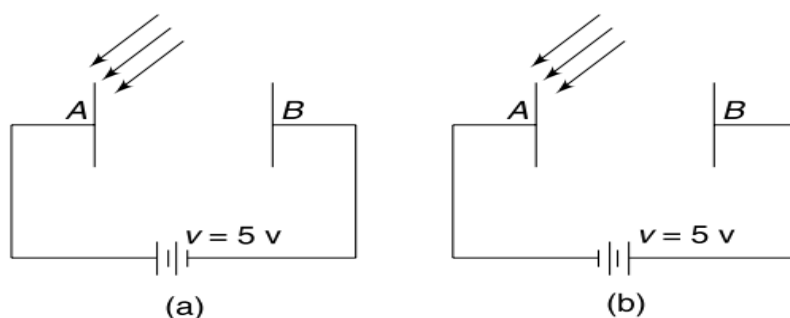
En un experimento de fotoelectricidad, se midió la energía cinética máxima K_{max} de los fotoelectrones emitidos para diferentes longitudes de onda λ de la luz utilizada. Se obtuvo un gráfico de K_{max} en función de $1/\lambda$, que se muestra en la primera figura. En el mismo experimento, manteniendo fija la longitud de onda de la luz incidente λ , se varió la diferencia de potencial aplicada y se registró un potencial de frenado de 1 volt. Se pide encontrar λ en Å.



25.

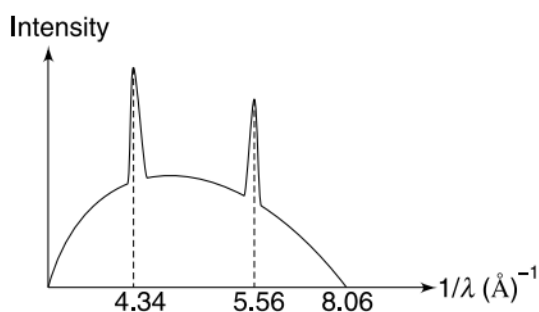
En un experimento fotoeléctrico, una luz monocromática incide sobre la placa metálica A. Se observó que, con $V = 5$ voltios, la energía cinética máxima de los fotoelectrones que impactaban en la placa B era de 1 eV. La polaridad de la diferencia de potencial aplicada se muestra en la figura (a). Cuando se invirtió la polaridad de la diferencia de potencial aplicada (como se muestra en la figura (b)) y se duplicó la frecuencia de la luz incidente, se observó que, en estado de saturación, la energía cinética de los electrones que impactaban en la placa B variaba entre 5 eV y 20 eV.

Determinar la función de trabajo del metal utilizado en la placa A.



26.

El espectro de rayos X de un blanco metálico se muestra en la figura.



(a) ¿Cuál es la diferencia de potencial de aceleración para los electrones bombarderos? (b) Se han mostrado dos rayos X característicos en la figura; uno de ellos es el rayo X $K\alpha$ y el otro es el rayo X $K\beta$. ¿Cuál es la longitud de onda del rayo X $K\alpha$? (c) Determinar el número atómico del átomo del blanco.

II. Radiaciones ionizantes

Cuestionario:

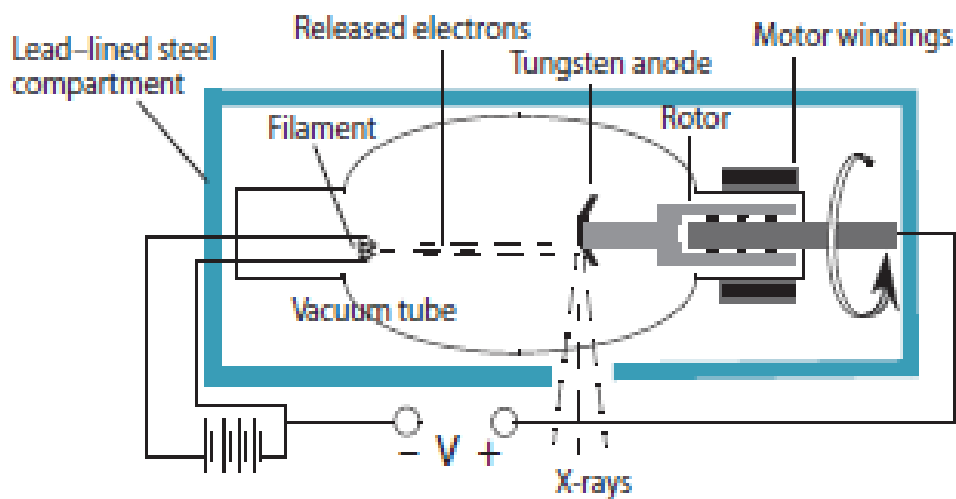
- 1) La vida media física del Iodo-131 es de 8 días y su vida media biológica es de 12 días. Responder: i) establecer la diferencia entre vida media física y vida media biológica; ii) calcular la vida media efectiva del Iodo-131; iii) un paciente quien ha recibido un tratamiento con Iodo-131 debe permanecer aislado antes que la actividad del Iodo se reduzca a una cuarta parte de su valor inicial de actividad. Estimar el número de días que el paciente permanece aislado. Rta.: ii) 4,8 días; iii) aproximadamente 10 días

- 2) ¿Qué ocurre con los átomos de una sustancia para que resulte ser radioactiva?
- 3) ¿Qué diferencia a los rayos X de los Gamma?
- 4) Un paciente es inyectado con un radioisótopo. La vida media física del radioisótopo es de 10 días y su vida media biológica es de 15 días. Calcular la fracción que permanece en el paciente después de 30 días.
- 5) ¿Por qué es necesario emplear alto voltaje para el funcionamiento de una lámpara de rayos X?
- 6) ¿Por qué es necesario que los electrodos en una lámpara de rayos X se encuentren al vacío?
- 7) a) A partir de la siguiente tabla escriba las reacciones nucleares que describen en cada caso el tipo de desintegración indicada.

PADRE	HIJO	TIPO DE DESINTEGRACIÓN
Potasio-40	Argón-40	Captura electrónica
Rubidio-87	Estroncio-87	Beta (-)
Gadolinio-152	Samario-148	Alfa

b) Explicar brevemente cuál es la causa que genera cada una de estos tipos de desintegraciones.

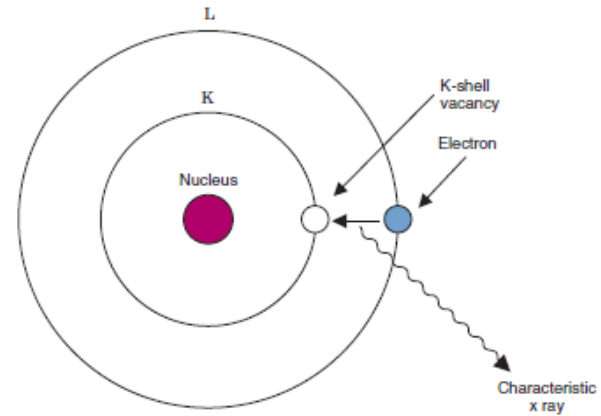
- 8) A partir de la figura tomada de un texto científico: a) indicar el nombre del dispositivo al que la figura refiere b) Explicar brevemente su principio básico de funcionamiento



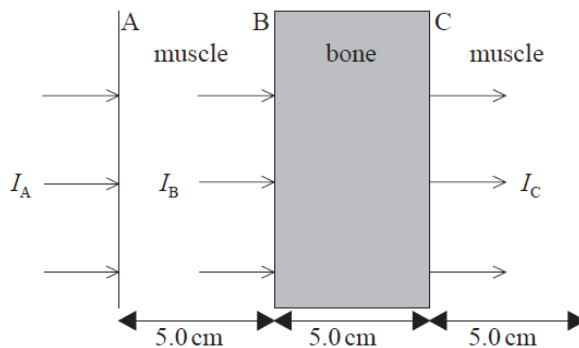
9) a) Nombre el proceso que está describiendo la figura.

b) Explique brevemente cómo se origina dicho proceso.

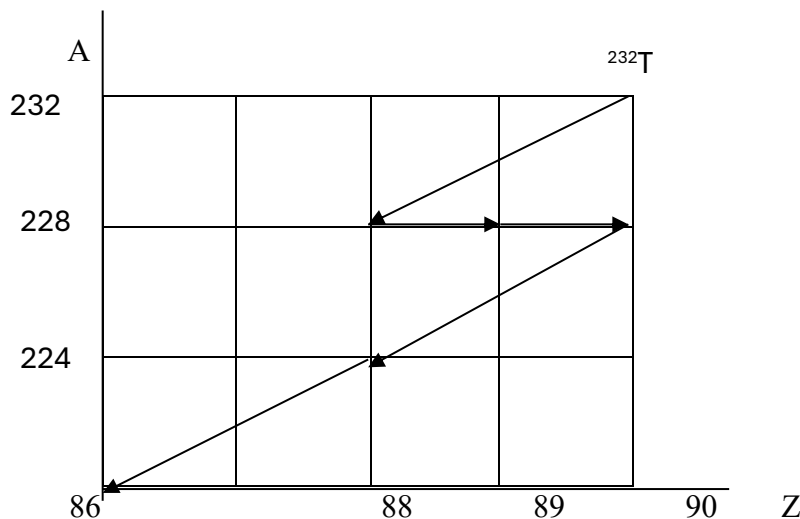
c) Explique y realice la curva que representa el número relativo de fotones de salida en función de la energía.



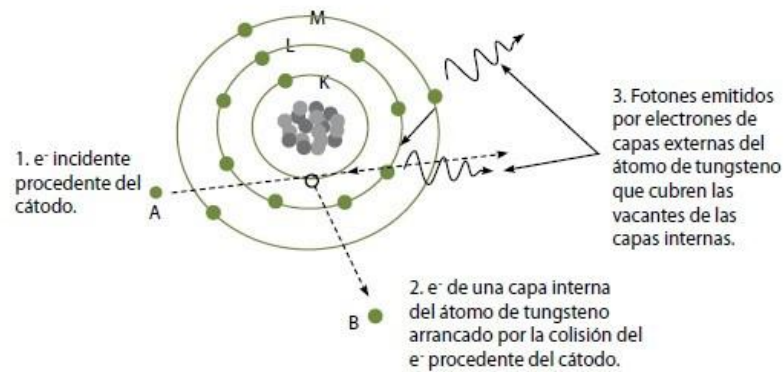
10) Un haz de rayos X paralelos incide sobre una pierna humana. La pierna tiene hueso de 5cm de diámetro y este se encuentra rodeado a cada lado por músculo con espesor de 5cm. El esquema que se muestra a continuación muestra la sección transversal de la pierna. Siendo la intensidad de rayos X en la superficie A de la pierna I_A , en la superficie B del hueso I_B y la intensidad de los rayos X que emergen de la superficie C del hueso I_C . Si se conoce que $I_B / I_A = 0,37$ y que $I_C / I_B = 0,08$. Explicar a partir de estos datos como es posible resolver las estructuras del hueso y el músculo en una imagen.



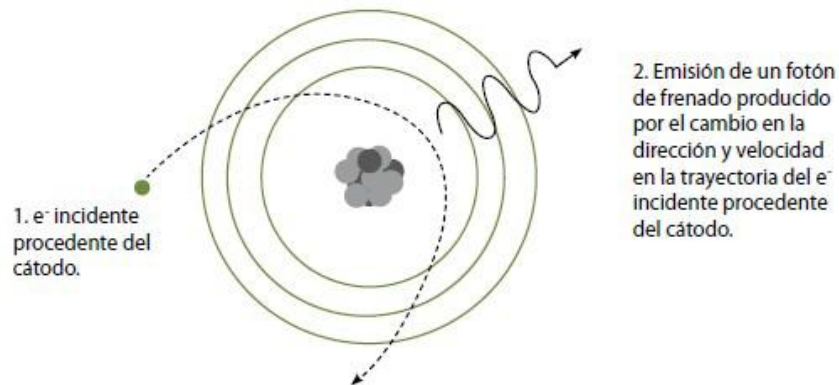
11) Considerando la serie de decaimientos para el Torio-232. Escribir las cinco ecuaciones que describen los decaimientos indicados en el diagrama y mencionar a qué tipo de decaimiento se hace referencia.



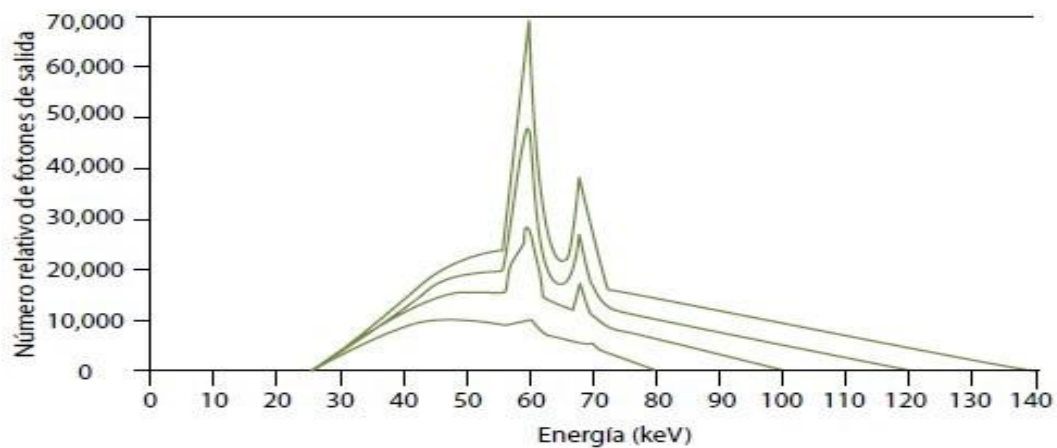
12) Explicar qué proceso se describe a partir de la figura. ¿Tiene que ver este proceso con la generación de Rayos X?
Mencione el nombre de este proceso.



13) Explicar qué proceso se describe a partir de la figura. ¿Tiene que ver este proceso con la generación de Rayos X?
Mencione el nombre de este proceso.



14) Explicar la relación entre el siguiente gráfico y los dos procesos antes mencionados.

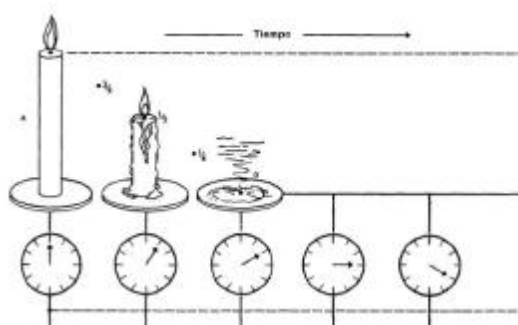


15) ¿Cuál es la mínima longitud de onda de rayos X emitidos en un tubo de 50Kv?

Rta.: 0,0248 nanómetros

16) Explicar por qué cuando se emplean elementos trazadores radioactivos en el tratamiento contra el cáncer es mejor utilizar isótopos radiactivos que tengan una larga vida media física y una corta vida media biológica.

17) La figura siguiente sugiere una analogía con un proceso estudiado. Explicar.



18)

La actividad de los pulmones puede ser seguida utilizando los radioisótopos $^{133}_{54}\text{Xe}$ y $^{81}_{36}\text{Kr}$. La información de estos dos radioisótopos se muestra en la tabla.

Radioisótopos	Semivida efectiva	Productos de desintegración
$^{133}_{54}\text{Xe}$	5,2 días	β^- y γ
$^{81}_{36}\text{Kr}$	12 segundos	γ

Indique y explique **una** ventaja y **una** desventaja de utilizar $^{133}_{54}\text{Xe}$ en vez de $^{81}_{36}\text{Kr}$.

19) Explicar a qué se debe que no se produzca ionización en la dispersión de Thomson.

20) ¿Cuál es el agente causante del daño celular ante el pasaje de radiación ionizante por un tejido vivo? Explique.

21) ¿Cuáles son los efectos producidos por la exposición a la radiación? Y ¿de qué factores depende?

22)

- (a) Defina el término *coeficiente de atenuación* tal como se emplea en la creación de imágenes por rayos X.

.....

- (b) Se utiliza un haz de rayos X formado por fotones de igual energía para crear imágenes de una posible fractura de hueso en la pierna de un paciente. Para esta energía de los fotones

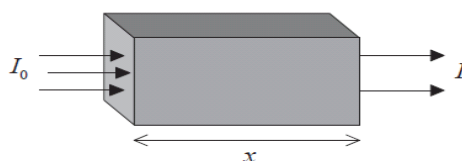
$$\begin{aligned}\text{coeficiente de atenuación del hueso} &= 0,62 \text{ cm}^{-1} \\ \text{coeficiente de atenuación del tejido} &= 0,12 \text{ cm}^{-1}.\end{aligned}$$

Al atravesar la pierna, los rayos X encuentran efectivamente un grosor de tejido igual a 14 cm y un grosor de hueso igual a 8,0 cm.

Utilice los datos anteriores para explicar por qué los rayos X de esta energía son adecuados para crear imágenes de una posible fractura de pierna.

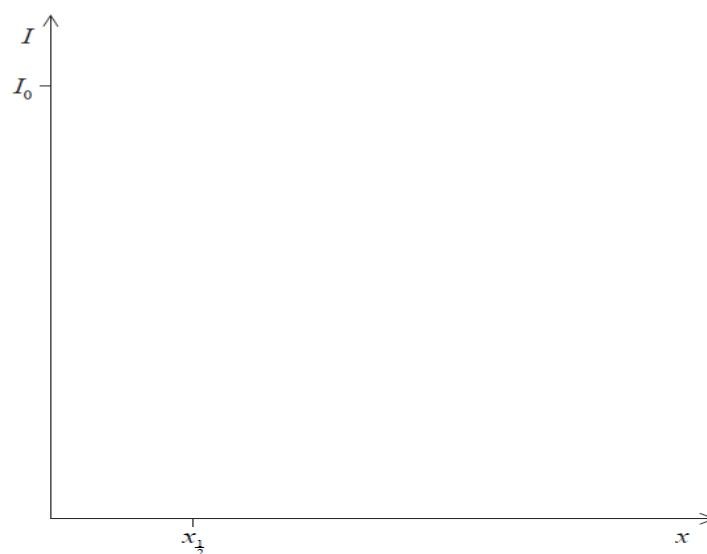
23)

- (a) Un haz de rayos X paralelos, de intensidad I_0 , incide sobre un bloque de material de espesor x .



La intensidad de los rayos X emergentes del bloque es I y el espesor hemirreductor del material es $x_{\frac{1}{2}}$.

Utilizando los ejes de más abajo, esquematice una gráfica que conste de cuatro puntos dato y que muestre cómo I varía con x , para bloques del mismo material pero de espesores diferentes. Sobre los ejes se han indicado las posiciones de I_0 y de $x_{\frac{1}{2}}$.



- (b) El coeficiente de atenuación para huesos es μ_b y para tejidos μ_t . La tabla muestra el cociente $\frac{\mu_b}{\mu_t}$ para fotones de rayos X con tres energías diferentes.

Energía del fotón / MeV	$\frac{\mu_b}{\mu_t}$
0,08	3,0
0,01	8,0
1,00	1,0

- (i) Explique por qué los fotones de rayos X de energía 0,01 MeV son preferibles para la detección de una fractura de hueso.

.....

- (ii) El coeficiente de atenuación de los huesos, para los fotones de rayos X de energía 0,01 MeV, es $0,60 \text{ cm}^{-1}$. Los rayos X de esta energía utilizados en una radiografía de una posible fractura de hueso en una pierna, atraviesan un espesor de hueso de 6,0 cm y un espesor de tejido de 9,6 cm. Determine la siguiente relación.

$$\frac{\text{intensidad final de los rayos X después de haber atravesado el hueso}}{\text{intensidad final de los rayos X después de haber atravesado el tejido}}$$

24)

- (a) Defina *espesor hemirreductor*.

.....

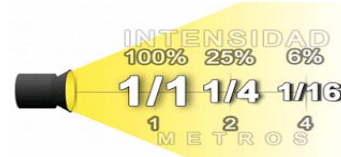
- (b) El espesor hemirreductor en tejido para rayos X de una energía dada es de 3,50 mm. Determine la fracción de la intensidad incidente de rayos X que es transmitida a través de tejido de espesor 6,00 mm.

.....

- (c) Para rayos X de mayor energía que los considerados en (b), el espesor hemirreductor es mayor que 3,50 mm. Indique y explique el efecto de ese cambio, si lo hay, en su respuesta a la pregunta de (b).

.....

- 25) Un candidato a tecnólogo en radiología selecciona una energía en MeV para fotones de rayos X de manera tal que para esa energía la relación entre los coeficientes de atenuación de hueso y tejido cumple: $\mu_b/\mu_t = 1$. Critique la elección realizada por el candidato, si el objetivo es detectar por medio de una placa de rayos X una fractura de hueso.
- 26) Para fotones de rayos X de cierta energía se conoce que el coeficiente de atenuación del hueso es de $0,62\text{cm}^{-1}$ y que el coeficiente de atenuación del tejido es de $0,12\text{cm}^{-1}$. ¿Qué relación existe entre los espesores hemirreductores del tejido y del hueso?
- 27) ¿Qué representa la figura? ¿Con qué ley vista en clase de Radiofísica presenta conexión? ¿cómo se aplica esta ley al trabajo del técnico radiólogo? Explique.



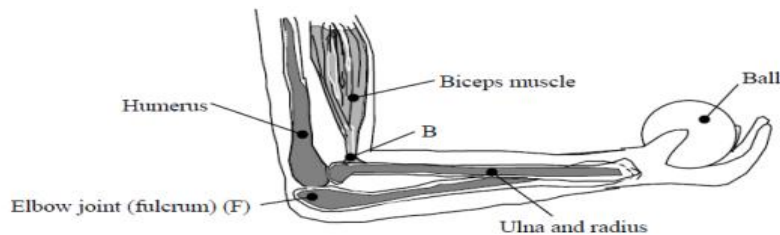
- 28) El espesor hemirreductor en tejido para rayos X de una energía determinada es de 5mm;
- a) Determinar la fracción de la intensidad incidente de rayos X que es transmitida a través de tejido de espesor 7mm; b) para rayos X de mayor energía el espesor hemirreductor es mayor que 5mm. Indicar y explicar el efecto de ese cambio.

III. Biomecánica

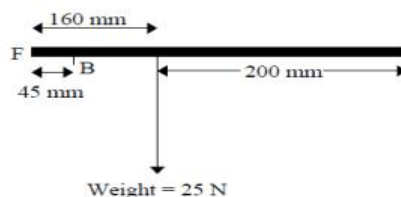
1.

Una cuestión acerca de las fuerzas y el brazo

El diagrama siguiente muestra el brazo de una persona sosteniendo una bola en la palma de su mano con el antebrazo en posición horizontal. El peso del antebrazo es de 25N y el de la bola 8N.

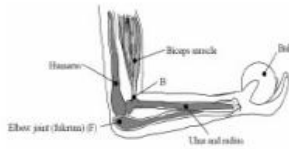


El diagrama siguiente es una representación simplificada del antebrazo mostrándose las distancias relevantes. El punto B es el punto donde el músculo bíceps está inserto en el antebrazo. Sobre el diagrama dibuje los vectores que representan a todas las fuerzas actuando sobre el antebrazo cuando la bola está siendo sostenida.

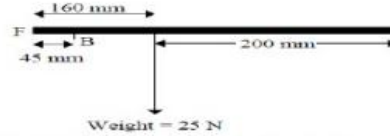


Calcular la fuerza que el músculo bíceps ejerce sobre el antebrazo

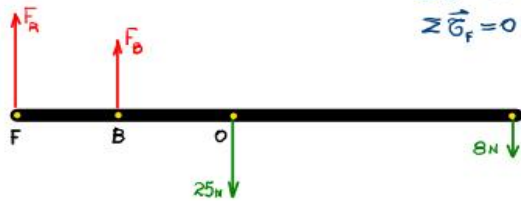
SOLUCIÓN:



El diagrama siguiente es una representación simplificada del antebrazo mostrándose las distancias relevantes. El punto B es el punto donde el músculo bíceps está inserto en el antebrazo



Sobre el diagrama dibuje los vectores que representan a todas las fuerzas actuando sobre el antebrazo cuando la bola está siendo sostenida. Calcular la fuerza que el músculo bíceps ejerce sobre el antebrazo.



$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow F_R + F_B - 25 \text{ N} - 8 \text{ N} = 0 \Rightarrow F_R + F_B = 33 \text{ N}$$

$$\sum \vec{G}_F = 0 \Rightarrow F_B \cdot 45 \text{ mm} - 25 \text{ N} \cdot 160 \text{ mm} - 8 \text{ N} \cdot 360 \text{ mm} = 0 \Rightarrow F_B = 152,89 \text{ N}$$

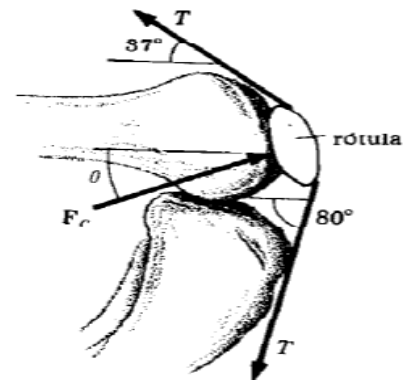
$$F_R + 152,89 \text{ N} = 33 \text{ N} \Rightarrow F_R = -119,89 \text{ N}$$

la fuerza sobre F es hacia abajo y de intensidad 119,89 N

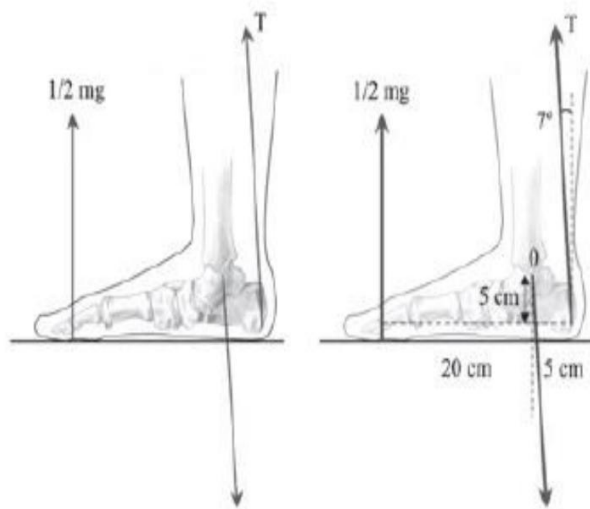
2.

Una cuestión articular

La figura muestra la forma del tendón del cuádriceps al pasar por la rótula. Si la tensión del tendón es de 1400 N. ¿Cuál es el módulo y la dirección θ de la fuerza de contacto F_c ejercida por el fémur sobre la rótula?



3. Considerando el pie de una persona de 70 kg en reposo. Sobre el pie actúa la fuerza de contacto del suelo, igual a la mitad del peso del cuerpo y se considera que está aplicada en un punto a 5 cm de la puntera; es decir que no reparte el peso en toda la superficie de los pies, sino que debe tirar del talón hacia arriba. La longitud total del pie es de 30 cm y los huesos de la pierna apoyan sobre los huesos tarsianos del pie en un punto situado a 25 cm de la puntera. Los músculos de la pierna, gastrocnemio y sóleo, que parten del fémur, la tibia y el peroné, tiran del hueso calcáneo, en el borde del talón, con un ángulo de inserción de 7° con la vertical. Si la altura a la que se sitúa el punto de contacto pierna-pie está a 5 cm de altura sobre la vertical. Calcular la fuerza con que tira el grupo de músculos y la fuerza que ejercen los huesos de la pierna, tibia y peroné, sobre el pie en el punto de apoyo.



Sugerencia: elija centro de torques el punto 0 y considere $g=9,8 \text{ m/s}^2$

Rta.: $T=1576 \text{ N}$; $R_x=192 \text{ N}$; $R_y=-1907 \text{ N}$

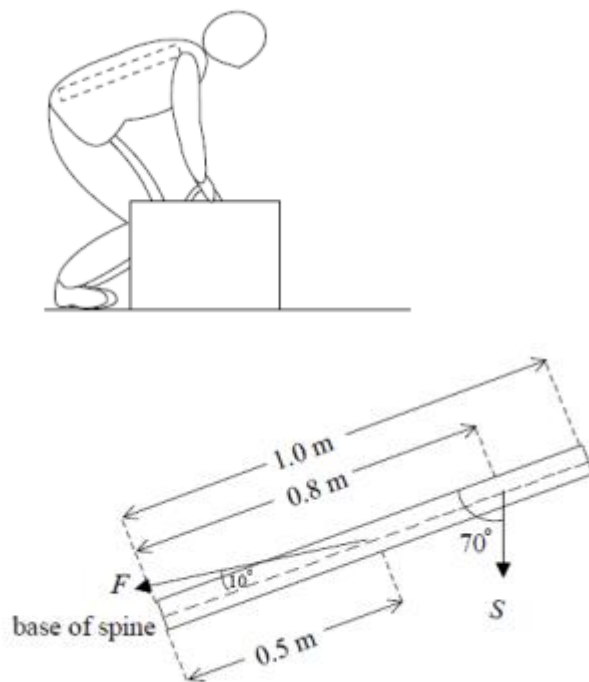
4. Cuando una persona levanta una valija la espina experimenta una gran fuerza extra. En un modelo simplificado de la situación la espina puede ser considerada como una barra rígida. En este modelo cuando la valija es levantada tres fuerzas extra actúan sobre la espina las que son necesarias para lograr su equilibrio:

* La fuerza adicional debido al levantamiento de la valija que designamos con S

* La fuerza adicional de los músculos que designamos F

* La fuerza adicional sobre la base de la espina que designamos R .

El diagrama siguiente muestra las direcciones y los puntos en donde actúan S y F , pero no R .



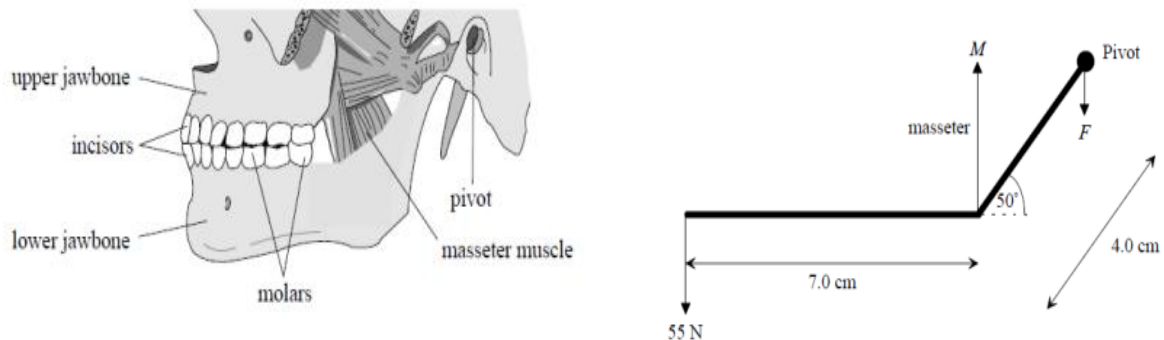
a) Establecer las dos condiciones de equilibrio que deben cumplir S , F y R .

b) Agregar un vector que caracterice a la dirección de la fuerza adicional R que actúa sobre la base de la espina en el diagrama anterior

c) Escribir una expresión para el torque que actúa sobre la base de la espina debido a la fuerza S

d) Mostrar que la intensidad de la fuerza F es aproximadamente 9 veces la intensidad de la fuerza S (es decir que la fuerza muscular es nueve veces el peso de la valija que está siendo levantada).

5. El diagrama siguiente muestra la posición de los maxilares de una persona. El maxilar inferior pivotea sobre uno de sus extremos. El músculo que provoca su movimiento es el

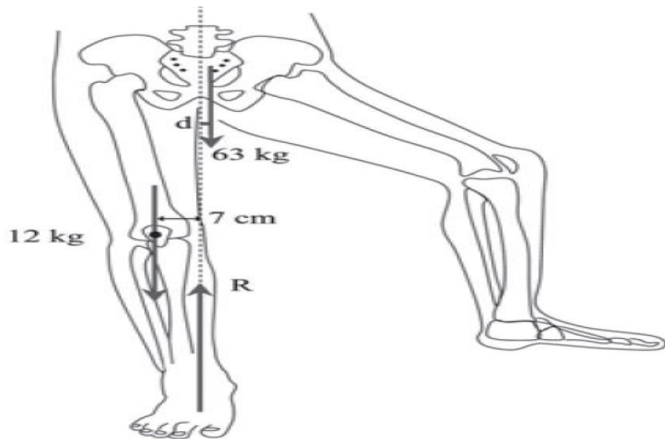


denominado músculo masetero. Durante la mordida el maxilar inferior puede representarse por un modelo simple. Este tiene una parte horizontal de 7cm de longitud y otra parte de 4cm de longitud formando un ángulo de 50° con la horizontal. La fuerza del músculo masetero es vertical y actúa sobre la unión de ambas partes. Por otro lado, para este modelo el peso del maxilar inferior se considera despreciable. Durante la mordida hay 55N de fuerza sobre los incisivos ubicados al frente de la mandíbula inferior. Se pide: **a)** determinar el valor de las fuerzas M y F ; **b)** ¿por qué se puede ejercer mas fuerza en los molares durante la masticación, que en los incisivos? **Ayuda:** considere que en la parte horizontal actúa una fuerza F_m aplicada a 3 cm del punto en donde actúa la fuerza del musculo masetero. Esta fuerza F_m representaría la que realiza un molar, hállela y compare.

Rta.: $M=204,7\text{N}$; $F=149,7\text{N}$; $F_m=94,5\text{N}$

6.

Supongamos que una persona levanta; el pie izquierdo y se apoya únicamente en el derecho. Se pretende estudiar el equilibrio del cuerpo en conjunto, por lo que la única fuerza de contacto, ejercida por una superficie sólida externa, es la del suelo sobre el pie derecho, que se aplica en la superficie de apoyo y va dirigida hacia arriba. Si la persona tiene una masa de 75Kg, que cada una de sus piernas posee una masa de 12kg y que, al apoyarse sobre el pie derecho, el centro de masas de la pierna derecha se encuentra a 7cm a la derecha de la vertical del eje de simetría del cuerpo.

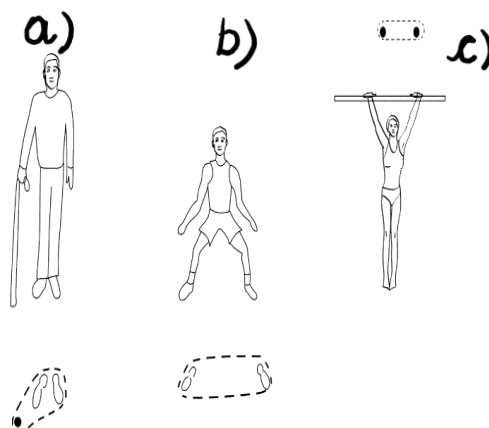


Se pide:

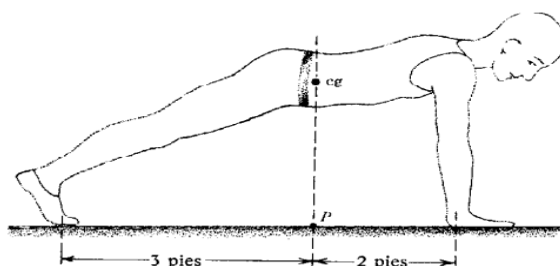
Analizar las condiciones de equilibrio para que el cuerpo no pivote sobre el pie derecho y así obtener el valor de R y el valor de d (distancia entre la línea de acción del peso de la persona y el eje de simetría). Fundamente. Rta.: $R=750\text{N}$; $d=1,33\text{cm}$

7.

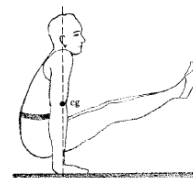
Empleando los postulados de la estabilidad, analizar: ¿cuál de estas tres situaciones resulta ser la más estable? Fundamente.



8. Indicar justificando si la siguiente afirmación es correcta o incorrecta: El atleta de la figura se prepara para dar un salto hacia arriba y se encuentra en condición de equilibrio. Si pesa 180 lb y su centro de gravedad está localizado por encima del punto P que se encuentra en el suelo a 3 pies de la punta de sus pies y a 2 pies de sus hombros. Entonces las fuerzas ejercidas por el suelo sobre las manos y pies son 72 lb y 108 lb.



9. El gimnasta representado en la figura; ¿se encuentra en una posición de equilibrio? ¿Por qué? Explicar.



10.

¿Qué desaceleración experimentan los ocupantes de un vehículo que circula a 80Km/h cuando chocan con un muro, resultando en una deformación de la parte delantera del vehículo de 0,4m? a) Exprese el valor de la aceleración en términos de $g = 10m/s^2$ b) Determine el tiempo en segundos en que los ocupantes del vehículo estuvieron sujetos a esa aceleración. c) Evalúe los daños tomando en cuenta la figura 2.12, que indica la tolerancia que manifiesta el cuerpo humano sujeto a un asiento debido a la acción de una aceleración de retroceso como función del tiempo al que está sometido a esa aceleración.

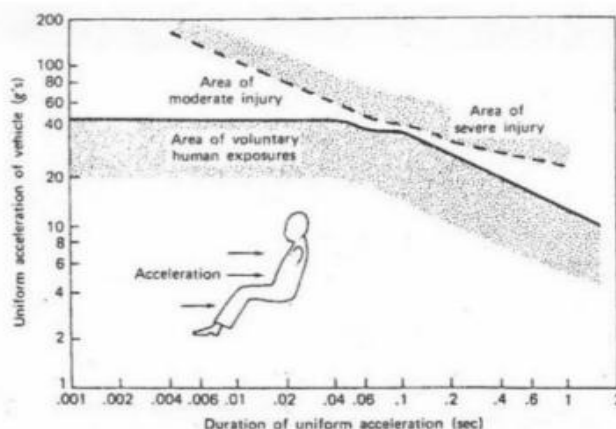
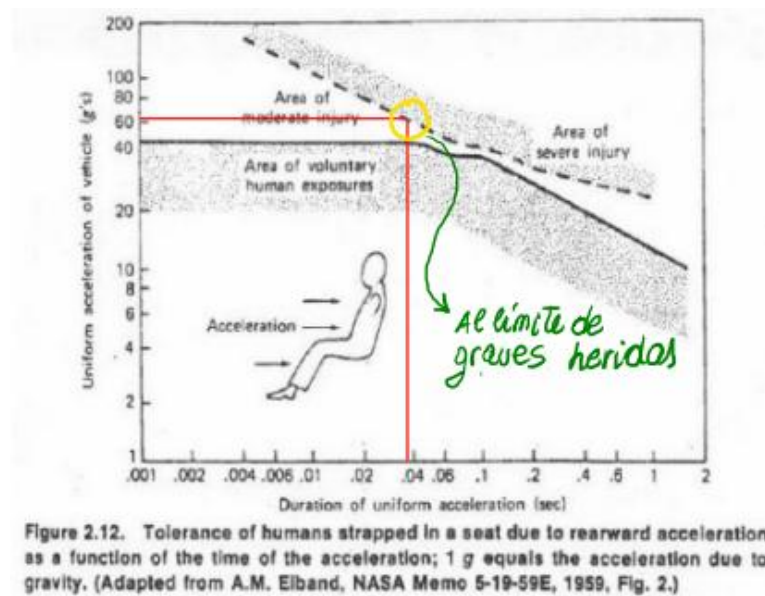


Figure 2.12. Tolerance of humans strapped in a seat due to rearward acceleration as a function of the time of the acceleration; 1 g equals the acceleration due to gravity. (Adapted from A.M. Elband, NASA Memo 5-19-59E, 1959, Fig. 2.)

↑ Sea cuidadoso con el manejo de las escalas en la figura 2.12

Importante: representar con una x un punto en la figura con las coordenadas de: duración de la aceleración uniforme y valor de la aceleración uniforme en múltiplos de g. PRESTAR MUCHA ATENCIÓN A LA ESCALA HORIZONTAL .002s = 0,002s

SOLUCIÓN:



$$v_0 = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 22,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_f = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$(v_f)^2 = (v_0)^2 + 2a\Delta x$$

$$0 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 493,83 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + 2a(0,4 \text{ m})$$

$$\Rightarrow a = -617,28 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -61,73 g$$

$$v_f = v_0 + a\Delta t \Rightarrow \frac{0 - 22,2 \text{ m/s}}{-617,28 \text{ m/s}^2} = \Delta t$$

$$\Delta t = 0,036 \text{ s}$$

11.

Tomando en cuenta a los postulados de la estabilidad, si lo desea puede intentar ponerlos en práctica experimentando con el siguiente dispositivo que fácilmente puede construir: Consiga un alfiler, un corcho y dos tenedores y recree un símil del muñeco de la figura. ¿A qué se debe su curioso movimiento?

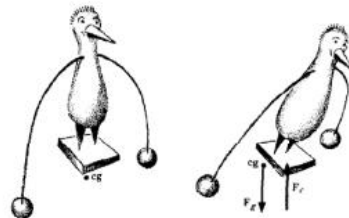
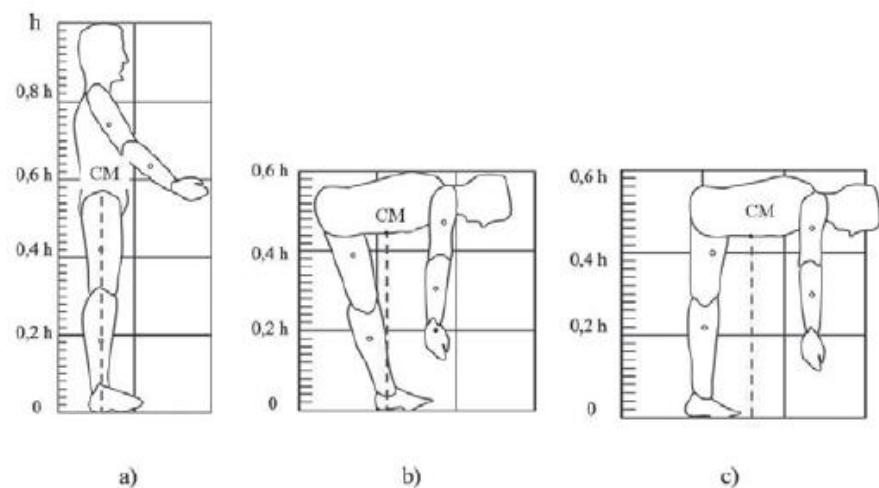


FIGURA 3.21
El muñeco siempre vuelve a la posición vertical porque su centro de gravedad está por debajo de su área de sustentación.

12.

Cuando una persona se dobla hacia abajo intentando alcanzar la punta de sus pies con la mano, la pierna y los glúteos se mueven hacia atrás (fig c) ¿Por qué? Intente realizar la siguiente prueba física con la supervisión de un

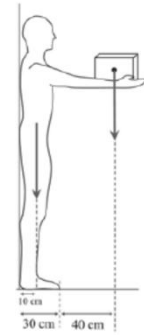


compañero: ¿puede inclinarse e intentar tocar la punta de sus pies si se exige que mantenga los glúteos y sus piernas apoyados siempre contra la pared vertical? Analice las condiciones de estabilidad para cada caso.

13. Una persona de pie (masa igual a 70kg) con la espalda y talones pegados contra la pared, mantiene sus brazos estirados (ver figura) mientras sostiene un peso que proyecta su dirección al piso en un punto a 40cm de la punta de sus pies. La vertical de su centro de masa cae a 10cm de la pared y la planta del pie tiene una longitud de 30cm. Suponiendo que todas las articulaciones son rígidas ¿Cuál es el peso máximo que puede sostener sin caer hacia adelante?

Sugerencia: Considere centro de torques en el punto ubicado sobre la punta de su pie

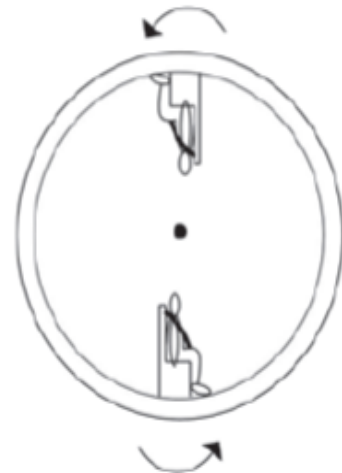
Rta.: $m=35\text{kg}$



14. Una persona se encuentra en el interior de una rueda de 10m de radio que gira verticalmente tal y como se ilustra. ¿A qué velocidad y frecuencia tiene que girar la rueda para que en el punto más alto la persona tenga sensación de ingravidez?

Rta.: $v = 9,9 \text{ m/s}; f = 9,45 \text{ rpm}$

Referencia bibliográfica:
Física de los procesos biológicos
 CUSSÓ, F; LÓPEZ, C Y VILLAR, R.
 Barcelona, Ariel, 2004



IV. ANALISIS DIMENSIONAL Y LEYES DE ESCALA

1. Lea el siguiente texto:

La ley cuadrático-cúbica es un principio matemático-geométrico, aplicado en varios campos científicos y técnicos, que describe la relación entre volumen y área de un cuerpo a medida que aumenta o disminuye su forma o figura. Fue descrita por primera vez en 1638 por Galileo Galilei en su libro *Dos nuevas ciencias*: “**Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove scienze**”. En términos generales este principio establece que, cuando una forma crece en tamaño, su volumen crece más rápido que su superficie. Cuando se aplica al mundo real, este principio tiene muchas implicaciones que son importantes en campos que van desde la ingeniería mecánica a la biomecánica. Esto ayuda a explicar gran variedad de fenómenos, por ejemplo, por qué a grandes mamíferos como los elefantes les cuesta más enfriarse que, a los más pequeños, como los ratones, y por qué hay límites fundamentales para el tamaño de los castillos de arena.

La ley del cuadrado-cubo puede enunciarse como sigue:

Cuando un objeto se somete a un aumento proporcional en tamaño, su nuevo volumen es proporcional al cubo del multiplicador y su nueva superficie es proporcional al cuadrado del multiplicador.

Representa matemáticamente:

$$v_2 = v_1 \left(\frac{\ell_2}{\ell_1} \right)^3$$

donde v_1 es el volumen original, v_2 es el nuevo volumen, ℓ_1 es la longitud original y ℓ_2 es la nueva longitud.

$$A_2 = A_1 \left(\frac{\ell_2}{\ell_1} \right)^2$$

donde A_1 es el área original y A_2 es la nueva área.

Por ejemplo, un bloque simétrico y homogéneo con una arista (longitud lateral) de 1 metro, tiene una superficie de 6 m^2 y un volumen de 1 m^3 . Si las dimensiones del objeto se duplican (multiplicador = 2) su nuevo volumen será 8 m^3 , mientras que su nueva superficie será 24 m^2 . Como se puede observar la relación entre volumen y área cambia de forma significativa al modificar la escala. Este principio se aplica a todos los sólidos.

Si un animal se ampliara en una cantidad considerable, su fuerza muscular relativa sería muy reducida, ya que la sección transversal de sus músculos se incrementaría solo por el cuadrado del factor de escala, mientras que su masa se incrementaría por el cubo del factor de escala. Como resultado, las funciones cardiovasculares y respiratorias, se verían gravemente comprometidas.

En el caso de animales voladores, la carga alar sería mayor si estos se ampliaran, y por lo tanto tendrían que volar más rápido para obtener la misma cantidad de sustentación. La resistencia del aire por unidad de masa es también más alta para los animales más pequeños, por lo que un animal pequeño como una hormiga no puede ser aplastado por la caída desde una altura considerable.

Explique en forma breve acerca de la importancia de las leyes de escala en la naturaleza.

2. Se conoce que la fuerza debida a la resistencia del aire F_a se puede expresar aproximadamente como: $F_a = C \cdot A \cdot v^2$. Donde v es la velocidad del objeto con respecto al aire, A es el área que enfrenta la dirección del movimiento y C es el coeficiente de fricción del aire. El coeficiente C depende en cierta medida de la forma del objeto. Si el cuerpo cae desde una altura suficientemente grande, la velocidad alcanza una magnitud tal que la fuerza debida a la resistencia del aire es igual al peso. Pasado este punto, el cuerpo ya no se acelera y continúa cayendo a una velocidad constante, llamada la velocidad terminal v_t . Sin embargo, la velocidad terminal se puede obtener sin dificultad. Demuestre empleando argumentos basados en las leyes de escala y semejanza que la velocidad terminal de objetos de diferentes tamaños y que tienen una densidad y una forma similar es proporcional a la raíz cuadrada del tamaño lineal de los objetos.

Ayuda: Si W es el peso del cuerpo en la caída del cuerpo cuando alcanza la velocidad terminal se cumple:

$$W - F_a = 0$$

$$\text{Entonces } \rightarrow v_t = \sqrt{\frac{W}{CA}}$$

$$F_a = W$$

Rta.: v escala como $\sqrt{l}$

3. La cantidad de agua que puede ser almacenada por el cuerpo es proporcional al volumen del cuerpo. La tasa de agua perdida por evaporación es proporcional al área de la superficie del cuerpo. Establecer como las siguientes magnitudes se relacionan por una cuestión de escala con la dimensión lineal del cuerpo L .

i) Masa de agua almacenada.

ii) Tasa de agua perdida Si el tiempo entre tomas de agua por un adulto en orden de mantenerse hidratado con el contenido normal de agua en su cuerpo es T .

iii) Explicar por qué T es proporcional a L .

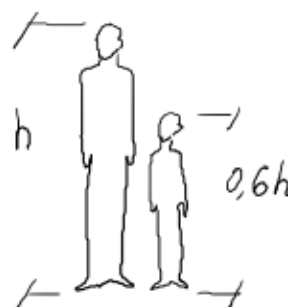
iv) Si una persona adulta puede mantenerse sin tomar agua por 3 días. Estimar cuánto tiempo podría estar sin tomar agua un niño

SOLUCIÓN:

$$a) M \sim Vol \sim l^3$$

$$b) \frac{\Delta M}{\Delta t} \sim A \sim l^2$$

$$c) T \sim \frac{M}{\frac{\Delta M}{\Delta t}} \sim \frac{l^3}{l^2} = l$$



$$\frac{T_{ADULTO}}{T_{NIÑO}} \sim \frac{l_{ADULTO}}{l_{NIÑO}} = \frac{h}{0,6h} = 1,66 \Rightarrow \frac{T_{ADULTO}}{1,66} = T_{NIÑO}$$

$$\frac{3 \text{ días}}{1,66} = T_{NIÑO} = 1,8 \text{ días}$$

4. ¿Cuál es la proporción entre los pesos máximos que pueden levantar una persona de 130cm de altura y una de 165cm, respectivamente? Suponer forma y estructura semejante

Rta.: 1,27

5. El volumen de sangre en el sistema circulatorio de los mamíferos es directamente proporcional a la masa del animal. ¿En qué relación están el volumen sanguíneo de un animal adulto (longitud característica = 180cm) y un cachorro ($L = 90\text{cm}$)?

Rta.: 8

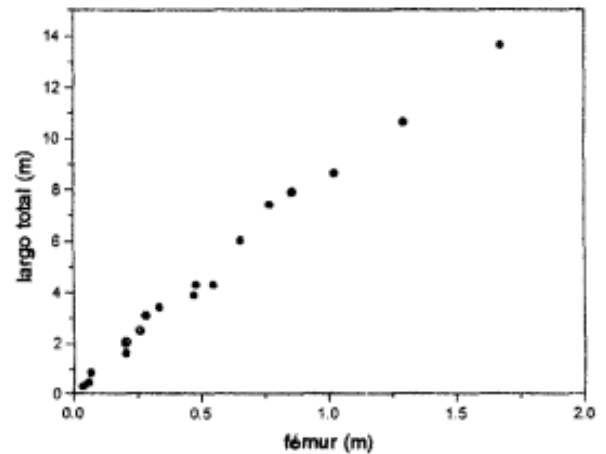
6. La siguiente tabla muestra una lista de 19 dinosaurios terópodos predadores. Para cada animal figuran su peso y dos longitudes (la total desde el hocico hasta la punta de la cola y el largo del fémur). En la tabla están identificados por color los animales que pertenecen a una misma variedad. Se hace una representación del largo total en función del largo del fémur. Y luego se ajusta por cuadrados mínimos una recta. Gráfico 1 y 2. Por otro lado en el gráfico 3 se representaron los pesos en función del largo total.

Se pregunta:

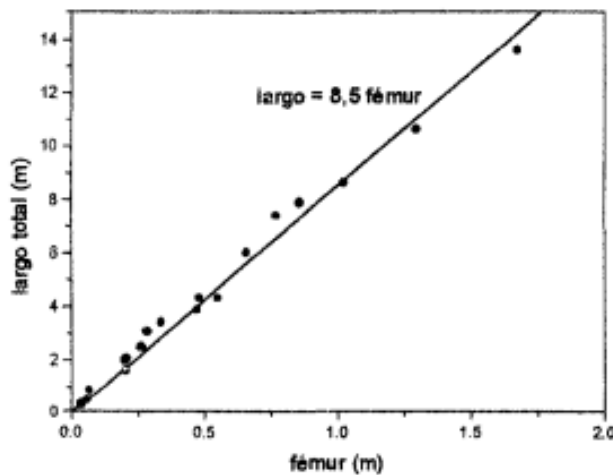
- ¿Se puede esperar isometría perfecta entre todos los ejemplares?
- ¿Se puede esperar isometría entre ejemplares de un mismo grupo o variedad?
- ¿Puede asegurarse que hay semejanza entre ejemplares de una misma variedad?
- ¿Se puede concluir que existe una ley que relacione pesos con largos? ¿Qué tipo de ley?
- ¿Hay evidencia de existencia de una ley isométrica?

- f) ¿Hay evidencia de existencia de una ley alométrica?
Fundamente todas las respuestas

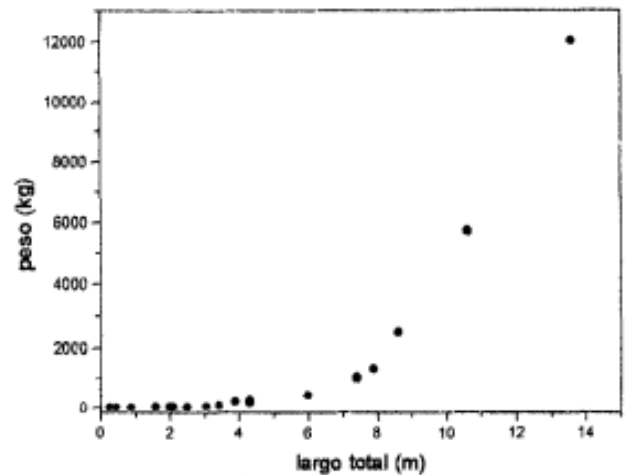
nombre (género, especie)	peso(kg)	largo (m)	fémur (m)
Herrerasaurus ischigualastensis	210	3,9	0,473
Piatnitzkysaurus fioresi	275	4,3	0,550
Compsognatus longipes	0,58	0,89	0,067
Ornitholestes hermanni	12,6	2,08	0,207
Allosaurus fragilis	1010	7,4	0,77
Allosaurus atrox	1320	7,9	0,860
Albertosaurus libratus	2500	8,6	1,025
Tyrannosaurus rex	12000	13,6	1,675
Tyrannosaurus rex	5700	10,6	1,300
Archaeopteryx lithographica	0,069	0,29	0,037
Archaeopteryx lithographica	0,300	0,46	0,0605
Velociraptor antirrhopus	45	3,06	0,284
Velociraptor antirrhopus	73	3,43	0,336
Velociraptor mongoliensis	15	2,07	0,200
Ornithomimus altus	153	4,3	0,480
Ornithomimus bullatus	440	6,0	0,660
Troodon mongoliensis	13	2,0	0,200
Avimimus portentosus	14	1,6	0,205
Oviraptor philoceratops	33	2,5	0,262



(Gráfico 1)



(Gráfico 2)



(Gráfico 3)

7. **Mongo** y **Aurelio** tienen la misma contextura física. **Mongo** tiene una masa corporal de 70kg y una estatura de 175cm. **Aurelio** tiene una masa corporal de 85kg.

Se pide:

- estimar la estatura de **Aurelio**;
- estimar la razón de áreas de superficies corporales (área de la superficie corporal de **Aurelio** / área de la superficie corporal de **Mongo**)
- Mongo** y **Aurelio** tienen la misma tasa de producción de energía térmica por unidad de masa corporal. Explicar cuantitativamente la consecuencia de la diferencia de masa corporal sobre la tasa de pérdida de calor por unidad de área si ambos mantienen su temperatura corporal constante.

Rta.: a) $l_{AURELIO} = 186,7 \text{ cm}$, b) $\frac{A_{AURELIO}}{A_{MONGO}} = 1,138$, $(\Delta \varepsilon / A)_{AURELIO} = 1,07 \cdot (\Delta \varepsilon / A)_{MONGO}$

8. Estudio de una Ley Alométrica entre Diámetro y Longitud de Fémures en Mamíferos

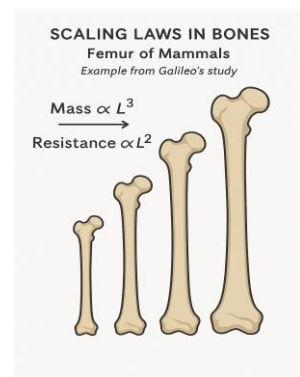
Se dispone de los siguientes datos recolectados de diferentes especies de mamíferos, correspondientes al diámetro (d , en milímetros) y la longitud (l , en centímetros) del fémur:

Especie	Diámetro del fémur (mm)	Longitud del fémur (cm)
Ratón	1,5	2,5
Conejo	4,0	6,0
Gato	7,5	13,0
Perro mediano	12,0	22,0
Caballo	44,0	60,0

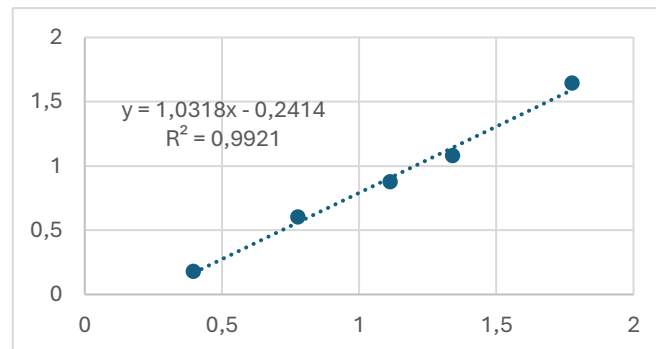
Se pide realizar un estudio tomando en cuenta lo realizado por Galileo. Para ello se formula la posible relación alométrica entre el diámetro D y la longitud del fémur L . Es decir: $D = K(L)^m$; con K y m constantes.

Guía de ayuda:

- Representar $\log(D)$ en función de $\log(L)$
- Realizar un ajuste lineal
- Obtener la ley y fundamentar si es de tipo alométrica o isométrica
- Explique los resultados



Rta.: Grafica de $\log(D)$ en función de $\log(L) \Rightarrow D = 0,2414L^{1,0318}$



9. Una persona está investigando el tiempo que tarda un objeto en caer libremente desde una determinada altura. Se sabe que el tiempo de caída, t , depende de la altura h desde la que se suelta el objeto, la aceleración gravitacional g y una constante adimensional k relacionada con la forma del objeto.

Se propone que la relación entre estas magnitudes es del tipo: $t = k \cdot h^\alpha g^\beta$ Donde: t : tiempo de caída (en segundos); h : altura (en metros); g : aceleración de la gravedad (en metros por segundo cuadrado); k : constante adimensional; α , β exponentes por determinar. Utilizando el análisis dimensional, determina la relación.

10. La velocidad de circulación sanguínea y su dependencia de parámetros fisiológicos

Nos interesa investigar cómo la velocidad promedio de la sangre, v , en una arteria principal depende de ciertas características fisiológicas. Se considera que esta velocidad puede depender del diámetro interno de la arteria, d , de la viscosidad de la sangre, η (eta), de la diferencia de presión sanguínea ΔP a lo largo de cierto tramo de arteria, y de la longitud de ese tramo, L . Proponer para ello que la relación entre estas magnitudes es del tipo:

$$v = k \cdot d^a \cdot \eta^b \cdot \Delta P^c \cdot L^d$$

Donde:

- v : velocidad promedio de la sangre (en m/s)
- d : diámetro de la arteria (en m)
- η : viscosidad de la sangre (en Pa·s)
- ΔP : diferencia de presión sanguínea (en Pa)
- L : longitud del tramo de arteria considerado (en m)
- k : constante adimensional
- a, b, c, d : exponentes a determinar

Utilizando el análisis dimensional, determina la relación entre los exponentes a, b, c y d para que la ecuación sea dimensionalmente consistente. Explica cada paso del procedimiento y fundamenta la importancia de dicha relación en el contexto de la física biológica.

Ayuda:

- Recuerda expresar todas las magnitudes en función de las unidades básicas del SI: longitud (L), masa (M), tiempo (T).
- La viscosidad dinámica (η) tiene dimensiones de $M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$.
- La presión (Pa) tiene dimensiones de $M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$.
- Plantea la ecuación de dimensiones en ambos lados y resuelve el sistema de ecuaciones resultante.

Rta: $Q = k \cdot (\Delta P) \cdot L^3 / \eta$