

37 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA
SINGAPORE, SINGAPORE, 2006

Problema 1 (La Gravedad en un Interferómetro de Neutrones). Escriba todas sus respuestas dentro de la hoja de respuesta.

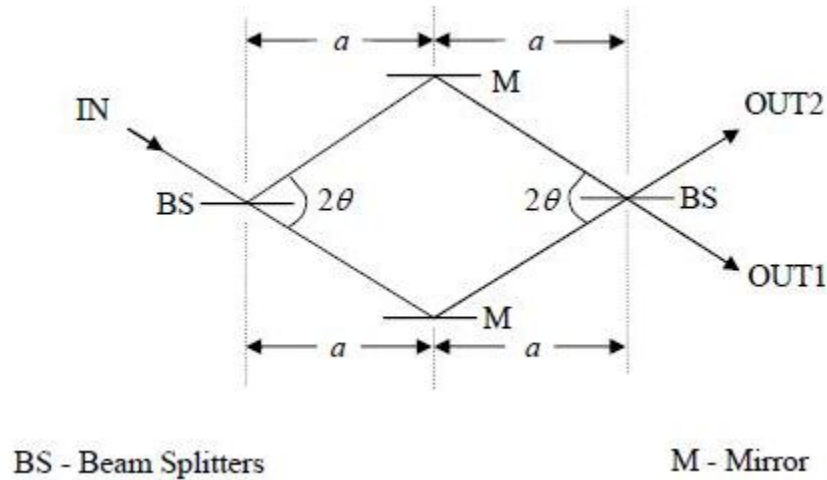


Figura 1a

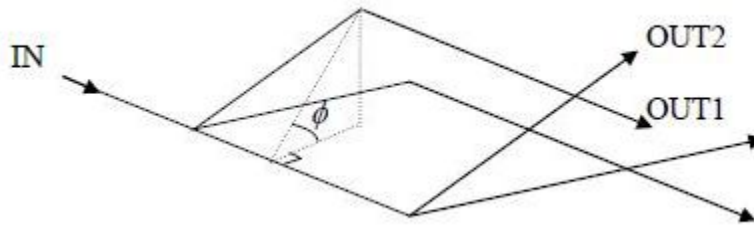


Figura 1b

Situación Física.- Consideramos la situación del famoso experimento del interferómetro de neutrones por Colléla, Overhauser y Werner, pero idealizar la puesta en marcha a medida en que debemos asumir el perfecto separamiento de los rayos y espejos dentro del interferómetro. El experimento estudia el efecto de la atracción gravitacional sobre las ondas de neutrones de Broglie.

La representación simbólica de este interferómetro en analogía a un interferómetro óptico se muestra en la Figura 1a. Los neutrones entran al interferómetro a través del puerto IN y siguen los dos caminos mostrados. Los neutrones son detectados en uno de los puertos de salida OUT1 o OUT2. Los dos caminos encierran un área de forma de diamante, lo cual es típica mente unos cuantos cm^2 en medida.

El neutron de la onda de broglie (de longitud de onda común de 10^{-10} m) interfiere tal que todos los neutrones emergen del puerto de salida OUT1 si el plano del interferómetro está horizontal. Pero cuando el interferómetro está inclinado cerca del eje del rayo de neutrones entrante por el ángulo ϕ (Figura 1b), observar un ϕ dependiente de la redistribución de los neutrones entre los dos puertos de salida OUT1 y OUT2.

Geometría.- Para $\phi = 0^\circ$ el plano del interferómetro está horizontal; para $\phi = 90^\circ$ el plano está vertical con los los puertos de salida del eje de inclinación.

1.1 (1.0) ¿Qué tan grande es el área A de forma de diamante encerrado por los dos caminos del interferómetro?

1.2 (1.0) ¿Qué es la altura H del puerto de salida OUT1 arriba del plano horizontal del eje de inclinación? Expresar A y H en términos de a , θ y ϕ .

Longitud del camino óptico La longitud del camino óptico N_{opt} (un número) es la razón de la longitud del camino geométrico (una distancia) y la longitud de onda λ . Si λ cambia a lo largo del camino, N_{opt} es obtenido integrando λ^{-1} a lo largo del camino.

1.3 (3.0) ¿Qué es la diferencia ΔN_{opt} en la longitud del camino óptico de los dos caminos cuando el interferómetro ha sido inclinado con un ángulo ϕ ? Expresa tu respuesta en términos de a , θ y ϕ así como la masa del neutrón M , la longitud de onda de Broglie λ_0 de los neutrones entrantes, la aceleración gravitacional g y la constante de Planck's h .

1.4 (1.0) Introducir el parámetro del volumen $V = \frac{h^2}{gM^2}$ y expresar ΔN_{opt} solamente en términos de A , V , λ_0 y ϕ . Establecer el valor de V para $M = 1.675 \times 10^{-27}$ kg, $g = 9.800 \text{ ms}^{-2}$ y $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js.

1.5 (2.0) ¿Cuántos ciclos de intensidad alta a intensidad baja y de nuevo a alta intensidad son completados por el puerto de salida OUT1 cuando ϕ está creciendo de $\phi = -90^\circ$ a $\phi = 90^\circ$?

Datos Experimentales El interferómetro de un experimento actual fue caracterizado por $a = 3.600$ cm y $\theta = 22.10^\circ$ y 19.00 ciclos completos fueron observados.

1.6 (1.0) ¿Qué tan grande fue λ_0 en este experimento?

1.7 Si se observa 30.00 ciclos completos en otro experimento del mismo tipo que usa neutrones con $\lambda_0 = 0.2000$ nm, ¿Qué tan grande sería el área A ?

Consejo: Si $|\alpha x| \ll 1$, es permisible reemplazar $(1+x)^{alpha}$ por $1+\alpha x$.

Hoja de Respuestas

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		1

<p>Geometría</p> <p>1.1 El área es $A =$</p> <p>1.2 La altura es $H =$</p>	<p>Solo para los Examinadores</p> <p>1.0</p> <p>1.0</p>
---	--

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		1

<p>Longitud del camino óptico</p> <p>1.3 En términos de $a, \theta, \phi, M, \lambda_0, g$ y h: $\Delta N_{opt} =$</p>	<p>Solo para los Examinadores</p> <p>3.0</p>
<p>1.4 En términos de A, V, λ_0 y ϕ: $\Delta N_{opt} =$</p>	<p>0.8</p>
<p>El valor numérico de V es $V =$</p>	<p>0.2</p>
<p>1.5 El número de ciclos es número de ciclos =</p>	<p>2.0</p>

Hoja de Respuestas

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		1

Geometría

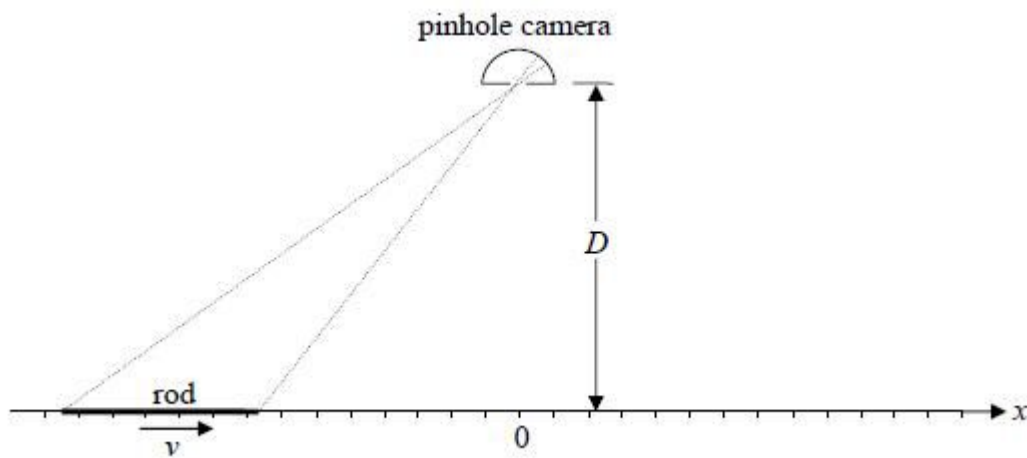
1.6 La longitud de onda de Broglie fue
 $\lambda_0 =$

Solo para los
Examinadores
1.0

1.7 El área es
 $A =$

1.0

Problema 2 (Viendo una Vara en Movimiento). Escriba sus repuestas dentro de la Hoja de respuestas.



Situación Física Una cámara pinhole, con el pinhole en $x = 0$ y a una distancia D del eje x , toma imágenes de una vara, abriendo el pinhole en un tiempo muy corto. Hay una equidistancia marcada a lo largo del eje

x en el cual la longitud aparente de la vara, como es visto en la imagen, puede ser determinada de la imagen tomada por la cámara pinhole. Sobre una imagen de la vara en reposo, su longitud es L . Sin embargo, la vara no está en reposo, sino esta moviéndose con una velocidad constante v a lo largo del eje x .

Relaciones Básicas Una imagen tomada por la cámara pinhole muestra un segmento diminuto de la vara en la posición \tilde{x} .

- 2.1 (0.6) ¿ Qué es la posición actual x de este segmento en el tiempo cuando la imagen es tomada? Establezca su respuesta en términos de \tilde{x} , D , L , v y la velocidad de la luz $c = 3.00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$. Emplear las cantidades

$$\beta = \frac{v}{c} \text{ y } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

si ayudan a simplificar tus resultados.

- 2.2 (0.9) Encontrar también la relación inversa correspondiente, que es: expresar \tilde{x} en términos de x , D , L , v y c .

Nota: La posición actual es la posición en el marco en el cual la cámara está en reposo.

Longitud aparente de la vara La cámara pinhole toma una imagen en el instante cuando la posición actual del centro de la vara está en algún punto x_0 .

- 2.3 (1.5) En términos de la variables dadas, determinar la longitud aparente de la vara sobre esta imagen.
2.4 (1.5) Verifica una de la cajas en la Hoja de Respuestas para indicar como cambia la longitud aparente con el tiempo.

Imagen Simétrica Una imagen de la cámara pinhole muestra ambas puntas de la vara a la misma distancia del pinhole.

- 2.5 (0.8) Determinar la longitud aparente de la vara en esta imagen.
2.6 (1.0) ¿ Qué es la posición actual de la mitad de la vara en el tiempo cuando esta imagen es tomada?
2.7 (1.2) ¿ Dónde la imagen muestra la imagen de la mitad de la vara?

Imágenes muy tempranas y muy tardías La cámara pinhole tomará una imagen muy temprano, cuando la vara esté muy lejos y acercándose, y toma otra imagen muy tarde, cuando la vara esté muy lejos y alejándose. En una de las imágenes la longitud aparente es 1.00 m, en la otra imagen es 3.00 m.

- 2.8 (0.5) Verifica la caja en la Hoja de Respuestas para indicar cual longitud es vista sobre cual imagen.
2.9 (1.0) Determinar la velocidad v .
2.10 (0.6) Determinar la longitud L de la vara en reposo.
2.11 (0.4) Inferir la longitud aparente en la imagen simétrica.

Hoja de Respuestas

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		2

Imagen Simétrica	Solo para los Examinadores
2.5 La longitud aparente es $\tilde{L} =$	0.8
2.6 La posición actual de la mitad de la vara es $x_0 =$	1.0
2.7 La imagen muestra la mitad de la vara a una distancia $l =$	1.2
de la imagen de la parte frontal de la vara	

Hoja de Respuestas

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		2

<p>Imágenes muy tempranas y muy tardías</p> <p>2.8 Marcar una: La longitud aparente es 1 m en la imagen temprana y 3 m en la imagen tardía. La longitud aparente es 3 m en la imagen temprana y 1 m en la imagen tardía.</p> <p>2.9 La velocidad es $v =$</p> <p>2.10 La vara tiene longitud $L =$</p> <p>en reposo.</p> <p>2.11 La longitud aparente en la imagen simétrica es $\tilde{L} =$</p>	<p>Solo para los Examinadores</p> <p>0.5</p> <p>1.0</p> <p>0.6</p> <p>0.4</p>
--	---

Problema 3. Esta pregunta consiste de cinco partes independientes. Cada uno de ellos pregunta para una estimación de un orden de magnitud solamente, no para una respuesta precisa. Escriba sus repuestas dentro de la Hoja de Respuestas.

Cámara Digital.- Considerar una cámara digital con un chip cuadrado CCD con una dimensión lineal $L = 35$ mm teniendo $N_p = 5$ Mpix (1 Mpix = 10^6 pixeles). El lente de esta cámara tiene una longitud focal de $f = 38$ mm. La sucesión bien conocida de números (2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22) que aparecen en la lente se refiere a los llamados F-números, el cual es denotado por $F\#$ y definido como la razón de la longitud focal y el diámetro D de la apertura de la lente, $F\# \% = f/D$.

- 3.1 (1.0) Encontrar la mejor resolución espacial posible Δx_{min} en el chip de la cámara como limitada por los lentes. Expresar tu resultado en términos de la longitud de onda λ y el F-número $F\#$ y dar el valor numérico para $\lambda = 500$ nm.

- 3.2 (0.5) Encontrar el número necesario N de Mpix que el chip CCD debe poseer a fin de mantener la resolución óptima.
- 3.3 (0.5) Algunas veces, fotógrafos usan una cámara en la mas pequeña apertura práctica. Suponer que tenemos una cámara de $N_0 = 16$ Mpix, con tamaño de chip y longitud focal mencionados anteriormente. ¿Qué valor debe ser elegido para $F\#$ tal que la calidad de imagen no sea limitada por la óptica?
- 3.4 (0.5) Sabiendo que el ojo humano tiene resolución aproximada de $\phi = 2$ minutos de arco y que la impresora fotográfica típica imprime un mínimo de 300 dpi (puntos por pulgada), ¿En qué distancia mínima z debe cumplir la página impresa de tus ojos para que no puedas ver los puntos individuales?

Datos: 1 pulgada = 25.4 mm, 1 minuto de arco = 2.91×10^{-4} rad.

Huevo Duro-cocido.- un huevo tomado directamente de la nevera a temperatura $T_0 = 4^\circ\text{C}$, es reducido dentro un tarro con agua que lo mantiene cociendo a una temperatura T_1 .

- 3.5 (0.5) ¿Qué tan grande es la cantidad de energía U que se necesita para obtener el huevo coagulado?
- 3.6 (0.5) ¿Qué tan grande es el flujo de calor J que es corrido dentro el huevo?
- 3.7 (0.5) ¿Qué tan grande es la energía del calor P transferida al huevo?
- 3.8 (0.5) ¿Cuánto tiempo se necesita para cocinar el huevo para que quede duro-cocido?

Ayuda Puedes usar la forma simplificada de la Ley de Fourier $J = \kappa \Delta T / \Delta r$ donde ΔT es la diferencia de temperatura asociada con Δr , la típica escala de longitud del problema. El flujo de calor J está en unidades de Wm^{-2} .

Datos Densidad de masa del huevo: $\mu = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

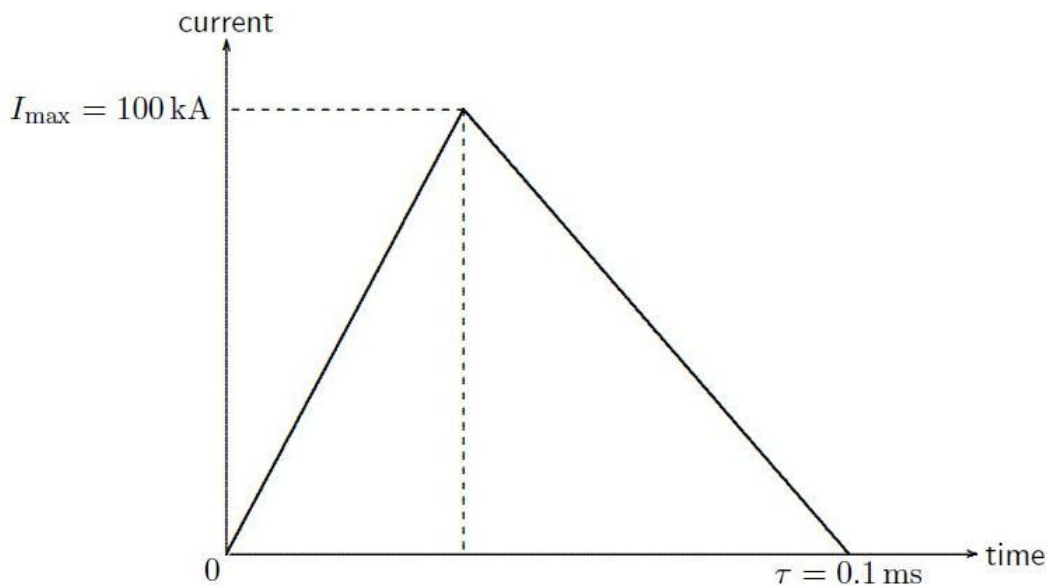
Capacidad específica de calor del huevo: $C = 4.2 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$

Radio del huevo: $R = 2.5 \text{ cm}$

Temperatura de coagulación de albumen (proteína del huevo): $T_c = 65^\circ\text{C}$

Coefficiente de transporte de calor: $\kappa = 0.64 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (asumir que es el mismo para albumen líquido y sólido)

Relámpago.- Un modelo oversimplified de relámpago es presentado. El relámpago es causado por la acumulación de carga electrostática en las nubes. Como una consecuencia, la parte inferior de la nube usualmente obtiene carga positiva y la parte superior obtiene carga negativa y el suelo debajo de la nube obtiene carga negativa. Cuando el campo eléctrico correspondiente excede el valor de resistencia de ruptura del aire, ocurre una descarga : esto es el relámpago.



idealized current pulse fluyendo entre la nube y el suelo durante un relámpago.

Responde las siguientes preguntas con la ayuda de esta curva simplificada para el current como una función de tiempo y estos datos:

Distancia entre la parte inferior de la nube y el suelo: $h = 1$ km;
 Campo eléctrico de ruptura del aire húmedo: $E_0 = 300 \text{ kVm}^{-1}$;
 Número total de relámpagos notables en la Tierra por año: 32×10^6 ;
 Población total de humanos: 6.5×10^9 gente.

3.9 (0.5)¿ Qué es la carga total Q liberado por el relámpago?

3.10 (0.5)¿ Qué es la corriente promedio I fluyendo entre la parte inferior de la nube y el suelo durante el relámpago?

3.11 (1.0)Imaginar que la energía de todas la tormentas de un año es unido e igualmente repartido entre toda la gente. ¿ xx xx xx x x xx x x ?

Vasos Capilares.- Considerar la sangre como un fluido viscoso incompresible con densidad de masa μ similar a la del agua y viscosidad dinámica $\eta = 4.5 \text{ gm}^{-1}\text{s}^{-1}$. Nuestro modelo de vasos sanguíneos como tuberías “lisas circulares” con radio r y longitud L y describe el flujo de sangre por la ley Poiseuille,

$$\Delta p = RD$$

el Fluido Dinámico análogo de la ley Ohm's en Electricidad. Aquí Δp es la diferencia de presión entre la entrada y la salida del vaso sanguíneo, $D = Sv$ es volumen de flujo a través del área de sección S del vaso sanguíneo y v es la velocidad sanguínea. La resistencia hidráulica está dado por

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

Para la circulación sanguínea sistemática(fluyendo del ventrículo izquierdo a la aurícula derecha del corazón), el flujo sanguíneo es $D \approx 100 \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$ para un hombre en reposo. Responder las siguientes preguntas bajo la suposición de que todos los vasos capilares están conectados en paralelo y que cada uno de ellos tiene radio $r = 4 \text{ }\mu\text{m}$ y longitud $L = 1 \text{ mm}$ y trabaja bajo la diferencia de presión $\Delta p = 1 \text{ kPa}$.

3.12 (1.0)¿ Cuántas vasos capilares hay en el cuerpo humano?

3.13 (0.5)¿ Qué tan grande es la velocidad v con el cuál la sangre está fluyendo a través de un vaso capilar?

Rascacielos.- En la parte inferior de un rascacielos de 1000 m de alto, la temperatura exterior es $T_{bot} = 30^\circ\text{C}$. El objetivo es estimar la temperatura exterior T_{top} en la parte superior. Considerar un bloque delgado de aire(gas ideal nitrógeno con coeficiente adiabático $\gamma = 7/5$) creciendo lento a z de altura, donde la presión es inferior y asumir que este bloque se expande adiabáticamente así que su temperatura desciende a la temperatura del aire circundante.

3.14 (0.5)¿ Cuánto es el cambio fraccional en temperatura dT/T relativo a dp/p , el cambio fraccional en presión?

3.15 (0.5)Expresar la diferencia de presión dp en términos de dz , el cambio en altura.

3.16 (1.0)¿ Qué es la temperatura resultante en la parte superior de la construcción?

Datos Constante de Boltzmann: $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

Masa de una molécula de nitrógeno: $m = 4.65 \times 10^{-26} \text{ kg}$

Aceleración gravitacional: $g = 9.80 \text{ ms}^{-2}$

Hoja de Respuestas

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		3

Cámara Digital 3.1 La mejor resolución espacial es (formula:) $\Delta x_{min} =$ valor numérico $\Delta x_{min} =$ para $\lambda = 500 \text{ nm}$ 3.2 El número de Mpix es $N =$ 3.2 El mejor valor F-número es $F\# =$ 3.2 La distancia mínima es $z =$	Solo para los Examinadores 0.7 0.3 0.5 0.5 0.5
--	--

Hoja de Respuestas

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		3

Huevo Duro-cocido	Solo para los Examinadores
3.5 La energía requerida es U	0.5
3.6 El flujo de calor es $J =$	0.5
3.7 La energía de calor transferida es $P =$	0.5
3.8 El tiempo necesario para el huevo duro-cocido es $\tau =$	0.5

Hoja de Respuestas

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		3

Relámpago		Solo para los Examinadores
3.9 La carga total es $Q =$		0.5
3.10 La corriente promedio es $I =$		0.5
3.11 El bulbo de luz xxx para la duración $t =$		1.0

Vasos Capilares		Solo para los Examinadores
3.12 Hay $N =$		1.0
vasos capilares en el cuerpo humano.		
3.13 El flujo sanguíneo con velocidad $v =$		0.5

Hoja de Respuestas

Código de País	Código de Estudiante	Número de Pregunta
		3

Huevo Duro-cocido 3.14 El cambio fraccional en temperatura es $\frac{dT}{T} =$		Solo para los Examinadores 0.5
3.15 La diferencia de presión es $dp =$		0.5
3.16 La temperatura en la parte superior es $T_{top} =$		1.0