

Física II (Biólogos y Geólogos)

SERIE 1

Reflexión y refracción en superficies planas y curvas

- a) Un haz de luz se propaga en cierto tipo de vidrio. Sabiendo que la velocidad de la luz es $c=3 \cdot 10^8$ m/s, que la longitud de onda del haz en vacío es $\lambda_0=500$ nm y que el haz se propaga en el medio con una velocidad $v=2 \cdot 10^8$ m/s, calcule la frecuencia del haz, el índice de refracción del vidrio y a longitud de onda de la luz en el vidrio

b) Un rayo incide en una interfase agua-vidrio ($n_{\text{agua}}=1.3$; $n_{\text{vidrio}}=1.5$) formando un ángulo de 80° con la normal

 - Si el rayo incide desde el agua, calcule los ángulos que forman los rayos reflejado y transmitido con la normal.
 - Analice el caso equivalente cuando la luz incide desde el vidrio

c) Un rayo de luz que pasa por $A=(0,2)$ y, luego de reflejarse en un espejo plano ($y=0$), pasa por el punto $B=(10,4)$. Calcule la posición x en la cual el rayo se refleja.

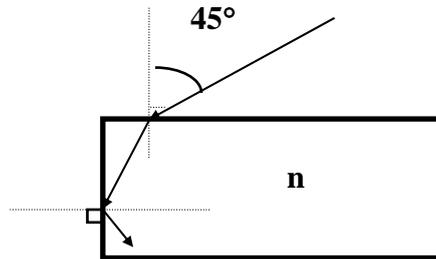
d) Un rayo de luz que pasa por el punto $A=(0,y)$, se refracta en una interfase plana de separación aire-vidrio (plano $y=0$) y pasa luego por el punto $B=(10,-4)$. Sabiendo que el rayo atraviesa la interfase en el punto $(7,0)$, calcule el valor de y .
- Se tienen tres medios distintos con índices n_1 , n_2 y n_3 , separados entre sí por superficies planas paralelas. Un rayo que incide sobre la superficie de separación entre n_1 y n_2 con un ángulo de 45° sale rasante luego de refractarse en la superficie de separación entre n_2 y n_3 . Sabiendo que $n_2 = 1,5$ y $n_3 = 1,2$:

 - Calcule n_1 .
 - ¿Qué sucedería si reemplaza el tercer medio (n_3) por otro de índice n_1 ?
- Demuestre que un rayo que incide sobre una lámina de caras paralelas inmersa en un medio único no se desvía al atravesarla (sólo se desplaza). Calcule el desplazamiento del haz, analice su dependencia con el ángulo de incidencia y con los índices de los medios. Si el medio exterior es único, ¿existe algún ángulo de incidencia tal que se produzca reflexión total en la cara interior? ¿Y si el medio exterior tiene mayor índice de refracción que el de la lámina de caras paralelas?
- Considere un conjunto de 10 superficies planas paralelas separadas entre sí por la misma distancia d . Cada par de superficies encierra un medio de índice de refracción diferente al de los adyacentes. La primera superficie está en contacto con el aire, y la última, con un medio que absorbe totalmente la luz que le pueda llegar.

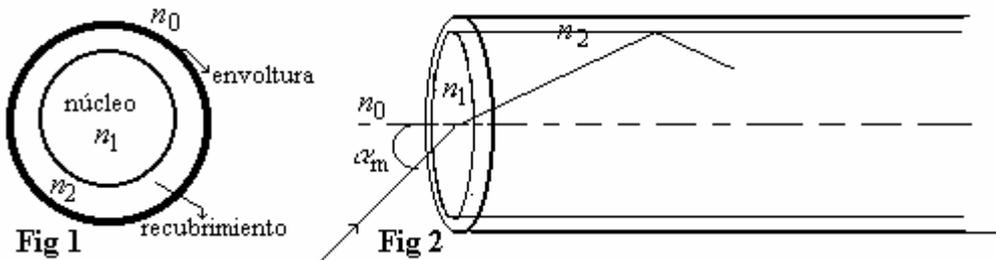
Analizar qué sucede con un rayo que incide sobre la primera superficie:

 - cuando $n_1 > n_2 > n_3 > \dots > n_{10}$.
 - cuando $n_1 < n_2 < n_3 < \dots < n_{10}$.

5. Un rayo de luz incide sobre una placa de vidrio inmersa en aire con un ángulo de incidencia de 45° . ¿Cuál debe ser el índice de refracción n del vidrio para que haya reflexión total en la cara vertical?



6. Un objeto luminoso pequeño situado en el fondo de un depósito de agua ($n=4/3$) de 100 cm de profundidad emite rayos en todas direcciones. Si en la superficie del agua existiesen partículas finas (p.ej: talco), se observa un círculo luminoso. Calcule el radio del círculo y explique por qué se observa esto.
7. La **fibra óptica** es una hebra muy fina de un vidrio especial (o bien de material plástico adecuado) de alto índice de refracción (*núcleo*), cuyo diámetro no puede exceder los $125\mu\text{m}$, que se recubre con un material de índice de refracción menor que el del propio núcleo (*recubrimiento*) con el fin de retener la luz dentro de él, y, que a su vez se protege con una *envoltura* exterior de material plástico muy flexible (**fig 1**). El funcionamiento de estas fibras está basado en el fenómeno de reflexión total sobre los rayos que, ingresando en un extremo, se reflejan sobre las paredes de separación entre el núcleo y el recubrimiento quedando así *encapsulados* hasta salir por el otro extremo, independientemente que la fibra siga o no una línea recta.



- a) Demostrar que el *ángulo del cono de aceptación* α_m que forman todos los rayos que ingresando en la fibra, como está indicado en la **fig. 2**, son reflejados en la superficie de separación entre el núcleo y su recubrimiento es

$$\text{sen}\alpha_m = \frac{n_1}{n_0} \left[1 - \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \right]^{1/2}$$

siendo n_0 , n_1 , y n_2 los índices de refracción que corresponden al medio exterior, al núcleo de la fibra óptica y a su recubrimiento, respectivamente.

- b) Como el cono de aceptación depende del índice que rodea a la fibra en el extremo de entrada, suele emplearse una magnitud denominada *apertura numérica* y que se define como

$$A.N. = n_0 \operatorname{sen} \alpha_m.$$

Calcule la apertura numérica correspondiente a una fibra cuyo núcleo tiene un índice de refracción de 1.66 y el correspondiente a su recubrimiento es 1.4.

Para estos valores, ¿cuál es el ángulo de aceptación si la luz proviene del aire?. ¿Y si proviene del agua?

c) ¿Qué rango de valores debería tener el índice de refracción del recubrimiento de un núcleo cuyo índice es 1.66 para que todo rayo que incida desde el aire quede atrapado dentro de la fibra?

8. Sobre una superficie plana de separación vacío-cuarzo incide un haz de luz formando un ángulo de 30° respecto a la normal. El haz está formado por la mezcla de dos colores: azul ($\lambda_a=400$ nm en el vacío) y verde ($\lambda_v=500$ nm en el vacío). El rayo azul y el verde se refractan en el cuarzo con ángulos de $19,88^\circ$ y $19,99^\circ$ con la normal, respectivamente.

a) Halle los índices de refracción del cuarzo para el azul y el verde

b) Dado que el ojo humano detecta la frecuencia de la luz que recibe, discuta si el color que usted vería dentro del cuarzo sería distinto que lo que ve en el aire.

9. a) Considere un prisma rectangular isósceles, inmerso en aire. Calcule el índice de refracción del vidrio para que un haz que incide perpendicularmente a una de sus caras, se refleje totalmente. ¿Depende en este caso la desviación del prisma del color del haz incidente?

b) Si ahora el índice de refracción del prisma corresponde al mínimo valor calculado en a) y el prisma se encuentra inmerso en agua, ¿seguirá siendo un prisma de reflexión total?,

¿Cambia la dirección del rayo emergente que se refleja internamente?

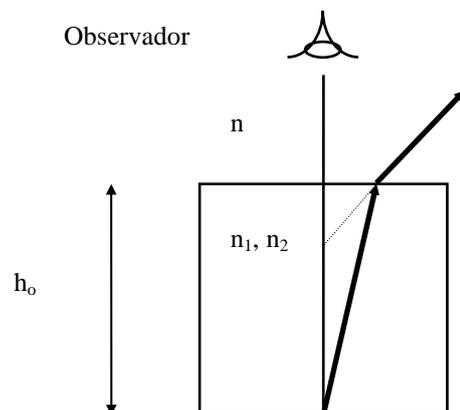
10. Cuando un haz de luz blanca incide sobre una de las caras de un prisma se obtiene, en general, un haz desviado y dispersado. Explique qué dispositivo construiría utilizando prismas para lograr que el haz incidente sobre él sufra:

a) Desviación sin dispersión.

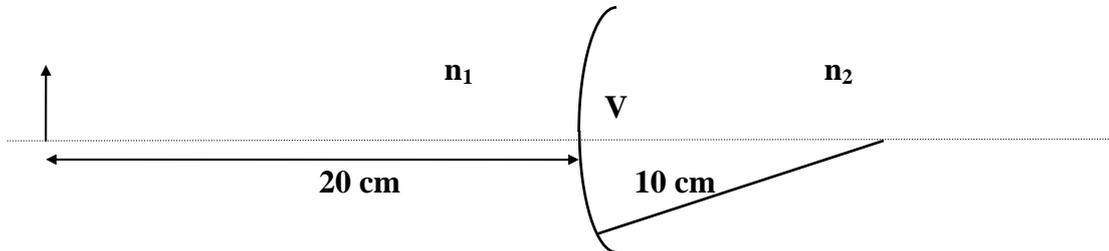
b) Dispersión sin desviación.

Dioptras y espejos planos y esféricos

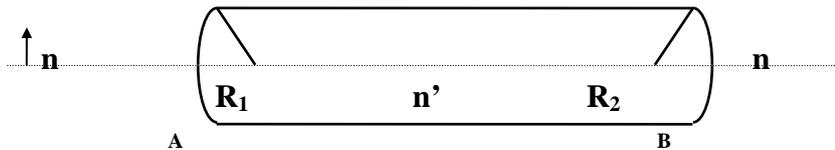
11. Un objeto puntual que emite luz de dos colores (de frecuencias f_1 y f_2) se encuentra en el fondo de un cubo, cuyos índices de refracción para cada una de estos colores son n_1 y n_2 , respectivamente. Halle a qué altura sobre el fondo se encuentran las imágenes para un observador situado sobre el objeto fuera del cubo, si $h_o = 40$ cm; $n_1=1.25$; $n_2 = 1.60$; $n = 1$



12. Localice analítica y gráficamente la imagen para la geometría que se muestra en la figura, suponiendo que el radio de curvatura de la dioptra es, en módulo, de 10 cm, n_1 vale 1 y n_2 vale 2. Considere que el objeto está a 20 cm a la izquierda de V.



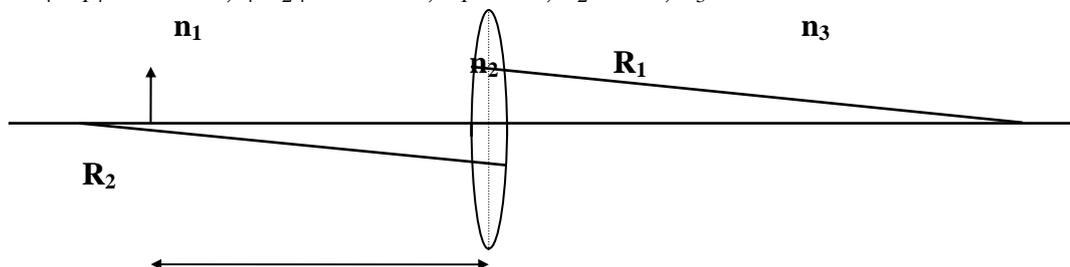
13. Sea una varilla transparente como muestra la figura. Los módulos de los radios de curvatura son: $|R_1| = 20$ cm y $|R_2| = 40$ cm, la distancia entre los vértices A y B es de 160 cm y el material con el que se ha construido tiene un índice de refracción $n' = 2$. La varilla se encuentra en aire y hay un objeto luminoso colocado a 40 cm a la izquierda del vértice A.
- Halle la posición, naturaleza y tamaño relativo de la imagen (analítica y gráficamente).
 - Lo mismo pero suponiendo que el medio exterior tiene índice $n = 2$ y el interior $n' = 1$.
 - Discuta a) y b) en el caso en que la distancia entre los vértices fuera de 60 cm.



14. a) Calcule el tamaño mínimo que debe tener un espejo plano para que una persona de 1.8 m de altura se vea entera.
 b) Si sus ojos están a 1.7 m del piso, determine a qué altura del piso debe estar el espejo.
 c) ¿Puede determinar la distancia persona-espejo? ¿Por qué?
15. Un espejo esférico cóncavo produce una imagen cuyo tamaño es el doble del tamaño del objeto, cuando la distancia objeto-imagen es de 15 cm. Calcule la distancia focal del espejo.

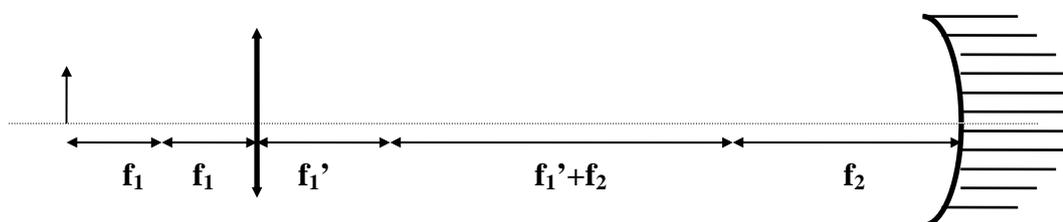
Lentes delgadas

16. Se coloca un objeto a 80 cm a la izquierda de una lente, como se muestra en la figura (suponga que la lente es delgada). ¿Cómo se comporta la lente si $n_1 = n_3 = 1,6$?
 Datos: $|R_1| = 10$ cm; $|R_2| = 10$ cm; $n_1 = 1.6$; $n_2 = 1.5$; $n_3 = 1.6$.



80 cm

17. Una lente equiconvexa de radio de curvatura 50 cm está fabricada de un vidrio de índice 1.5
- Calcule las distancias focales cuando la lente está inmersa en aire
 - Calcule las distancias focales cuando la lente está inmersa en agua
 - Calcule las distancias focales cuando a la izquierda de la lente hay aire y a la derecha agua
 - Repita los cálculos para una lente equicóncava
18. Demuestre que si la lente está inmersa en un medio único, aunque no sea simétrica, las distancias focales no dependen de que cara de la lente recibe la luz
19. Un objeto está situado 8 cm por delante de una lente convergente de $f' = 8$ cm. Una lente divergente de $f' = -12$ cm está ubicada a 4 cm detrás de la primera. Halle la posición, tamaño relativo y naturaleza de la imagen final.
20. Un objeto que emite luz roja y azul se encuentra a 5 cm de una lente biconvexa de radios $|R_1| = 12$ cm y $|R_2| = 4$ cm. Los índices de la lente son: $n_A = 1,528$ y $n_R = 1,511$.
- Halle las posiciones de las imágenes finales.
 - Halle la distancia entre las mismas.
 - Se dispone de una lente divergente de cuarzo, la cual se coloca pegada a la anterior. Sabiendo que los índices de esta lente son: $n_A^{\text{cuarzo}} = 1,5451$ y $n_R^{\text{cuarzo}} = 1,4889$, ¿qué distancia focal deberá tener la lente divergente si se desea que ambas imágenes se formen en el mismo lugar, es decir para corregir la aberración cromática de la primera lente?
 - Halle la posición de las imágenes superpuestas y el aumento lateral del par de lentes.
21. Un objeto vertical está delante de una lente convergente, a una distancia que es igual al doble de la distancia focal f_1 de la lente. Del otro lado de la lente hay un espejo convergente cuya distancia focal es f_2 . Sabiendo que el espejo dista de la lente una distancia igual a dos veces $f_1 + f_2$:
- Encuentre la posición, naturaleza y tamaño relativo de la imagen final.
 - Trace el diagrama de rayos.
 - Idem, si el espejo es plano.



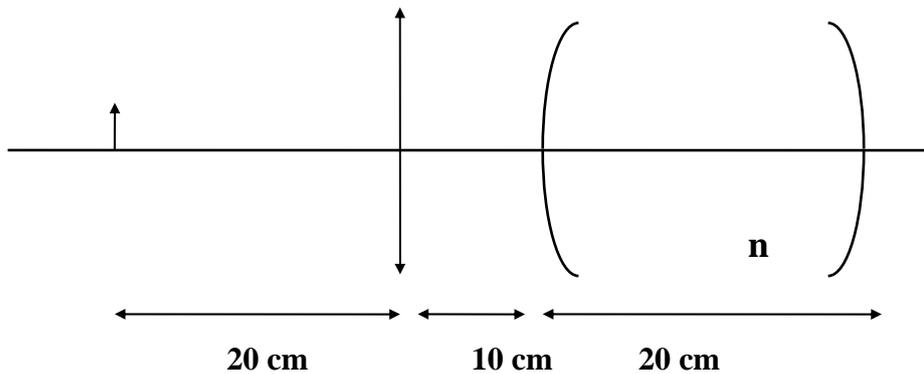
22. Tres lentes delgadas todas de $f = 20$ cm están alineadas sobre el mismo eje y a 30 cm entre sí.
- Encuentre la ubicación de la imagen de un objeto de 3 cm de alto colocado sobre el eje a una distancia de 60 cm a la izquierda de la primera lente.

- b) Suponga que a 1m de la tercera lente se coloca un espejo divergente de $|R| = 30$ cm. ¿Dónde estará ahora la imagen formada por el espejo?
- 23.** Se emplea una cámara fotográfica que tiene una lente de $f' = 12,7$ cm para fotografiar a una persona de 1,8 m de altura.
- a) ¿A qué distancia de la persona debe ubicarse la lente para que el tamaño de la imagen sea de 7,62 cm?
- b) ¿Cuál deberá ser la distancia entre la lente y la placa fotográfica?
- 24.** El punto más cercano que el ojo puede enfocar (función que cumple el *crystalino*) se conoce como punto *próximo*, que para un adulto con visión normal es de 25 cm. La máxima distancia a la que el ojo puede enfocar se denomina *punto remoto*; para adultos de visión normal ésta es prácticamente infinita. Lo característico de la *miopía* es la dificultad en la visión de lejos –es decir, el punto remoto está a una distancia finita-; mientras que la *hipermetropía* se caracteriza por la dificultad para ver con nitidez los objetos próximos - punto próximo mayor que el considerado normal.
- a) Cierta persona miope tiene el punto remoto situado a 5 m, es decir no ve con nitidez más allá de esa distancia. ¿Qué tipo de lente debe usar para corregir este defecto? ¿Cuánto debe valer su distancia focal? ¿Afectará esa lente en la visión de objetos cercanos?
- b) Cierta persona hipermetrope tiene el punto próximo a 75 cm en lugar de los 25 cm normales. ¿Qué tipo de lente debe usar para corregir ese defecto? ¿Cuánto debe valer su distancia focal? ¿Le será útil esta lente para ver objetos lejanos?
- 25.** El aumento angular Γ de un instrumento óptico se define como la razón entre el ángulo que subtende la imagen del objeto cuando se observa a través del instrumento y el ángulo que subtende el objeto ubicado en el punto próximo d_0 (25 cm para el ojo normal) cuando se ve con el ojo desnudo. La lupa consiste en una lente convergente cuya función es proveer una imagen de los objetos cercanos que es más grande de lo que se ve con el ojo desnudo.
- a) Demostrar que el aumento angular Γ de una lupa de distancia focal f , colocada a una distancia l por delante del cristalino que forma una imagen a una distancia L del ojo es, en la aproximación paraxial,
- $$\Gamma = \frac{d_0}{L} \left[1 - \frac{1}{f}(L - l) \right]$$
- b) Calcular el aumento angular en las siguientes tres situaciones de interés:
- I)** $l = f$; **II)** $l = 0$ y $L = d_0$; **III)** $l = 0$ y el objeto ubicado sobre el foco principal objeto.
- c) Con una lupa cuya distancia focal es de 10 cm, ¿cuál es el máximo aumento angular que se obtiene? Utilizando esta lente, graficar las tres situaciones enumeradas en el punto b). Como observador, ¿cuál le parece mejor y por qué?
- 26.** Un microscopio tiene un objetivo de distancia focal $f_1 = 4$ mm y el ocular de $f_2 = 2,5$ cm.
- a) ¿A qué distancia debe estar la imagen formada por el objetivo para que la imagen resultante se forme a la distancia de visión óptima?
- b) Si la separación entre el objetivo y el ocular es de 18 cm, ¿a qué distancia está el objeto del objetivo? ¿Qué magnificación tiene un microscopio con estas características?

Ejercicios Adicionales

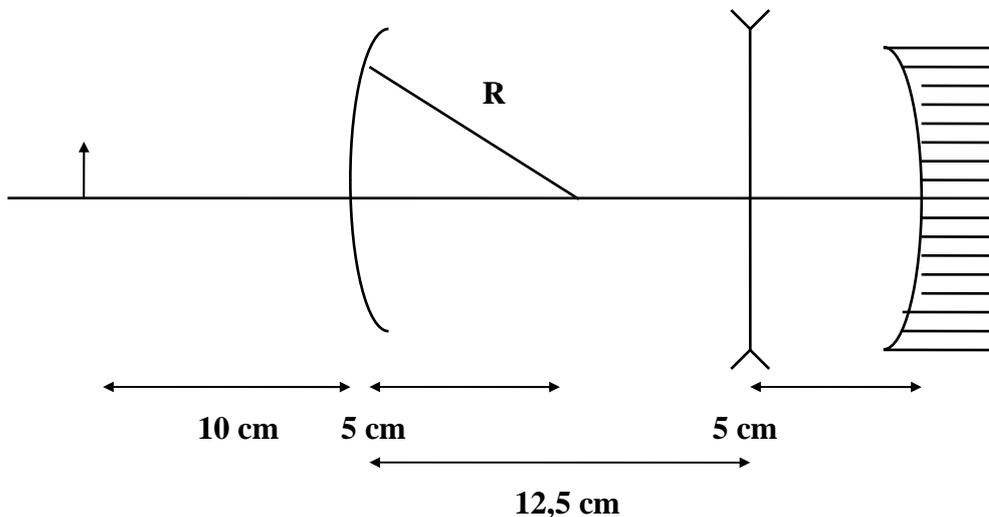
1. Hallar la posición, naturaleza y aumento de la imagen final analítica y gráficamente para el sistema de la figura.

Datos: los radios de curvatura de las dos dioptras son iguales a 10 cm. La lente es biconvexa, está en aire y sus radios de curvatura miden 10 cm. La altura del objeto es de 1 cm. Los índices de refracción son $n = 1,5$; $n_{\text{lente}} = 1,5$.



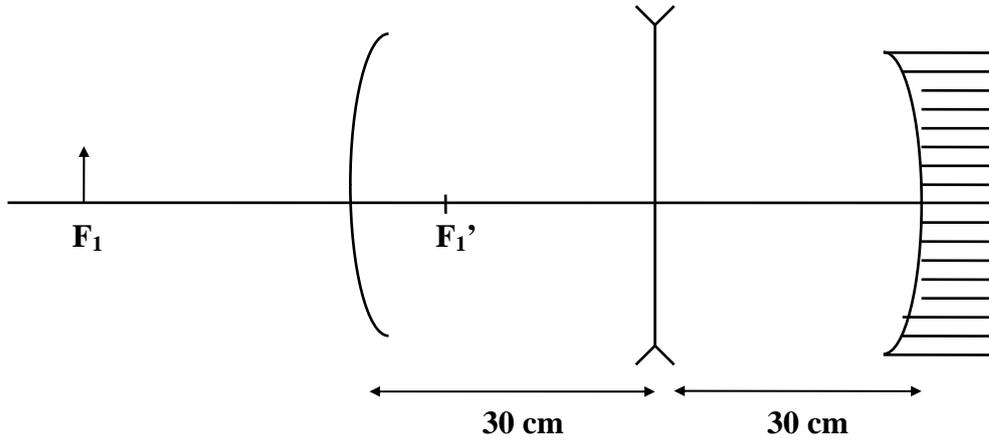
2. Un objeto de 1 cm de alto se encuentra a 10 cm del vértice de una dioptra (ver figura). Hallar analítica y gráficamente la imagen final del sistema.

Datos: $|R| = 5$ cm ; $|f_{\text{lente}}| = 7,5$ cm ; $|R_{\text{espejo}}| = 20$ cm ; $n = 2$

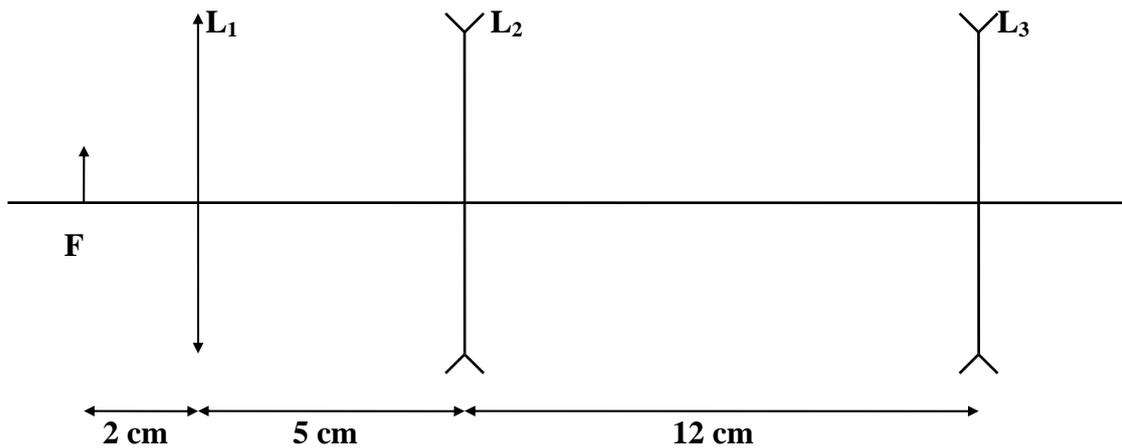


3. Se tiene un sistema tal como indica la figura. Se sabe que las dos lentes delgadas están construidas con un vidrio cuyo índice de refracción es de $n = 1,5$. La lente convergente es biconvexa y ambos radios son iguales. La lente divergente es bicóncava y ambos radios son iguales. El aumento total del sistema compuesto por las dos lentes es $|A| = 2$. El radio del espejo mide 10 cm. Los radios de curvatura de la lente convergente son de 10 cm.

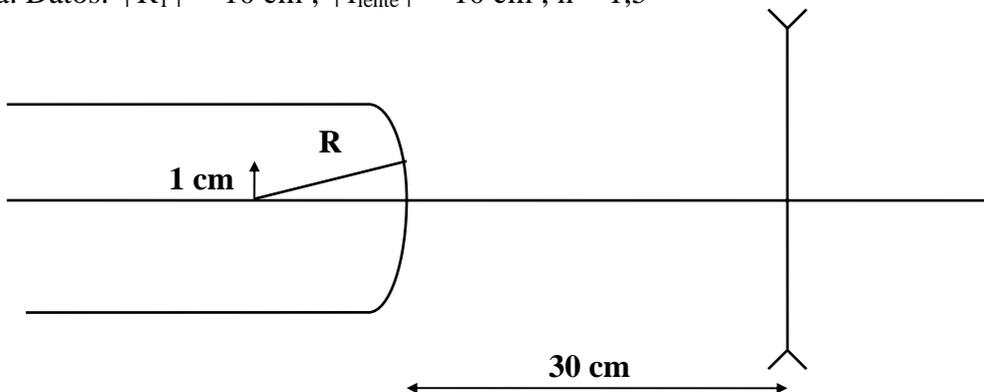
- a) Hallar la posición de la imagen final y el radio de curvatura de la lente divergente.
- b) Confeccionar el trazado de rayos.



4. Se tienen tres lentes como indica la figura. Calcular la distancia focal de la lente divergente L_3 y hacer luego el trazado de rayos sabiendo que la imagen final se encuentra 3,75 cm a la izquierda de la lente L_3 .
 Datos: $f_1' = 2$ cm ; $f_2' = -3$ cm.



5. Hallar analíticamente y gráficamente la imagen final (ubicación y altura) en el caso de la figura. Datos: $|R_1| = 10$ cm ; $|f_{\text{lente}}| = 10$ cm ; $n = 1,5$

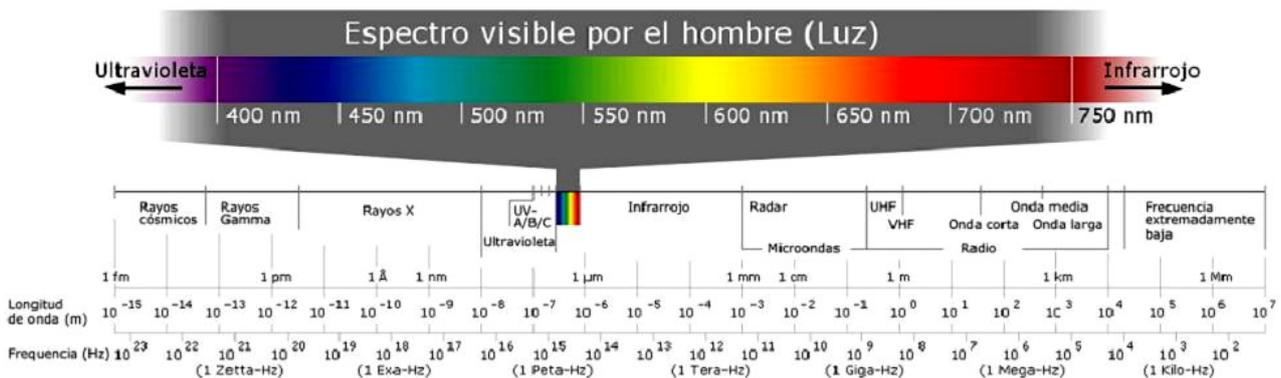


Física II (Biólogos y Geólogos)

SERIE 2

Interferencia

1. La luz corresponde a la radiación electromagnética en la banda angosta de frecuencias de alrededor de $3,84 \times 10^{14}$ Hz hasta aproximadamente $7,69 \times 10^{14}$ Hz, mientras que, por ejemplo, la banda de frecuencias correspondiente a las emisiones de radio usadas en forma local comprenden para tipo AM desde 540 Hz hasta 1600 Hz, y para aquellas del tipo FM desde 88 MHz hasta 108 MHz; pero todas ellas viajan en el vacío a la misma velocidad:
 $c \approx 3 \times 10^8$ m/s = 300000 km/s.



Espectro de las ondas electromagnéticas (λ correspondiente al vacío)

- a) Hallar las longitudes de onda en el vacío de las ondas luminosas, de AM y FM de uso local. Expresar el resultado en m, cm, mm, nm (nanómetros) y Å (Amstrong).
- b) Cuando un rayo de luz cuya longitud de onda en el vacío es $\lambda_0 = 6000$ Å atraviesa una distancia $e = 5$ mm en aire ($n_{\text{aire}} = 1.000293 \approx 1$), ¿cuánto tarda y cuántas ondas están contenidas en esa distancia, es decir cuántas λ_0 están contenidas en e ? ¿Cuántas ondas de rayos X cuya longitud de onda sea de 1 Å y cuántas de radio AM y FM (tomar los casos de menor longitud de onda mencionados) están contenidas en esa distancia? Comparar los resultados.
- c) Una lámina de vidrio de índice de refracción $n_v = 1.5$ tiene un espesor $e = 5$ mm. ¿Cuánto tarda la luz del punto b) ($\lambda_0 = 6000$ Å) en atravesarla y cuántas ondas contiene la lámina?. Comparar los resultados obtenidos con los correspondientes a la misma onda en aire.
2. En el punto cuya coordenada se toma como $z = 0$, inciden dos ondas coherentes provenientes de algún tipo de experimento de interferencia:

$$\vec{E}_1 = A_0 \cos(kz - \omega t) \vec{i}$$

$$\vec{E}_2 = A_1 \cos(kz - \omega t + \varphi) \vec{i}$$

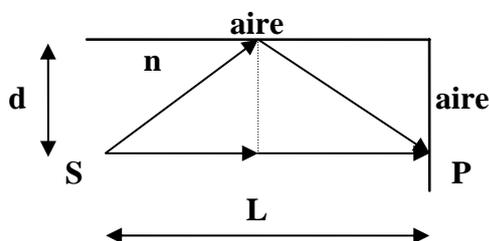
Grafique la componente según \vec{i} de $\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ en función de ωt , para:

- $\varphi = 0$, $A_1 = 3A_0$
- $\varphi = \pi/2$, $A_1 = A_0$
- $\varphi = \pi$, $A_1 = A_0$ y $A_1 = 3A_0$.

3. Sea una fuente monocromática ($\lambda = 5500 \text{ \AA}$) y un dispositivo de Young de las siguientes características:
 Distancia entre ranuras: $d = 3,3 \text{ mm}$
 Distancia de las ranuras a la pantalla: $D = 3 \text{ m}$
 Por detrás de una de las rendijas, es decir entre ésta y la fuente luminosa, se coloca una lámina de vidrio de caras paralelas y planas ($e = 0,01 \text{ mm}$)
- ¿Cómo se modifica la figura de interferencia respecto de la que resulta de la experiencia clásica de Young?
 - De acuerdo a su respuesta en a), determine el sentido del desplazamiento de las franjas y la fórmula que da la expresión de dicho desplazamiento.
 - Sabiendo que las franjas se han desplazado $4,73 \text{ mm}$, halle el valor del índice de refracción del vidrio.

4. ¿Cómo cambia el diagrama de interferencia en la experiencia de Young si la fuente luminosa no está simétricamente ubicada respecto de las rendijas?

6. Se obtienen franjas de interferencia mediante un dispositivo como el de la figura:

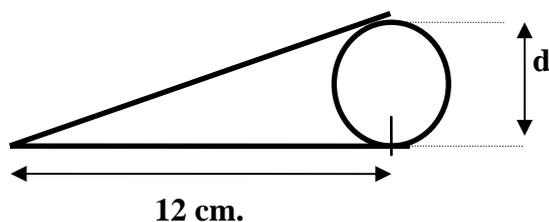


donde S es una fuente de luz monocromática de $\lambda = 5200 \text{ \AA}$, situada a una distancia $L = 12 \text{ m}$ de la pantalla y a $d = 1 \text{ mm}$ de la superficie de separación con el aire.

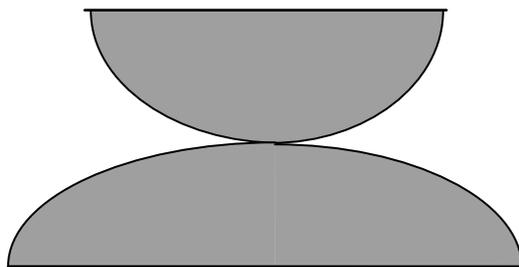
- ¿Cuánto debe valer el índice de refracción n para tener un mínimo en el punto P?
 - Suponiendo que en lugar de aire se tiene otro medio cuyo índice de refracción es mayor que el del medio en el que se produce la interferencia, ¿qué observa en el punto P?
- sugerencia:** Use que $(1+\epsilon)^n \approx (1 + n \cdot \epsilon)$

7. Sobre una película de índice de refracción $1,33$ y un espesor de $5 \times 10^{-5} \text{ cm}$ se hace incidir perpendicularmente luz blanca.
- Indique cuáles son los rayos que interfieren si observa la luz por reflexión.
 - ¿Qué longitudes de onda serán reflejadas más intensamente y cuáles no serán reflejadas?
 - Responda b), pero ahora suponiendo que se trata de una película de aire sumergida en un líquido de índice $n = 1,33$.
 - ¿Cómo cambian los resultados anteriores si se observa el fenómeno por transmisión?
 - Si el espesor de la película fuera de 5 cm , ¿qué observa?

8. Una fuente extensa de luz ($\lambda = 6800 \text{ \AA}$) ilumina normalmente dos placas de vidrio de 12 cm de largo que se tocan en un extremo y están separadas por un alambre de $0,048 \text{ mm}$ de diámetro, en el otro extremo. ¿Cuántas franjas brillantes se observan por reflexión en este dispositivo?

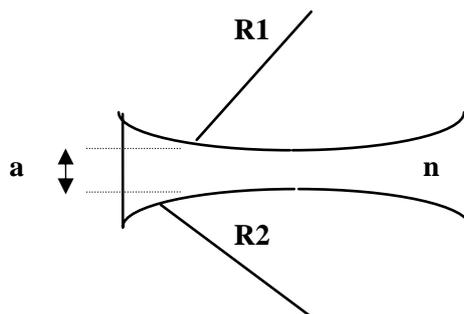


9. Un haz de rayos paralelos de luz amarilla $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ incide normalmente sobre la superficie plana de una lente plano-convexa, cuya superficie convexa está en contacto con una superficie plana (dispositivo de Newton). El radio de curvatura de la lente es de 50 cm.
- Marque los rayos que interfieren.
 - Determine el radio del quincuagésimo (50) anillo oscuro observado por reflexión, sin contar el punto central oscuro.
 - Idem, pero para refracción. ¿Cómo será en ese caso el anillo central?
 - ¿Cuánto hay que separar en forma vertical la lente de la superficie plana para que el punto central sea brillante?
 - Conteste a) y b) para el caso en el que el arreglo inicial se sumerja en agua.
 - Si en el arreglo inicial la placa de vidrio sobre la que se aplica la lente es una lámina de caras paralelas de espesor 5 cm, ¿debe considerar nuevos rayos en la interferencia?
10. El diámetro del décimo anillo brillante por reflexión en un dispositivo de anillos de Newton varía desde 1,40 cm a 1,27 cm al introducir un líquido entre la lente y la placa. ¿Cuál es el índice de refracción del líquido?
11. Se observan por reflexión los anillos de Newton que se forman por la interferencia de los rayos de un haz de luz de $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ que incide normalmente sobre dos superficies esféricas.



Si el radio del décimo anillo oscuro es de $1/3 \text{ mm}$ y el radio de curvatura de una de las superficies es de 50 cm, ¿cuál es el radio de curvatura de la otra superficie?

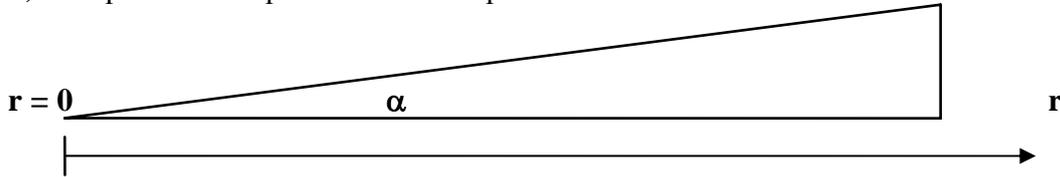
12. Se observan anillos de Newton por transmisión que se forman por la interferencia de un haz de luz monocromática de $\lambda_0 = 4500 \text{ \AA}$ que incide normalmente sobre el dispositivo que se indica en la figura. Datos: $a = 1,5 \text{ mm}$; $n = 1,5$.
- Indique el recorrido de los rayos que interfieren.
 - Diga si el centro de la figura de interferencia es claro u oscuro. ¿Cuánto deberá cambiar el valor de “a” para que resulte la situación contraria?
 - Si el radio del décimo anillo brillante es $1,41 \text{ mm}$ y $R_1 = 1 \text{ m}$, ¿cuánto vale R_2 ?
 - ¿Cuánto vale el radio del vigésimo anillo oscuro?



Problemas adicionales

1. La cuña del dibujo es de vidrio de $n = 1,52$. Al iluminarla normalmente con luz de 5890 \AA la separación entre máximos de interferencia resulta ser de $0,69 \text{ mm}$.

- a) Calcule el ángulo α
 b) Indique en un esquema las ondas que interfieren.

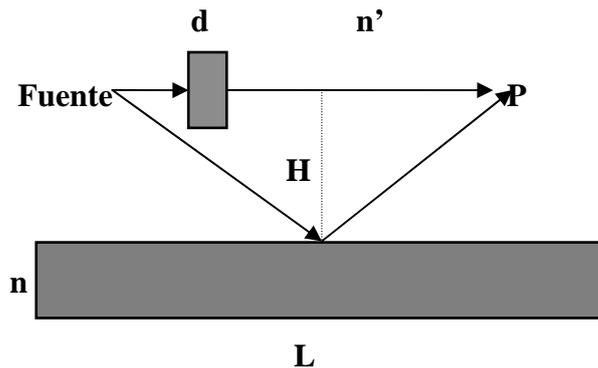


2. Un dispositivo de anillos de Newton por reflexión se ilumina normalmente con luz monocromática de longitud de onda λ . Los radios de curvatura de los 2 anillos oscuros consecutivos son $r_1 = (3,00 \pm 0,01) \text{ mm}$ y $r_2 = (3,46 \pm 0,01) \text{ mm}$. Sabiendo que el radio de curvatura es de 6 m , calcule:

- a) los índices de los dos anillos.
 b) la longitud de onda λ y su error.

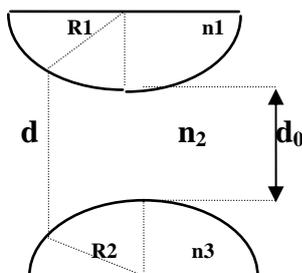
3. Encuentre cuanto debe medir el ancho de la placa para que en el punto P se obtenga un máximo de interferencia de orden cero.

Datos: $L = 100 \text{ cm}$; $H = 0,05 \text{ cm}$; $\lambda_0 = 5000 \text{ \AA}$; $n = 1,5$; $n' = 1$.

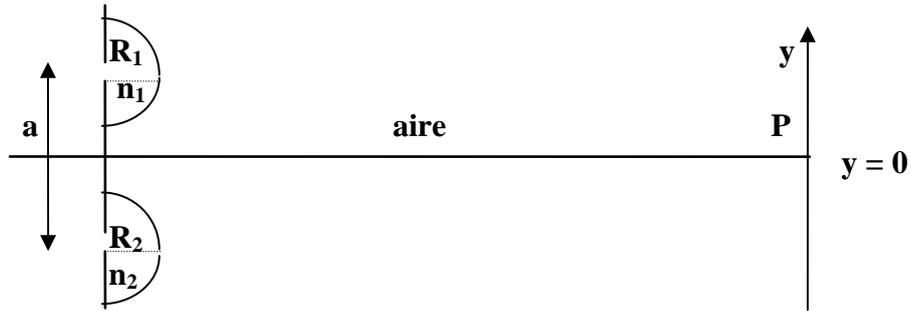


4. Si el dispositivo de anillos de Newton se modifica según muestra la figura:
- a) ¿Para qué valores de d_0 el anillo central corresponde a un máximo por reflexión?
 b) Halle el mínimo valor de d_0 para el cual el anillo central corresponde a un mínimo por reflexión.
 c) Con el valor de d_0 hallado en b) calcule el radio R de la lente si el radio del anillo oscuro de orden 1 verifica que $r_1^2 = 10^{15} \text{ \AA}^2$.

Datos: $n_1 = 1,6$; $n_2 = 1,5$; $n_3 = 1,4$; $\lambda_0 = 5000 \text{ \AA}$.



5. Se tiene un dispositivo similar al de la experiencia de Young con modificaciones. Delante de las dos ranuras hay sendos semicilindros de radios R_1 y R_2 de índices n_1 y n_2 respectivamente.
- ¿Cuál es el orden del máximo situado en P si $R_1 = R_2/2 = 10\lambda_0$ y $n_1 = n_2 = 1,5$?
 - Si $R_1 = R_2 = 10\lambda_0$, ¿qué diferencia debe haber entre los índices n_1 y n_2 para que el máximo en el punto P corresponda al mismo orden que en el punto a)?
 - ¿Cambiarían sus respuestas anteriores si considera el efecto de la difracción?



Física II (Biólogos y Geólogos)

SERIE 3

Difracción

1. Partiendo de la expresión de la intensidad observada sobre una pantalla, explique el significado de cada uno de los términos que aparece en dicha expresión para el caso de una ranura
2. Ondas planas de 5461 \AA de longitud de onda inciden normalmente en una rendija que tiene detrás una lente de 40 cm de distancia focal. Si el ancho de la rendija es de $0,45 \text{ mm}$:
 - a) encuentre la distancia entre el máximo principal y el primer mínimo de la figura de difracción formada en el plano focal de la lente.
 - b) encuentre la distancia entre el máximo principal y el primer máximo secundario ($\beta \approx 3\pi/2$)
3. Una ranura de ancho d se coloca delante de una lente de distancia focal 50 cm y se ilumina normalmente con luz de $\lambda = 5890 \text{ \AA}$. Los mínimos de primer orden a ambos lados del máximo central de la figura de difracción que se observa en el plano focal de la lente, están separados entre sí por $0,2 \text{ cm}$. ¿Cuál es el valor de d ?
4. Partiendo de la expresión de la intensidad observada sobre una pantalla, explique el significado de cada uno de los términos que aparece en dicha expresión
 - a) para el caso de dos ranuras
 - b) para una red de difracciónHaga los gráficos de I vs. θ en cada caso.
5. Sobre dos ranuras de Young separadas una distancia de 1 mm incide la superposición de dos ondas planas monocromáticas de longitudes de onda λ_1 y λ_2 .
 - a) ¿Qué relación debe satisfacer el cociente λ_1/λ_2 para que el tercer orden de interferencia constructiva de λ_1 coincida con el tercer mínimo de λ_2 ?
 - b) ¿Qué ancho deben tener las ranuras para que además esos órdenes coincidan con el primer mínimo de difracción de λ_1 ? ¿Qué intensidad se registrará en la pantalla en ese punto?
6. Una red de difracción tiene 1965 líneas/cm y se observa un máximo a 30° .
 - a) ¿Cuáles pueden ser las longitudes de onda de la luz incidente?

b) ¿Cómo las podría identificar?

7. Se tiene una red de difracción con 600 líneas/cm. Si un haz de rayos paralelos con luz de longitudes de onda $\lambda_1 = 5000 \text{ \AA}$ y $\lambda_2 = 5500 \text{ \AA}$ llega normalmente a la red, ¿cuál será la separación angular de los primeros y segundos máximos para cada longitud de onda?
8. Un haz de luz formado por longitudes de onda λ_1 y λ_2 ($\lambda_1 > \lambda_2$) incide sobre una red de difracción de N líneas por cm. La diferencia angular entre λ_1 y λ_2 para el primer orden es $1,65^\circ$. El ángulo de dispersión en el primer orden para λ_1 es $14,12^\circ$ mientras que el ángulo de dispersión en el tercer orden para λ_2 es $40,39^\circ$. Si $\lambda_2 = 5,4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ hallar:
- λ_1 (en \AA) y N
 - La diferencia angular para el tercer orden.
 - El orden máximo para λ_1 y λ_2 .
9. Una red de difracción tiene 8000 ranuras/pulgada. ¿Para qué longitudes de onda del espectro visible es posible observar difracción de quinto orden ($k=5$)?
10. ¿Cuál es la dispersión angular máxima que se puede obtener con una red de 4 cm de longitud y 800 líneas si se trabaja con luz de $\lambda = 5600 \text{ \AA}$?
11. Se ilumina la red de difracción del problema anterior con una lámpara que emite luz de longitudes de onda de $\lambda_1 = 5600 \text{ \AA}$ y $\lambda_2 = 5600,5 \text{ \AA}$. ¿A partir de qué orden se resuelven los espectros correspondientes a las dos longitudes de onda?
12. Sobre una red de difracción de 1200 líneas y 1 pulgada de longitud, incide un haz de luz policromática con longitudes de onda que varían desde 4500 \AA y 6500 \AA . La figura aparece sobre el plano focal de una lente colectora que sigue a la red.
- ¿Qué distancia focal debe tener la lente si el espectro de segundo orden debe tener una extensión de 1,25 cm?
 - ¿Se podrán distinguir en dicho orden las líneas de 4500 \AA y de $4500,5 \text{ \AA}$?
13. La pupila del ojo humano tiene un diámetro de 2 mm aproximadamente. Su distancia focal es de 20 mm.
- Hallar qué distancia mínima de separación debe haber entre dos imágenes que se forman sobre la retina para que sean resueltas según el criterio de Rayleigh.
 - Muestre que el ojo es capaz de resolver dos puntos luminosos separados 3 cm estando a

una distancia de aproximadamente 9 m.

14. Un láser emite un haz de 2 mm de diámetro y 6328,4 Å de longitud de onda

- a) Determinar el diámetro del haz a una distancia de 1 km.
- b) ¿Qué diámetro tendrá sobre la superficie de la Luna, distante 376000 km? (despreciar cualquier efecto en la atmósfera)

15. El primer cero de la figura de difracción se produce en $\beta = \pi$, o sea, $\sin \theta = \lambda/b$. Tomando el diámetro angular de la imagen de interferencia de un punto como $2\sin \theta$, se puede definir al poder resolvente angular de una lente (P.R.A.) como la inversa de la distancia angular para la cual las imágenes de difracción de dos puntos se tocan en el primer mínimo. Si no hay diafragmas que produzcan un diámetro efectivo más pequeño, el valor de **b** es en este caso, el diámetro de la lente. Cálculos más exactos (difracción de Fresnel) dan una pequeña corrección que considerando $\sin \theta \approx \theta$, resulta:

P.R.A.: = $d/1,22 \lambda$, donde d:diámetro de la lente.

a) La pupila del ojo humano es de 2 mm, aproximadamente.

- Hallar el P.R.A. del ojo humano para la luz verde.
- Si dos puntos se hallan a 10 cm del ojo, ¿a qué distancia (en mm) se podrán distinguir (P.R.)?

b) El diámetro del objetivo es lo que determina el P.R.A en un microscopio. Tomando en cuenta la distancia del objeto al objetivo, se puede hallar directamente el P.R., definiendo la llamada apertura numérica (A.N.) por: $A.N. = n \sin \beta$; $P.R. = A.N./0,61 \lambda$ siendo β el definido por la figura, y **n** el índice de refracción del medio en el que se halla el objeto y el objetivo (¿por qué se usa a veces aceite?)

- Hallar el P.R. de un objeto (que es prácticamente el del microscopio), para una longitud de onda de $\lambda = 5000 \text{ Å}$, $\beta = 1 \text{ rad}$, $n = 1,7$, y compare con la dimensión de un núcleo celular (si es biólogo) o con el tamaño típico de las inclusiones de impurezas en los cristales de la roca (si es geólogo).
- El microscopio ubica la imagen a observar por el ojo, a la distancia de visión cercana (25 cm, aproximadamente) con la distancia de dos puntos magnificados por la magnificación del aparato. En éstas condiciones, el ojo puede resolver distancias del orden de 0,2 mm en la imagen. Halle la máxima magnificación de éste tipo de aparato, que el ojo pueda realmente aprovechar. A magnificaciones mayores, el ojo resuelve bien pero ve la imagen de difracción producida por las lentes.

c) En ciertas circunstancias una partícula elemental se comporta como una onda con una longitud $\lambda = h/mv$, $h=6.6 \cdot 10^{-34} \text{ kg m}^2/\text{seg}$ (constante de Plank)

- Halle la longitud de onda efectiva de un electrón que tiene un impulso de $1,7 \cdot 10^{-24} \text{ kg m/seg}$ (correspondiente al impulso adquirido al caer en una diferencia de potencial de 10 V) ($E_{cinética} = 10 \text{ eV}$)
- Halle el P.R. de un microscopio electrónico que utiliza electrones acelerados a 50 KeV

($\lambda \approx 0,055 \text{ \AA}$) con una A.N. de 0,005.

-) Con las consideraciones del segundo ítem de b) , halle la máxima magnificación aprovechable por el ojo. (Los electrones no se hacen incidir en el ojo!!! Lo que se mira es una pantalla fluorescente).
-) Discuta las posibilidades de aplicación de la microscopía electrónica a temas vinculados con su carrera.

16. Un coche tiene los faros de luz amarilla ($\lambda = 550 \text{ nm}$) separados a 1 m y circula por una ruta recta en la noche. Un observador mira hacia el coche y tiene la pupila dilatada 5 mm.

- a) Hallar a qué distancia el observador comenzará a distinguir la luz del coche como proveniente de dos faros distintos.
- b) ¿Qué corrección debe hacerse en la respuesta anterior si se tiene en cuenta que entre el cristalino y la retina hay un medio acuoso de índice de refracción 1,33.

Problemas Adicionales

1. El patrón de difracción de Fraunhofer de una red iluminada normalmente con luz de $\lambda=6500 \text{ \AA}$ aparece sobre el plano focal de una lente convergente de distancia foocal 8 cm. Se observa que entre franjas brillantes la separación es de 1,04 cm.

- a) Determinar la separación entre ranuras.
- b) ¿Qué ancho (en mm) debería tener el haz para resolver dos líneas de 6500 \AA y $6500,5 \text{ \AA}$ en el segundo orden?
- c) Si el máximo de interferencia de orden 5 coincide con el mínimo de orden 1 de difracción, ¿cuánto mide al ancho de cada ranura?

2. El patrón de intensidades para una red de difracción que se ilumina con luz monocromática de longitud de onda $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ es el que se muestra en la figura. La longitud total de la red es de $L = 3 \text{ cm}$ y la incidencia es normal.

- a) ¿Cuánto vale d/b ?
- b) ¿Cuántas ranuras tiene la red?
- c) ¿Dónde recortaría la figura de acuerdo a los máximos órdenes observables de interferencia y difracción?
- d) ¿Cuánto vale I / I_{MAX} para el orden 2 de difracción?
- e) Si se hiciera incidir luz con dos longitudes de onda $\lambda_1 = 5000 \text{ \AA}$ y $\lambda_2 = 5000,5 \text{ \AA}$, ¿las observaría la red?. ¿En qué orden?

3. Un dispositivo de Young se ilumina con un haz que tiene mezcladas dos longitudes de onda λ_0 y λ_1 tal que $\lambda_1 = \lambda_0 + 384,615 \text{ \AA}$. Sobre una pantalla que se encuentra a una distancia D de las ranuras se observa que para un ángulo θ coinciden el máximo de interferencia de orden 30 de λ_1 con el mínimo de interferencia de orden 32 de λ_0 .

a) Halle λ_0 y λ_1 .

b) Calcule la distancia entre las dos ranuras si $\theta = 2^\circ$.

c) Calcule cuántos mínimos de difracción se observarán si el ancho de cada ranura es de 25000 \AA .

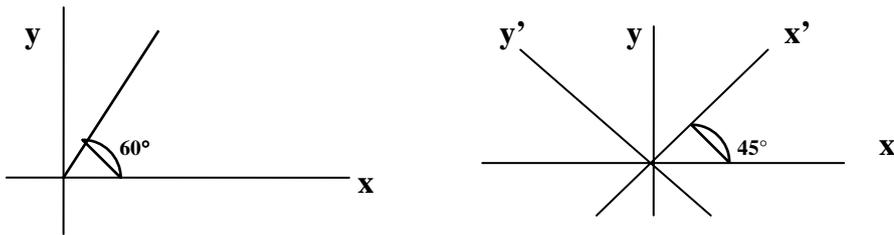
Física II (Biólogos y Geólogos)

SERIE 4

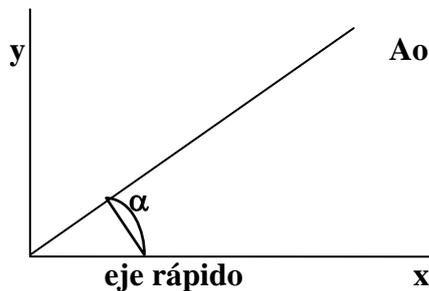
Polarización

1. Describa el estado de polarización representado por los siguientes grupos de ecuaciones:
 - a) $E_x = E \sin(kz - \omega t)$
 $E_y = E \cos(kz - \omega t)$
 - b) $E_x = E \cos(kz - \omega t)$
 $E_y = E \cos(kz - \omega t + \pi/4)$
 - c) $E_x = E \sin(kz - \omega t)$
 $E_y = -E \sin(kz - \omega t)$
2. Escriba las ecuaciones que describen las siguientes ondas:
 - a) Una onda linealmente polarizada cuyo plano de vibración forma un ángulo de 45° con el eje x .
 - b) Una onda linealmente polarizada cuyo plano de vibración forma un ángulo de 120° con el eje x .
 - c) Una onda circularmente polarizada en sentido horario.
 - d) Una onda elípticamente polarizada en sentido antihorario y tal que los ejes de la elipse coincidan con los ejes cartesianos x - y , siendo la amplitud de la componente x el triple de la correspondiente a la de la componente y .
3. Considere la onda representada por:
$$E_x = A \cos\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T} + \frac{1}{8}\right)\right] ; E_y = A \cos\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$
Determine el módulo del vector óptico y el ángulo que dicho vector forma con el eje x en los tiempos $t = 0$ y $t = T/4$, en los puntos $z = 0$, $z = \lambda/4$, $z = \lambda/2$, $z = 3\lambda/4$ y $z = \lambda$.
4. Si un rayo de luz polarizada incide sobre dos placas polarizadoras que están orientadas de tal manera que no haya luz emergente, ¿qué pasa al colocar entre ambas una tercera placa polarizadora? ¿Habrà luz transmitida? Si la hay, ¿se puede conocer su intensidad?
5. ¿Con qué ángulo debe incidir luz sobre una superficie de agua para que la luz reflejada esté totalmente polarizada? ¿Depende o no dicho ángulo de la longitud de onda de la luz?
6. Un rayo de luz blanca incide sobre una placa de vidrio con un ángulo de 58° . El rayo reflejado está totalmente polarizado. ¿Cuál es el ángulo con que se refracta la luz transmitida?
7. Sobre una lámina plano-paralela de vidrio ($n = 1,5$) incide luz elípticamente polarizada con un ángulo de incidencia θ .
 - a) ¿Para qué valores de θ el haz reflejado en la primera cara está linealmente polarizado?
 - b) Si el rayo reflejado de intensidad I_0 incide sobre un polaroid que forma un ángulo de 30° con el plano de vibración, ¿cuál es la intensidad emergente del polaroid?

8. Demuestre que si un haz de luz circularmente polarizada se hace incidir sobre una lámina de cuarto de onda, se obtiene un haz linealmente polarizado.
Demuestre que si se invierte el sentido de giro de la luz circularmente polarizada, el plano de la luz emergente gira 90° .
9. Luz monocromática linealmente polarizada incide normalmente sobre una lámina de cuarto de onda. La vibración incidente forma un ángulo de 60° con el eje rápido de la lámina (eje x).
- a) Halle la vibración que abandona la lámina.
b) (Opcional) Esta vibración se hace incidir sobre una lámina similar a la anterior cuyo eje rápido (eje x') forma un ángulo de 45° con el anterior. Halle la vibración que abandona esta segunda lámina.



10. Sobre una placa de cuarto de onda inciden dos haces de luz linealmente polarizada y en fase. Uno de ellos incide perpendicularmente polarizado respecto del eje rápido (x) y con una amplitud E_0 . El otro haz de amplitud A_0 incide con un ángulo α respecto del eje x . Considerando E_0 como dato, halle α y A_0 para que la luz emergente de la placa esté circularmente polarizada con una amplitud $2E_0$.



11. Sobre una lámina birrefringente inciden dos haces de luz circularmente polarizada de frecuencias f_1 y f_2 , uno en sentido horario y el otro en sentido antihorario. La lámina produce un desfase de un cuarto de onda para la radiación de longitud de onda λ_1 , y uno de media onda para la radiación de longitud de onda λ_2 .
- a) ¿Cuál es el estado de polarización de ambos haces al salir de la lámina?
b) ¿Qué ángulo debe formar con el eje x de la lámina un polaroid que se pone después de la misma para que sólo se pueda observar la radiación de longitud de onda λ_2 ? Considere que el eje x es el rápido para las dos radiaciones.
12. Luz elípticamente polarizada en sentido antihorario incide sobre una lámina birrefringente de espesor $d = 100 \lambda$. Luego de atravesar la lámina, la luz sale elípticamente polarizada en sentido horario.
- a) Escriba las componentes de la luz antes y después de incidir sobre la lámina.
b) Halle la diferencia entre los índices de refracción de la lámina.
c) ¿Qué se observa si se analiza la luz con un polaroid?

13. Un material birrefringente presenta una velocidad de propagación c/n_{\perp} para luz polarizada en una dirección perpendicular al eje óptico, y c/n_{\parallel} para luz polarizada en una dirección paralela al eje óptico, para un cierto $\lambda_{\text{vacío}}$.
- Una lámina es cortada conteniendo al eje óptico en su plano. Calcule el espesor mínimo que se necesita para que la lámina sea de cuarto de onda, sabiendo que $n_{\perp} = 1,523$; $n_{\parallel} = 1,525$ y $\lambda_{\text{vacío}} = 5000 \text{ \AA}$.
 - ¿Qué múltiplos de este espesor también serán láminas de cuarto de onda para dicho $\lambda_{\text{vacío}}$?
 - En general, la lámina será de $\lambda/4$ para otros valores de $\lambda_{\text{vacío}}$. ¿Por qué?
14. Un haz de luz polarizada incide normalmente sobre una lámina de cuarto de onda, estando su estado de polarización dado por:
- $$E_x = E \sin(kz - \omega t)$$
- $$E_y = E \sin(kz - \omega t - \pi/2)$$
- ¿Qué se observa al hacer girar un polaroid analizador a la salida de la lámina? ¿Por qué?
 - Si la luz que sale de la lámina se hace incidir sobre otra lámina de cuarto de onda cuyos ejes forman 45° con los ejes de la primera lámina, ¿qué tipo de polarización espera obtener a la salida de la segunda lámina? ¿Qué observaría al hacer girar un analizador a la salida de la segunda lámina?
15. El poder rotatorio para la sacarosa disuelta en agua con una concentración de 1 gr/cm^3 es $66,45^\circ$ cada 10 cm de trayectoria atravesada por la luz para la longitud de onda $\lambda = 5893 \text{ \AA}$.
- ¿Con qué orientación emergerá un haz que incide linealmente polarizado al atravesar un tubo de 1 m de largo que contiene 1000 cm^3 de solución de sacarosa de concentración $0,019 \text{ gr/cm}^3$?
 - Describa las ondas linealmente polarizadas incidente y emergente como superposición de dos ondas circularmente polarizadas.
16. Una sustancia ópticamente activa tiene un poder rotatorio específico de $\alpha = 10^\circ \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ para una longitud de onda de $\lambda = 5000 \text{ \AA}$.
- Si incide luz de 5000 \AA linealmente polarizada según el eje x , propagándose a lo largo del eje z de un tubo de 10 cm de longitud, el cual contiene una solución 0,1 molar de la sustancia ópticamente activa, ¿cómo estará polarizada la luz a la salida del tubo?
 - Si la intensidad de la luz incidente es I_0 y el coeficiente de absorción de dicha solución es $\beta = 0,02 \text{ cm}^{-1}$, calcule I/I_0 para la luz que emerge.
 - Si la amplitud entrante es $E_0 \propto I_0^{1/2}$, escriba las componentes de la luz emergente tomando en cuenta la rotación y la absorción.
 - Si la luz incidente tiene dos componentes: $\lambda_1 = 5000 \text{ \AA}$ y $\lambda_2 = 6000 \text{ \AA}$, y el poder rotatorio para λ_2 de $\alpha(6000\text{\AA}) = 10,2^\circ \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, sin considerar efectos de absorción, analice:
 - ¿podrá separar los colores por medio de un analizador?
 - ¿qué fracción de intensidad de luz pura de 6000 \AA obtendría?

Problemas adicionales

- Luz compuesta por dos longitudes de onda λ_1 y λ_2 incide sobre una lámina de cuarto de onda para λ_1 . La luz incidente tiene polarización circular antihoraria y la que tiene λ_2 tiene polarización circular horaria. Considere que los índices de refracción de la lámina no varían significativamente con la longitud de onda.

a) Escriba las expresiones matemáticas que describen la luz incidente y la luz emergente de la lámina. Especifique el tipo de polarización y las características de la luz emergente de la lámina.

b) Después de la lámina se tiene luz de longitud de onda λ_1 y λ_2 . ¿Cómo habría que proceder experimentalmente para eliminar después de la lámina la luz con longitud de onda λ_1 ? ¿Con qué polarización quedará finalmente λ_2 ?

Datos: $\lambda_1 = 4000 \text{ \AA}$; $\lambda_2 = 6000 \text{ \AA}$.

2. Sobre una platina de $1/8$ de onda ($\lambda_0/8$) incide normalmente una vibración monocromática elípticamente polarizada en sentido horario. Las componentes E_x y E_y del vector eléctrico están relacionadas con la expresión:

$$\frac{E_x^2}{9} - \frac{\sqrt{2}}{2} E_x E_y + \frac{E_y^2}{16} = \frac{1}{2}$$

a) Dé las expresiones para las componentes E_x y E_y de la onda incidente.

b) Describa completamente (componentes, sentido de giro, ángulo) el estado de polarización de la vibración que sale de la lámina cuando:

1) el eje rápido es el y ; 2) el eje rápido es el x.

3. Un haz de luz blanca polarizada linealmente incide normalmente sobre una placa de cuarzo de $0,865 \text{ mm}$ de espesor cortada paralelamente al eje óptico. El plano del campo eléctrico forma un ángulo de 45° con el eje óptico de la placa (eje x). Los índices principales de refracción del cuarzo para la luz de sodio son: $n_e = 1,5533$ y $n_o = 1,5442$. Considere despreciable la variación del índice de refracción con la longitud de onda.

a) ¿Qué longitudes de onda entre 6000 \AA y 7000 \AA emergen de la placa polarizadas linealmente?

b) Suponga que el haz emergente de la placa pasa a través de un polarizador cuyo eje de transmisión es perpendicular al plano de vibración de la luz incidente. ¿Qué longitudes de onda faltan en el haz transmitido?

4. Suponga que cuenta con un polarizador, una lámina de cuarto de onda para $\lambda_0 = 7800 \text{ \AA}$ y una fuente de luz no polarizada de 7800 \AA y quiere obtener luz circularmente polarizada antihoraria.

a) ¿Cómo dispondría experimentalmente estos tres elementos para lograr su objetivo? Escriba las expresiones de las componentes del campo eléctrico a la salida de la lámina y del polarizador. Use esto para justificar su respuesta.

b) ¿Qué polarización habría tenido la luz saliente de su dispositivo experimental si la luz hubiese sido de 3900 \AA ? Suponga que los índices de refracción de la lámina no varían significativamente con λ . Justifique.

5. a) Se ilumina normalmente una red de difracción con luz compuesta por longitudes de onda λ_1 y λ_2 ($\lambda_2 > \lambda_1$). Para el orden 5 de interferencia por difracción se obtiene una separación angular entre ambas líneas de $2,418^\circ$. Si $\lambda_1 = 5800 \text{ \AA}$, ¿cuánto vale λ_2 ?

La red tiene 1000 líneas y mide 4 cm .

b) Si esa misma luz compuesta por ambas longitudes de onda se hace pasar por un polarizador y luego por una lámina de cuarzo cuyos ejes forman 45° con el eje del polarizador, se observa que la longitud de onda λ_1 sale circularmente polarizada. ¿Qué desfase introduce la lámina a λ_2 ?

(Desprecie la variación de los índices de refracción del cuarzo con la longitud de onda).

Física 2 (Biólogos y Geólogos)

SERIE 5

Calorimetría

1. ¿Qué cantidad de calor tendrá que dar un radiador para elevar en 10°C la temperatura de una habitación de 80 m^3 . (Usar que la capacidad calorífica específica del aire es $0,24\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ y que la densidad del aire es $0,001293\text{ g/cm}^3$).

Resp: 248.3 kcal

2. a) Halle la cantidad de calor que es necesario entregar a 1000g de una sustancia para elevar su temperatura de 50°C hasta 100°C , sabiendo que el calor específico de la sustancia varía linealmente según la ecuación (resultado experimental):

$$C_p = C_o + a \cdot t$$

donde $C_o = 0.19\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ y $a = 4 \times 10^{-4}\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}^2$.

- b) ¿Qué error se comete si se toma $C_p = C_o$?

Resp: a) 11 kcal; b) 12 %

3. Calcule la cantidad de calor necesario para pasar 2kg. de hielo a -20°C , a vapor a 120°C .

$$C_p (\text{hielo}) = 0,5\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p (\text{agua}) = 1,0\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p (\text{vapor}) = 0,5\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Calor latente de fusión: } L_f = 80\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Calor latente de vaporización: } L_v = 540\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

Resp: $Q=1480\text{ kcal}$

4. Se ponen 10g. de agua (vapor) a 150°C , 50g. de agua (hielo) a -30°C , 100g. de agua (líquida) a 50°C y 200g. de aluminio a 110°C , en contacto térmico dentro de un recipiente adiabático de 200g. de peso y capacidad calorífica específica $0,2\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$, el cual se halla inicialmente a una temperatura de 20°C .

- a) Halle la temperatura final del sistema (tome como dato de los problemas anteriores, las capacidades caloríficas específicas y los calores latentes necesarios).

- b) ¿Qué cantidad de calor ha absorbido cada uno de los cuerpos? ¿Y el sistema como un todo?

Resp: a) 51.4°C

5. ¿Cuál es la mínima cantidad de agua a 20°C necesaria para convertir 1kg. de plomo fundido a 327°C (temperatura de fusión normal) a plomo sólido a la misma temperatura? Tener en cuenta que el agua se vaporiza totalmente durante el proceso.

Datos: Calor de fusión del plomo: $1,80 \cdot 10^4\text{ Joule/kg}$.

Calor de vaporización del agua: $2,26 \cdot 10^6\text{ Joule/kg}$.

Calor específico del agua: $1,00\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$.

Resp: 5.86 g de agua

6. Dentro de un calorímetro perfecto que contiene 1000g. de agua a 20°C , se introduce 500g. de hielo a -16°C . El vaso calorimétrico es de aluminio ($C_{al} = 0,22\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$) y tiene una masa de 300g.

Calcule la temperatura final del sistema e indique el calor que ha absorbido o cedido el sistema como un todo y cada una de sus componentes.

$$\Delta H_{\text{FUS}} = 80 \text{ cal/g}; C_p (\text{hielo}) = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}; C_p (\text{agua}) = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

Resp: 0°C con 1216 g de agua líquida y 283 g de hielo

7. 1kg de un material que se encontraba a 34°C es sumergido en 1000g. de agua contenidos en un calorímetro cuyo π está dado por la función $\pi = \pi_0 + \alpha.t$. La temperatura inicial del agua y del calorímetro era de 18°C , y la final de 22°C .

a) ¿Cuál es el calor específico a presión constante del material?

b) ¿Qué cantidad de hielo a 0°C se debe agregar para que la temperatura vuelva a ser 18°C ?

$$\text{Datos: } \pi_0 = 19 \text{ cal/}^\circ\text{K} \quad \alpha = 0,05 \text{ cal/}(\text{}^\circ\text{C})^2$$

Resp: a) $C_p=0.34 \text{ cal/g }^\circ\text{K}$; b) 55.5 g

8. En un calorímetro cuya temperatura es 70°C se introducen 50g. de agua a 50°C . Cuando el sistema llega al equilibrio, la temperatura es de 60°C . Luego se agregan 1000g. de hielo a -20°C y se espera que el sistema llegue nuevamente al equilibrio. Entonces, se reduce la masa de hielo a la mitad haciendo pasar una corriente por una resistencia ubicada dentro del calorímetro.

a) Halle el π del calorímetro.

b) Calcule el tiempo que tarda el hielo en reducirse a la mitad.

$$\text{Datos: } I = 0,5 \text{ A}; V = 8,372 \text{ Volts}; C_p (\text{agua}) = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}; C_p (\text{hielo}) = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}; \\ 1 \text{ cal} = 4,186 \text{ Joule}; L_{\text{fusión}} = -L_{\text{solidificación}} = 80 \text{ cal/g.}$$

Resp: a) $\pi=50 \text{ cal/K}$; b) 1h 40 min

Física 2 (Biólogos y Geólogos)

SERIE 6

Leyes de los gases

1. Se miden los volúmenes que ocupa un mol de un gas manteniendo a la temperatura constante T_0 , en función de la presión, y se obtiene la siguiente tabla:

P (atm.)	1	2	3	4	5	6
V (lts.)	30,0	15,0	9,9	7,2	5,1	4,5

a) Haga un diagrama de Amagat de la isoterma del gas a T_0 , e indique aproximadamente la zona en la que el gas se comporta como ideal.

b) ¿Cuánto vale T_0 ?

Resp: 365.6 K

2. Considerando el aire atmosférico seco como un gas ideal constituido por una mezcla cuya composición es: 78.1% de nitrógeno, 20.9% de oxígeno, 0.9% de argón y 0.03% de dióxido de carbono

a) ¿cuántos moles de N_2 y cuántos O_2 hay contenidos en un volumen de $1m^3$ de aire en condiciones normales de presión y temperatura (CNPT: $1atm, 0^\circ C$)? ¿Y en $1l$? ¿Qué presión ejerce en la mezcla cada uno de los dos gases mayoritarios?

b) ¿Cuál es la masa de aire seco (considerar sólo los dos componentes mayoritarios (80% N_2 – 20% O_2)) contenida en una habitación de $4m \times 3m \times 4m$ a $1atm$ y $27^\circ C$?

c) El aire de los pulmones (aire alveolar) tiene una composición diferente del aire atmosférico. Por ejemplo, si la presión de los pulmones es de $1atm$, la presión parcial del dióxido de carbono en el aire alveolar es de $40mm$ de Hg y el oxígeno sólo un 13.6% de su contenido. Hallar el porcentaje de CO_2 en el aire alveolar y la presión parcial que ejerce el O_2 en los pulmones.

Resp: a) 34.87 moles de N_2 y 9.33 moles de O_2 ; $p_{O_2}=0.209 atm$, $p_{N_2}=0.781 atm$; b) 56.2 kg; c) 5.26 % de CO_2 y $P_{O_2}=0.136 atm$

3. Un cilindro contiene un gas a $27^\circ C$ y está dividido en dos partes iguales de $100cm^3$ de volumen por un pistón de $15cm^2$ de sección. El gas en ambas divisiones está a la misma presión. Se eleva hasta $100^\circ C$ la temperatura del gas de una de las divisiones y se mantiene la temperatura del gas en la otra división en el valor original. Se supone que el pistón del cilindro es aislador perfecto.

¿Hasta dónde se desplaza el pistón como consecuencia de la variación de la temperatura?

Resp: se desplaza 7.2 mm

4. Dos bulbos de igual volumen que están unidos por medio de un tubo delgado de volumen despreciable, contienen hidrógeno a $0^\circ C$ y 1 atm. de presión. El volumen de cada bulbo es de $10^{-3} cm^3$, y la densidad del hidrógeno a $0^\circ C$ y 1 atm es de $0,09 kg/m^3$.

a) ¿Cuál es la presión del gas cuando un bulbo está sumergido en un baño de vapor a $100^\circ C$ y el otro en oxígeno líquido a $-190^\circ C$?

b) ¿Qué cantidad de hidrógeno se transferirá por el tubo de conexión?

Resp: a) 0.5 atm; b) pasan $2.84 \cdot 10^{-8}$ moles del bulbo 1 (a $100^\circ C$) al bulbo 2 (a $-190^\circ C$).

5. Un tubo capilar de 50cm de longitud, cerrado en ambos extremos, contiene en su interior dos espacios con aire (suponerlo gas ideal) separados por una columna de mercurio de 10cm de largo. Cuando el tubo está horizontal, ambas columnas de aire tienen 20cm de largo. Cuando el tubo se coloca en forma vertical, las mismas tienen 15cm y 25cm, respectivamente.

a) Proponer una hipótesis razonable para la temperatura durante el intervalo que duran las mediciones.

b) Proponer una hipótesis razonable acerca de la influencia de la gravedad en ambas posiciones del capilar.

c) Hallar la presión en el tubo cuando está en posición horizontal.

Resp: c) $P=0.25$ atm

6. En un lago de 30 m. de profundidad, se forma una burbuja de 1,5 cm. de radio. A esta profundidad la temperatura es de 4°C. La burbuja sube lentamente hasta la superficie, donde la temperatura es de 25°C. Calcule el radio de la burbuja cuando ésta llega a la superficie. Considere la presión atmosférica de 760 mmHg.

Resp: radio=2.44 cm

7. Un tanque de 0,5 cm³ de volumen contiene O₂ a una presión de 150 atm. y a una temperatura de 20°C.

a) Calcule cuántos moles de O₂ hay en el tanque.

b) Si se calienta el tanque hasta 500°C, ¿cuál será el valor de la presión?

c) ¿Cuántos moles habría que sacar del recinto para que (manteniéndose en 500°C la temperatura) la presión volviese al valor de 150 atm. (PM O₂ = 32)

8. Si la presión ambiente es de 76 cm. de mercurio, la temperatura de 15°C y la humedad relativa del 71,9%, ¿cuál es la masa de 1 litro de aire húmedo? El peso molecular del aire puede tomarse como 28,9 g. y la presión de vapor saturado del agua a 15°C es de 12,8 mm. de mercurio.

Resp: 1.255 g

9. El peso de 5kg. de ropa lavada es de 6,8kg. Si se pone a secar en un ambiente aislado de 60 m³ a 30°C y con una humedad relativa del 40%. ¿Se podrá secar completamente la ropa en estas condiciones? ($P_{\text{vap.sat.}} = 42,8$ mm de Hg a 30°C).

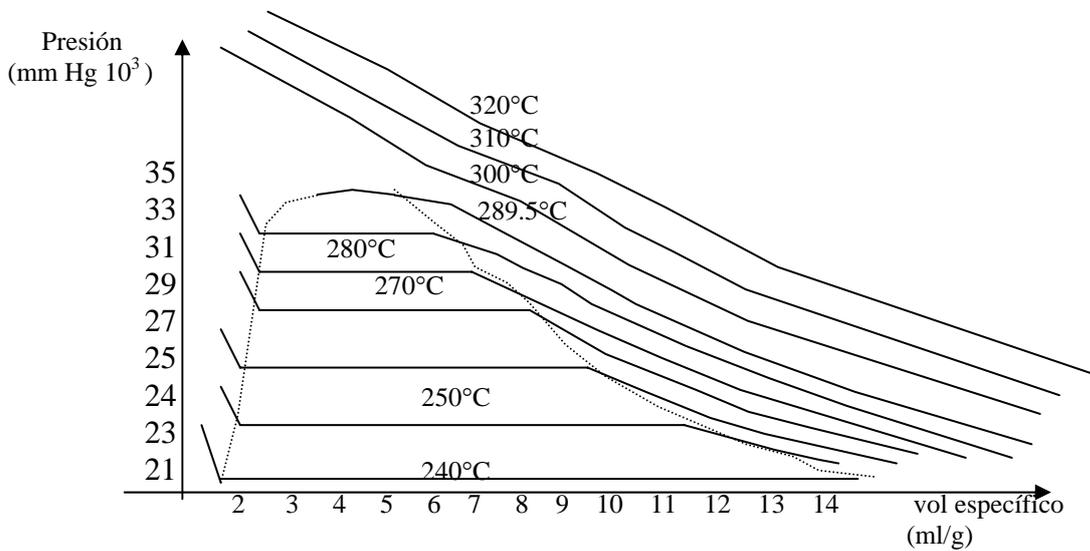
Resp: No se seca. Quedan 330 g de agua en la ropa

10. Una masa de aire que se extiende a una altura de 500 m. sobre un área de 10^{-4} m² se encuentra a 15°C. Suponiendo que inicialmente la humedad relativa es del 100%, ¿cuántos cm³ de lluvia caerán si la temperatura del aire desciende a 10°C? La presión de vapor saturado del agua a 15°C y a 10°C, es de 12,8mmHg. y 9,2 mmHg., respectivamente.

Resp: caen 0.173 cm³

11. En un volumen de 1,4 lts. se encuentran confinados 100 g. de gas de benceno a 300°C. Se comprime el mismo isobáricamente hasta un volumen de 0,175 lts.

- a) ¿En qué estado y a qué temperatura se halla el benceno al final de la compresión?
 b) ¿Cuál sería el estado final si la compresión hubiese sido isotérmica?



Resp: a) según el gráfico el benceno es líquido en su estado final; b) a T cte sería vapor pero con $P > 40 \text{ mmHg}$

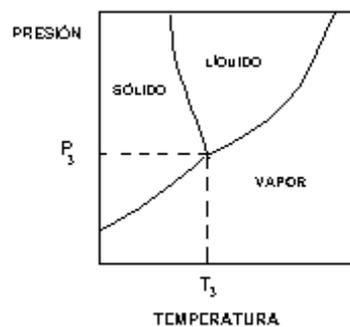
12. Si la presión atmosférica en la superficie del planeta Marte es en promedio de 5,5 milibares y la temperatura media es de 218°K ,

a) ¿en qué estado se encuentra el agua que existe? Explique gráficamente por qué un trozo de hielo seco (dióxido de carbono) no funde a temperatura ambiente.

Datos:

El punto triple del agua corresponde a $P_3 = 0,006 \text{ atm}$; $T_3 = 273,16^\circ\text{K}$; y a 1 atm : $T_v = 373,15^\circ\text{K}$, $T_f = 273,15^\circ\text{K}$.

El punto triple del dióxido de carbono (CO_2) corresponde a $T_3 = -56,6^\circ\text{C}$ y $P_3 = 5,2 \text{ atm}$.



Física 2 (Biólogos y Geólogos)

SERIE 7

Trabajo, Calor, Energía interna, Entalpía

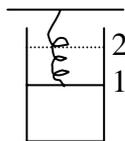
1. Definir sistemas termodinámicos, medio ambiente y pared adiabática.
2.
 - a) ¿Cuál será la expresión de W para el caso de un trabajo de volumen?
 - b) ¿Cuáles de estas variables son intensivas y cuáles extensivas?
 - c) ¿Qué es una variable de estado?
 - d) Dar ejemplos de variables intensivas y extensivas.
3. Expresar kWh en erg. y en Joule.
4. Un mol de gas ideal se expande irreversiblemente en contacto con una fuente de calor a 373°K contra una presión exterior constante de 5 atm, partiendo del estado en que la presión termodinámica es de 10 atm., hasta llegar al volumen de equilibrio.
 - a) Calcule el trabajo realizado por el gas.
 - b) Calcule ahora ese trabajo, en el caso en que el gas se expanda reversiblemente.
 - c) Calcule el calor recibido por el gas, de la fuente, en cada caso.
 - d) Calcule ΔU y ΔH , y compare ΔH con el calor Q , en cada caso.

Resp: a) $W=1520\text{ J}$; b) $W=2150\text{ J}$; c) $Q=W$ en cada caso; d) $\Delta U=0$

5. Se tiene un cilindro con un pistón sin rozamiento que contiene 1m^3 de un gas monoatómico ($\gamma = 5/3$) a presión atmosférica ($1,01 \cdot 10^5\text{ Nt}\cdot\text{m}^{-2}$). Se comprime el gas hasta que el volumen sea $0,4\text{ m}^3$. ¿Cuánto trabajo se realizó para comprimir este gas?
 - a) Si el proceso es isotérmico reversible.
 - b) Si el proceso es a $P = P_{\text{ext}} = \text{cte}$.
 - c) Si el proceso es adiabático reversible.

Resp: a) $W = -92.5\text{ kJ}$; b) $W = -60.6\text{ kJ}$; c) $W = -128\text{ kJ} \Rightarrow \Delta U = 128\text{ kJ}$

6. Un cilindro en el cual el pistón es sostenido por un resorte, contiene 0.03m^3 de aire a una presión de 1050 mbar, equilibrada con la presión atmosférica constante de 1050 mbar. Los pesos del pistón y del resorte pueden considerarse despreciables. En el estado inicial el resorte no ejerce ninguna fuerza sobre el pistón. Entonces se calienta el gas hasta duplicar su volumen. La presión final del gas es 3500 mbar, y durante el proceso el resorte ejerce una fuerza proporcional al desplazamiento del pistón a partir de su posición inicial siendo la constante de proporcionalidad del resorte $k = 10000\text{ N/m}$.



Considerando el gas como sistema, calcular el trabajo total efectuado por el sistema. De este trabajo total, ¿qué porcentaje está hecho contra la atmósfera y cuál contra el resorte?

Resp: $W_{\text{total}}=6875 \text{ J}$, 46% contra la atmósfera y 54% contra el resorte

7. Diez moles de un gas ideal ($\gamma = 5/3$) que se encuentra inicialmente a 27°C y 760 mm. de Hg, se comprimen en forma reversible a la mitad del volumen inicial.

a) Calcule Q, W, ΔU y ΔH del sistema cuando el proceso se realiza isotérmicamente.

b) Calcule Q, W, ΔU y ΔH del sistema cuando el proceso se realiza adiabáticamente.

Resp: a) $Q=W= -17.3 \text{ kJ}$, $\Delta U=\Delta H=0$

b) $Q=0$, $W= -22 \text{ kJ}$, $\Delta U=22 \text{ kJ}$ y $\Delta H=36.6 \text{ kJ}$

8. Calcular el trabajo realizado y el calor absorbido (o entregado) por 1 m^3 de gas ideal a presión atmosférica cuando se lo somete a los siguientes procesos:

a) Desde las condiciones iniciales se comprime el gas isotérmica y reversiblemente hasta 20 veces la presión inicial.

b) Desde las condiciones iniciales se calienta el gas a volumen constante hasta 20 veces la presión inicial. Luego se lo lleva reversiblemente, a presión constante, hasta el volumen final del caso anterior.

c) dibuje el diagrama P-V.

Resp: a) $Q=W= -303.5 \text{ kJ}$; b) $Q=W= -1925 \text{ kJ}$

9. La temperatura de 5kg. de N_2 gaseoso se eleva desde 10°C a 130°C .

a) Si se realiza el proceso a presión constante, halle la cantidad de calor necesaria para ello, el incremento de energía interna y el trabajo exterior realizado sobre el gas.

b) Calcule la cantidad de calor necesaria si el proceso se lleva a cabo a volumen constante.

Los calores específicos del gas N_2 son:

$$C_p = 0,248 \text{ kcal/kg}^\circ\text{K}$$

$$C_v = 0,177 \text{ kcal/kg}^\circ\text{K}$$

Resp: a) $\Delta U=106.2 \text{ kJ}$; $Q=148.8 \text{ kJ}$; $W_{\text{ext}}= -42.6 \text{ kJ}$

b) $\Delta U=106.2 \text{ kJ}=Q$

10. Un gas tiene una ecuación de estado:

$$P = \frac{RT}{V} \cdot \left(1 + \frac{aT}{V}\right)$$

con $a=\text{cte.}$, siendo su energía interna de la forma:

$$U(V, T) = U_o(T) - R.a. \frac{T^2}{V}$$

a) Halle el trabajo entregado por el gas durante una expansión isotérmica reversible desde V_o a $3V_o$.

b) Idem, durante una expansión isotérmica contra una presión exterior constante P_{ext} menor que $P(3V_o, T)$, desde V_o hasta $3V_o$.

c) Halle la variación de energía interna del gas y los calores absorbidos en los casos a) y b).

11. Un gas experimenta una transformación que lo lleva de un estado inicial caracterizado por P_i , V_i a un estado final caracterizado por P_f , V_f . ¿En cuáles de los siguientes casos la variación de entalpía es igual al calor absorbido por el gas durante la transformación? Justifique analizando detalladamente cada caso:

- a) $P_i \neq P_f$; la transformación ocurre en forma reversible.
- b) $P_i \neq P_f$; la transformación ocurre en forma irreversible.
- c) $P_i \neq P_f$; la transformación ocurre en forma reversible y el sistema está sometido a presión externa variable.
- d) $P_i = P_f$; la transformación ocurre en forma reversible y el sistema está sometido a una presión exterior constante.
- e) $P_i = P_f$; la transformación ocurre en forma irreversible y el sistema está sometido a una presión exterior constante.
- f) Verifique sus respuestas anteriores para el caso de un gas ideal, imaginando cada uno de los procesos y realizando el cálculo de Q y H .

12. Un mol de gas se halla encerrado en un cilindro provisto de un pistón. El cilindro y el pistón son adiabáticos. En el estado inicial el pistón se halla trabado, el volumen es $V_A = 2$ litros, la temperatura $T_A = 300$ °K y la presión $P_A = 5,5$ atm. El gas se expande contra una presión nula. Cuando el volumen llega a $V_B = 2V_A$, se traba nuevamente el pistón. La ecuación de estado del gas es: $P(V,T) = n R T V^{-1} - a V^{-2}$

La energía interna está dada por: $U(T,V) = 2,5 n R T - a V^{-1}$

- a) ¿Es reversible el camino entre A y B? Justifique su respuesta.
- b) ¿Cuánto vale ΔU ? ¿Por qué?
- c) Calcule T_B y P_B .
- d) Calcule ΔH_{AB} . ¿Coincide este valor con el calor intercambiado?
- e) Calcule C_V .

Resp: a) No, hay una expansión brusca dado que $P_{gas} \neq P_{ext} = 0$
 b) $\Delta U = 0 = W$; c) $T_B = 266,7$ K; $P_B = 3,77$ atm; d) $\Delta H_{AB} = 4,1$ l atm

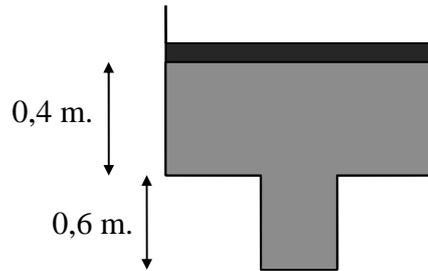
13. Se tiene 3 moles de un gas ideal que se expande reversible e isotérmicamente desde una presión inicial $P_i = 5$ atm hasta una presión $P_f = 3$ atm a $t = 0^\circ$ C

- a) ¿Cuántas calorías absorbe el gas?
- b) ¿Cuánto vale ΔH ?

Resp: a) $Q = W = 34,3$ atm l; b) $\Delta H = 0$

14. Se tienen 200g de un gas ideal confinado en un cilindro como el de la figura, provisto de un émbolo de peso despreciable que se desplaza sin rozamiento. El área mayor del cilindro es de 1 m^2 y el área menor es de $0,5 \text{ m}^2$. La presión externa es constante e igual a $3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. La temperatura inicial de todo el sistema es de 700° K. El gas se deja enfriar por transmisión de calor al medio.

- a) Halle la temperatura del gas cuando el émbolo llega al escalón, suponiendo que en ese punto la presión del gas coincide con la presión exterior. Calcule el trabajo para esta parte del proceso.
- b) Luego del proceso descrito en a), se coloca el recipiente en contacto con una fuente de 223° K, y se deja que alcance el nuevo estado de equilibrio. Calcule ahora W , ΔU y ΔH para este segundo proceso ($C_V = 0,3 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$).



Resp: a) $W = -120 \text{ kJ}$

15. Suponga un mol de gas ideal encerrado en un cilindro provisto de un pistón, inicialmente trabado en un volumen $V_1 = 2$ litros. El cilindro se halla en contacto térmico con una mezcla de 2 kg de agua y 2 kg de hielo. Se sabe que cada vez que la fuente entrega 80 cal. al gas, congela 1 g. de agua.

a) ¿A qué temperatura se halla inicialmente el gas? ¿Tomará ésta el mismo valor luego de que el gas realice una expansión? ¿Por qué?

b) Halle el estado final de la fuente de calor, (es decir, la masa de hielo presente) luego de que el gas se haya expandido reversiblemente hasta $V_2 = 10$ litros.

c) Idem, si el gas se expande desde el mismo estado inicial del gas, y la fuente hasta el mismo estado final para el gas, pero esta vez en forma irreversible, contra una presión exterior constante de 1 atm.

Resp: a) $T = 273 \text{ K}$; b) Cuando $V_{\text{gas}} = 10 \text{ l}$ pasaron 11 g de agua líquida a hielo (tendré 2.011 kg de hielo y 1.989 kg de agua); c) la cantidad de agua líquida que pasa a sólida es $m = 2.4 \text{ g}$

16. Un cilindro cuyo volumen es de 9 litros, cerrado en sus dos extremos, contiene una mezcla de 10 moles de N_2 y 8 moles de O_2 que pueden considerarse gases ideales. Un pistón diatérmico y semipermeable, permeable al N_2 e impermeable al O_2 , está inicialmente en un extremo y es desplazado de modo que deja detrás de sí un volumen $V_1 = 5$ litros que contiene únicamente N_2 . Un segundo pistón diatérmico y semipermeable, permeable al O_2 e impermeable al N_2 está al comienzo en el otro extremo y es desplazado de modo que deja detrás de sí un volumen de 4 litros que contiene solamente O_2 . Considere $C_{V\text{O}_2} = C_{V\text{N}_2} = 5/2 R$

a) Calcule el trabajo realizado por el sistema sabiendo que los desplazamientos se realizaron reversiblemente y a temperatura constante de 27°C .

b) Si destrabara los pistones, ¿se moverían? Justifique.

c) Se fijan los pistones en la posición del punto a) y se reviste al cilindro con paredes adiabáticas, luego a través de una resistencia colocada en el interior del cilindro se le suministra calor al sistema durante 10 minutos ($I_{\text{resistencia}} = 5 \text{ A}$, $V_{\text{resistencia}} = 2 \text{ V}$). ¿Cuál es la temperatura final del sistema y cuánto varía la energía interna del mismo?

d) ¿Cuál es la variación de entalpía del O_2 y del N_2 durante el proceso descrito en c)?

Resp: a) $W = -305 \text{ atm l}$; b) no se moverán; c) $t_f = 315.7^\circ\text{C}$, $\Delta U = 6 \text{ kJ}$; d) $\Delta H = 8.4 \text{ kJ}$

17. (Opcional) Un mol de gas ideal ($C_p = 7/2 R$), inicialmente a T_i y P_i se expande adiabática e irreversiblemente contra una presión exterior constante P_{ext} , hasta que se alcance el volumen de equilibrio.

a) Expresar W y ΔU en términos de los datos y el V_f desconocido. ¿Por qué NO vale $P_i \cdot V_i^\gamma = P_f \cdot V_f^\gamma$?

b) Defina Δ tal que $P_{\text{ext}}/P_i = 1-\Delta$, y exprese T_f en términos de V_f y Δ .

c) Halle V_f como función de V_i y Δ ; y T_f como función de T_i y Δ .

d) Partiendo del mismo estado inicial, se realiza una expansión adiabática reversible hasta un volumen V_f' , de equilibrio con la P_{ext} . Halle V_f' en función de V_i y de Δ ; halle además T_f' en función de T_i y de Δ .

e) Suponiendo $\Delta \ll 1$, y muestre que, a primer orden, $T_f \approx T_f'$, y que $V_f \approx V_f'$.

f) Haga ahora $\Delta=0,5$ ($P_i = 2.P_{\text{ext}}$) y calcule en forma exacta V_f , V_f' , T_f y T_f' , usando d). Ubique los estados iniciales y finales en un diagrama $P_{\text{ext}}-V$, y marque los trabajos si $P_{\text{ext}} = 1\text{atm.}$ y $T_i = 273 \text{ °K.}$

Física 2 (Biólogos y Geólogos)

SERIE 8

Máquinas térmicas y Entropía

1. Un mol de gas ideal ($C_v = \frac{3}{2} R$) realiza el siguiente ciclo:

AB) Se expande contra una presión exterior constante, en contacto térmico con una fuente de calor a 300°K , desde $V_A = 10$ litros hasta el volumen de equilibrio con la presión externa, $V_B = 20$ litros.

BC) Se traba el volumen en 20 litros, y se pone el gas en contacto térmico con una fuente de calor a 200°K hasta llegar al equilibrio.

CD) Manteniéndolo en contacto térmico con esta última fuente, se lo comprime reversiblemente hasta volver al volumen inicial.

DE) Trabando el volumen en 10 litros, se pone el gas en contacto térmico con la fuente a 300°K , hasta llegar al equilibrio.

a) Calcule el trabajo entregado por el gas en cada etapa del ciclo.

b) Calcule el trabajo total entregado. ¿Varió la energía interna del gas respecto del valor inicial al completarse el ciclo? En base a su respuesta, indique el calor absorbido por el gas durante el ciclo.

c) Calcule el calor total que entregó cada una de las fuentes. ¿Cuál perdió calor? ¿Cuál lo ganó?

d) Calcule la eficiencia del ciclo, definida como $\varepsilon = W/Q_1$, donde Q_1 es el calor total absorbido de la fuente a 300°K .

Resp. a) $W_{AB}=12.3$ atm l; $W_{BC}=W_{DA}=0$, $W_{CD}=-11.4$ atm l; b) $Q=22.3$ cal= 0.92 atm l; c) $Q^{\text{caliente}}=24.6$ atm l, $Q^{\text{fría}}=-23.7$ atm l; d) $\varepsilon=0.037$

2. Se tiene una máquina térmica reversible que opera según el ciclo de Carnot entre dos fuentes de calor a temperaturas T_1 y T_2 , siendo $T_1 > T_2$. Si dicha máquina toma 500kcal de la fuente a temperatura T_1 y entrega un trabajo equivalente a 300kcal, ¿qué cantidad de calor se entrega a la fuente fría y cuánto vale la eficiencia (rendimiento) de dicha máquina?

Resp: 200 kcal y $\varepsilon=0.6$

3. Si una máquina de Carnot opera entre dos fuentes de la misma naturaleza, entregando un trabajo equivalente a 500kcal y devolviendo a la fuente fría 300kcal, ¿cuál es la relación entre las temperaturas absolutas de dichas fuentes?

Resp: $T^{\text{caliente}}/T^{\text{fría}}=2.67$

4. Supóngase una máquina de Carnot operando entre dos fuentes de la misma naturaleza.

a) Si se quiere obtener un trabajo con una eficiencia del 6% y se cuenta con una fuente fría cuya temperatura es de 300°K , ¿a qué temperatura deberá estar la fuente caliente?

b) Si con la misma máquina y las mismas fuentes, se quiere obtener un trabajo equivalente de 100kcal, ¿cuánto vale el calor extraído de la fuente caliente, y cuánto vale el calor entregado a la fuente fría?

Resp: a) $T^{\text{caliente}}=46\text{ }^{\circ}\text{C}$; b) $Q^{\text{extraído}}=1667\text{ kcal}$, $Q^{\text{entregado}}=1567\text{ kcal}$

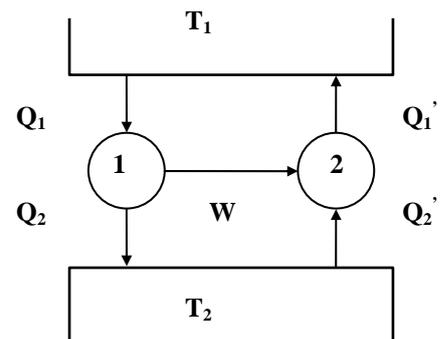
5. Supóngase tener una máquina de Carnot operando como refrigerador, entre las temperaturas de $277\text{ }^{\circ}\text{K}$ y $300\text{ }^{\circ}\text{K}$.

a) ¿Cuánto vale su eficiencia?

b) Si se desean extraer 200 calorías de la fuente fría, ¿qué cantidad de trabajo habrá que entregarle y qué cantidad de calor se entrega a la fuente caliente?

Resp: a) 12; b) $|W|=16.6\text{ cal}$, $|Q|=216.6\text{ cal}$

6. Dos máquinas operan tal como lo indica el gráfico. Se sabe que la temperatura de la fuente caliente es de $600\text{ }^{\circ}\text{K}$, que la máquina 1 es reversible y absorbe 300 kcal cediendo 100 kcal , y la máquina 2 absorbe 50 kcal de la fuente 2



a) Calcule la temperatura de la fuente fría.

b) ¿Cuál es la eficiencia de ambas máquinas?

c) ¿Es la máquina 2 reversible? ¿Por qué?

Resp: $T_2=200\text{ K}$, $\varepsilon_1=2/3$, $\varepsilon_2=1/4$, la máquina 2 no es reversible

7. Supóngase tener un sistema que evoluciona reversiblemente, entregando 500 cal a $500\text{ }^{\circ}\text{K}$ y recibiendo 300 cal a $300\text{ }^{\circ}\text{K}$. ¿Cuánto vale su variación de entropía?

Resp: $\Delta S=0$

8. Si un sistema evoluciona isotérmicamente a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la entropía varía en $4\text{ kcal}/^{\circ}\text{K}$, ¿cuánto calor recibió?

9. a) ¿Cuánto vale la variación de entropía en un sistema que evoluciona en forma adiabática y reversible? ¿Por qué?

b) ¿Cómo es la variación de entropía en un proceso que es adiabático e irreversible, siendo diferentes los estados inicial y final? Demuestre por qué.

Resp: a) $\Delta S=0$ b) $\Delta S>0$

10. Dado un gas ideal en condiciones p_1 , V_1 , T_1 que sufre una transformación cualquiera quedando en condiciones p_2 , V_2 , T_2 , calcular la variación de entropía usando como variables:

a) p y T .

b) p y V .

c) V y T .

11. Supóngase tener 1 kg . de hielo a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ al que se le entrega calor hasta llevarlo a agua líquida a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si la capacidad calorífica específica del hielo en esas condiciones es $0,5\text{ cal}/\text{g}^{\circ}\text{C}$ y la del

agua es $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ y el calor latente de fusión del hielo es 80 cal/g , calcule la variación de entropía del proceso.

Resp: 402 cal/K

12. Un cilindro térmicamente aislado cerrado por ambos extremos está provisto de un pistón sin rozamiento, conductor de calor y que divide al cilindro en dos partes. Inicialmente se sujeta al pistón en el centro, quedando a un lado 1 litro de gas ideal a 300°K y 2 atm. de presión, y al otro lado 1 litro de gas ideal a 300°K y 1 atm. de presión. Se libera el pistón, alcanzando el equilibrio de presión y temperatura en una nueva posición. Halle la presión y la temperatura finales, y la variación de entropía.

Resp: $P_f=1.5 \text{ atm}$, $T_f=300 \text{ K}$, $\Delta S=5.7 \cdot 10^{-3} \text{ atm l/K}$

13. Una máquina térmica trabaja entre $T_1 = 400^\circ\text{K}$ y $T_2 = 200^\circ\text{K}$, extrayendo en cada ciclo 10kcal de la fuente 1. La eficiencia de la máquina es un 40% de la máxima posible para dicho par de temperaturas. Calcule:

a) El trabajo por ciclo.

b) El calor entregado a la fuente de calor 2, por ciclo.

c) Las variaciones de entropía por ciclo de la sustancia que trabaja en la máquina, de la fuente 1, de la fuente 2 y del universo.

d) Idem a), b) y c), pero para la máquina que tiene la eficiencia máxima posible trabajando entre las temperaturas T_1 y T_2 .

Resp: a) 2 kcal; b) 8 kcal; c) $\Delta S^{\text{sust}}=0$, $\Delta S^{\text{u}}=15 \text{ cal/K}$

14. Se pone en contacto 1 kg de agua a 0°C con una fuente a 100°C .

a) Calcule la variación de entropía del universo cuando el agua alcanza la temperatura de la fuente.

b) Calcule la variación de entropía del universo si el agua se pone primero en contacto con una fuente a 50°C , y luego de alcanzada esta temperatura, se la pone en contacto con la fuente de 100°C .

c) Calcule la variación de energía interna del agua y de las fuentes.

Resp: a) 44 cal/K; b) 23 cal/K; c) $\Delta U^{\text{agua}}=100 \text{ kcal}$, $\Delta U^{\text{fuente}}= -100 \text{ kcal}$, $\Delta U^{\text{u}}=0$

15. Para los problemas 2a) y 3) de la serie 5 (“*Calorimetría*”), calcule la variación de entropía de la sustancia.

16. Para el problema 4 de la serie 7 (“*Trabajo, Calor, Energía interna y Entalpía*”), halle la variación de entropía del gas, de la fuente de calor y del universo para los casos en que:

a) la expansión es irreversible ; b) la expansión es reversible.

17. Una máquina reversible lleva 1 mol de gas ideal monoatómico ($C_V = 3R/2$, $\gamma = 5/3$) a través del ciclo ABCDA, con las siguientes características en cada una de las etapas:

AB: Es una expansión isotérmica hasta duplicar el volumen $V_B=2V_A$, con $V_A = 2$ litros

- BC:** Es una expansión adiabática hasta disminuir la temperatura a la mitad $T_C = T_B/2$
CD: Es una compresión hasta $V_D = V_A$ a presión constante.
DA: Se cierra el ciclo a volumen constante, aumentando la presión hasta $P_A = 16,2$ atm

Grafique cualitativamente el diagrama $P - V$ correspondiente.

a) Calcule el calor absorbido por el gas, el cambio de energía interna y el trabajo efectuado por el gas en cada uno de los procesos y en el ciclo completo.

b) Indique si este ciclo corresponde a una máquina térmica o frigorífica. Calcule su eficiencia.

Resp: a) AB: $Q=548$ cal, $W=548$ cal; BC: $Q=0$, $W=592.5$; CD: $Q=-812.5$ cal, $W=-322$ cal; DA: $Q=1080$ cal, $W=0$; b) $W_{total}=818.4$ cal, es una máquina térmica. Recibe $Q=1628$ cal y la eficiencia es $\epsilon=0.5$

18. Una sustancia mantenida a volumen constante durante todos los procesos, se halla inicialmente a una temperatura T_A . Su calor específico C_V se puede considerar constante entre $T_A - 10^\circ\text{C}$ y $T_A + 10^\circ\text{C}$. Se realizan dos ciclos:

Primero:

I) Se pone la sustancia en contacto con una fuente de calor a $T_A + 10^\circ\text{C}$, hasta que se alcance el equilibrio.

II) Se la vuelve a colocar en contacto con la fuente T_A , hasta que se llegue al nuevo equilibrio.

a) Calcule la variación de entropía del universo durante este primer ciclo ($\Delta S^1_{\text{universo}}$)

Segundo:

III) Se pone la sustancia (que ya está a temperatura T_A) en contacto con una fuente a $T_A - 10^\circ\text{C}$, hasta llegar al equilibrio.

IV) Se la vuelve a colocar en contacto con la fuente a temperatura T_A , hasta alcanzar el equilibrio.

b) Calcule la variación de entropía del universo durante todo este ciclo ($\Delta S^2_{\text{universo}}$)

c) Haga el cociente entre $\Delta S^1_{\text{universo}}$ y $\Delta S^2_{\text{universo}}$. ¿Cuál de los dos ciclos produjo un mayor aumento de la entropía del universo? ¿Puede sacar alguna conclusión acerca de cómo depende “la eficiencia de la irreversibilidades para obtener S_{universo} ” con la temperatura?

19. Un mol de gas ideal que parte de (T_0, V_0) , se expande contra una presión exterior constante P_{ext} , en contacto térmico con una fuente de calor a T_0 . Calcule la $\Delta S_{\text{universo}}$ en función del volumen alcanzado V , y demuestre que el máximo de $\Delta S_{\text{universo}}$ (con respecto a V) corresponde al valor $V = V_{\text{equilibrio}}$ tal que $P_{\text{ext}} \cdot V_{\text{equilibrio}} = R \cdot T_0$, o sea, que $P_{\text{equilibrio}} = P_{\text{ext}}$.

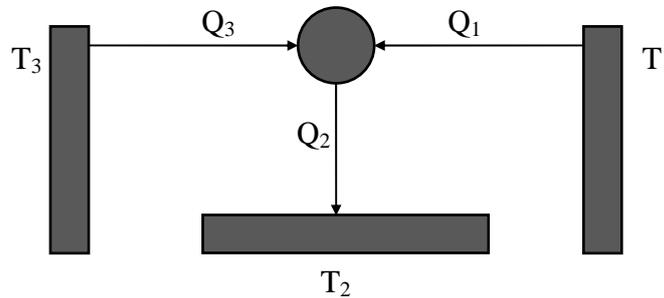
20. Se tiene un mol de gas de Van der Waals:

$$(P + a / V^2) (V - b) = RT$$

para el cual $U = C_V T - a/V + \text{cte}$, que se expande de un volumen V_0 a $2V_0$ contra $P_{\text{ext}} = P_0 = \text{cte}$ en un baño térmico de temperatura T_0 . Calcule las variaciones de entropía del gas, la fuente y el universo, indicando en cada caso si son positivas, nulas o negativas. Compare con un gas ideal.

21. Una heladera “de campo” no recibe trabajo de ningún tipo, y sin embargo extrae calor de una fuente fría a T_1 (el interior de la heladera) y lo entrega al medio ambiente, que se halla a una

temperatura $T_2 > T_1$. Ello es posible porque la máquina térmica trabaja entre 3 fuentes de calor (no es simple) y aunque parezca paradójico, ésta tercera fuente, que en la práctica es cualquier sustancia en combustión, se halla a una temperatura $T_3 > T_2$. El esquema de la máquina es el siguiente:



a) Recordando que $W=0$, calcule la relación que debe haber entre Q_1 , Q_2 y Q_3 .

b) Haciendo la aproximación *grosera* de que la máquina es reversible, utilice la igualdad de Clausius para hallar Q_1 sabiendo que $Q_3 = 1000$ cal y conociendo las temperaturas $T_1 = 200^\circ\text{K}$, $T_2 = 300^\circ\text{K}$ y $T_3 = 1000^\circ\text{K}$.

c) A esta máquina se la puede considerar como una combinación de dos reversibles:

M_1 que trabaja como máquina térmica entre T_3 y T_2 , absorbiendo Q_3 y entregando Q_2' a T_2 y un trabajo W que se utiliza para arrastrar a otra máquina M_2 (frigorífica reversible) que trabaja entre T_2 y T_1 , extrayendo Q_1' de T_1 y entregando Q_2'' a T_2 . Compare Q_1 con Q_1' , y Q_2 con $Q_2' + Q_2''$, respetando la convención de signos: el calor absorbido por la máquina es POSITIVO y el entregado por la máquina es NEGATIVO.

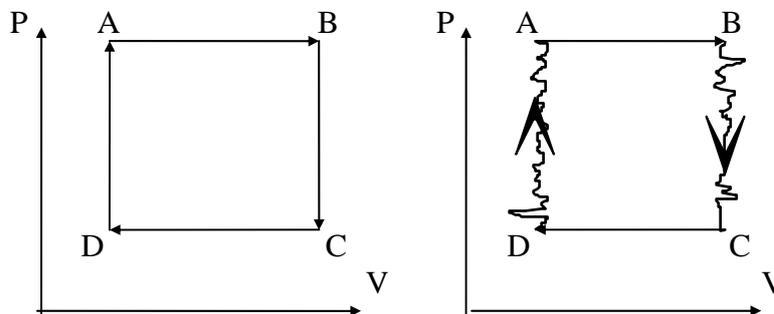
Resp: a) $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$; b) $Q_1 = 1.4$ kcal; c) $Q_1 = Q_1'$; $Q_3 = Q_3'$; $Q_2 = Q_2' + Q_2''$

22. Dos máquinas funcionan usando 1 mol de gas ideal ($C_V = \frac{5}{2} R$) según los ciclos que se muestran en los diagramas P-V.

a) Calcule la eficiencia de ambas máquinas.

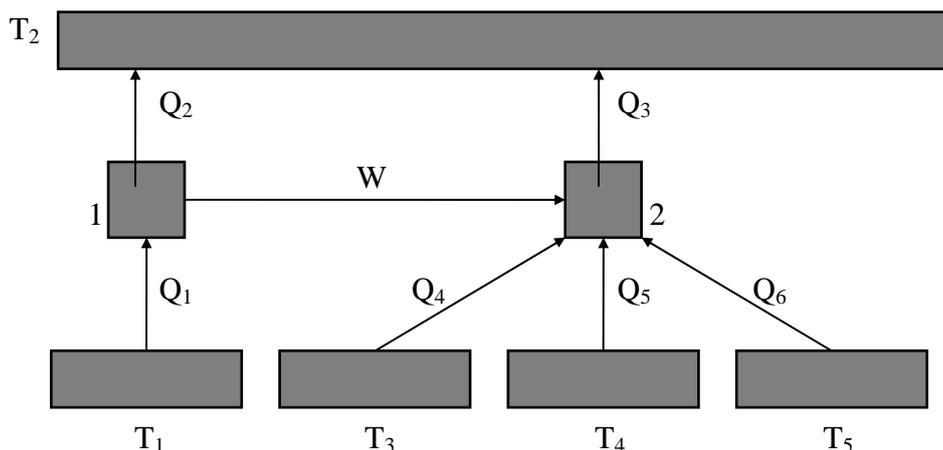
b) Calcule la eficiencia de una máquina de Carnot que funciona entre ambas temperaturas extremas. Compararla con las eficiencias calculadas en el ítem a).

Datos: $P_A = P_B = 2$ atm. ; $P_C = P_D = 1$ atm. ; $V_A = V_D = 1$ litro ; $V_B = V_C = 2$ litros.



Resp: a) $\epsilon = 0.105$ para ambas; b) $\epsilon = 0.75$ (Carnot)

23. Sean las máquinas de la figura. Se sabe que la máquina 2 es reversible.



- a) Halle la eficiencia de la máquina 1.
 b) Calcule la temperatura de la fuente 2.
 c) ¿Es reversible la máquina 1? Justifique.
 d) Calcule la variación de entropía del universo.

Datos: $T_1 = 800^\circ\text{K}$; $T_3 = 150^\circ\text{K}$; $T_4 = 300^\circ\text{K}$; $T_5 = 100^\circ\text{K}$; $|Q_2| = 400 \text{ cal}$; $|Q_3| = 400 \text{ cal}$;
 $|Q_4| = 100 \text{ cal}$; $|Q_5| = 70 \text{ cal}$; $|Q_6| = 10 \text{ cal}$

Resp: a) $\varepsilon = 0.355$; b) $T_2 = 400^\circ\text{K}$; c) no es reversible $Q_1/T_1 + Q_2/T_2 = -0.225 < 0$ (Clausius); d)
 $\Delta S^U = \Delta S^{F2} + \Delta S^{F1} = 0.225 \text{ cal/K}$ (para la máquina 2, reversible $\Sigma \Delta S^{Fi} = 0$)

24. Se tienen n moles de un gas que se expanden adiabáticamente desde un estado inicial (2 atm., 1 litro, 300°K) hasta un estado final (P_f , V_f , T_f).

a) Si el gas es ideal ($C_V = \frac{5}{2} R$) y en el estado final se fija la presión $P_f = 1 \text{ atm.}$, halle V_f y T_f en los siguientes casos:

- I)** la evolución es reversible.
II) la evolución es irreversible y $P_{\text{ext}} = 1 \text{ atm.}$
III) la evolución es irreversible y $P_{\text{ext}} = 0,5 \text{ atm.}$
IV) la evolución es irreversible y $P_{\text{ext}} = 0 \text{ atm.}$

b) Si el gas es ideal y en el estado final se fija el volumen $V_f = 2$ litros, halle P_f y T_f en los cuatro casos planteados en el ítem a).

c) Halle la variación de entropía del gas y del universo en cada una de las evoluciones anteriores.

d) Halle la variación de energía interna y de entalpía del gas en cada evolución.

e) Si el gas es de Van der Waals, ¿es $\Delta T = 0$ en el caso a-IV)?

Resp:

a) **I)** $V_f = 1.64 \text{ l}$, $T_f = 246 \text{ K}$, **II)** $V_f = 1.71 \text{ l}$, $T_f = 257 \text{ K}$, **III)** $V_f = 1.83 \text{ l}$, $T_f = 275 \text{ K}$, **IV)** $V_f = 2 \text{ l}$,
 $T_f = 300 \text{ K}$

b) **I)** $P_f = 0.38 \text{ atm}$, $T_f = 57 \text{ K}$, **II)** $P_f = 0.8 \text{ atm}$, $T_f = 240 \text{ K}$, **III)** $P_f = 0.9 \text{ atm}$, $T_f = 270 \text{ K}$, **IV)** $P_f = 1 \text{ atm}$,
 $T_f = 300 \text{ K}$

c) variación de entropía en unidades atm ml/K.

a) **I)** 0 **II)** 1 **III)** 2.6 **IV)** 4.6

b) **I)** 0 **II)** 0.9 **III)** 2.9 **IV)** 4.6

25. Un recipiente de tapa y paredes adiabáticas que contiene una masa de 1 kg de hielo a 0°C se pone en contacto a través de su base, diatérmica, con una fuente térmica de 100°C hasta que toda el agua se ha convertido en vapor a 100°C.

a) ¿Cuál ha sido la variación de entropía del agua, cuál la de la fuente y cuál la del universo?

b) Si usando el mismo recipiente, la masa de hielo anterior se hubiese calentado desde 0°C hasta convertirlo completamente en vapor a 100°C pero poniéndolo en contacto con una fuente a 50°C y luego con la fuente de 100°C, ¿cambia alguna de las tres respuestas anteriores? En caso negativo, justificar la respuesta; en caso afirmativo, calcular los nuevos valores.

DATOS: $C_{p(\text{agua líquida})} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$; $C_{p(\text{agua vapor})} = C_{p(\text{hielo})} = 0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$; $l_{\text{fus}(\text{agua})} = 80 \text{ cal/g}$;

$l_{\text{vap}(\text{agua})} = 540 \text{ cal/g}$

Resp: a) $\Delta S^{\text{agua}} = 2.05 \text{ kcal/K}$; $\Delta S^F = -1.93 \text{ kcal/K}$; $\Delta S^U = 120 \text{ cal/K}$;

b) $\Delta S^{\text{agua}} = 2.05 \text{ kcal/K}$; $\Delta S^F = -1.98 \text{ kcal/K}$; $\Delta S^U = 70 \text{ cal/K}$.

26. Un recipiente de 10 litros se encuentra dividido por un pistón móvil (ver figura) que separa 1 mol de gas ideal monoatómico de 1 mol de gas de Van der Waals cuya ecuación de estado es

$$PV + a/V = RT,$$

la energía interna es $U(T, V) = c_v T - a/V$ (es decir $dU = c_v dT + aV^{-2} dV$) y $a = 1 \text{ litro}^2 \text{atm}$.

El sistema se pone en contacto con una fuente de temperatura $T_o = 243,9^\circ\text{K}$.

a) Qué volumen ocupa cada gas?

Se destraba el pistón superior realizándose una expansión contra una presión externa $P_{\text{ext}} = 1 \text{ atm}$.

b) ¿Cuáles son los nuevos volúmenes de equilibrio?

c) Calcular la variación de entropía de cada gas y del universo.

27. (Optativo) Haciendo referencia la problema 18 optativo de la serie 7 (“Trabajo, Calor, Energía interna y Entalpía”), utilice los resultados que obtuvo para los estados finales a los que se llega en los procesos irreversible (V_f, T_f) y reversible (V_f', T_f'), respectivamente. El estado inicial en ambos casos es (V_i, T_i).

a) $\Delta S \equiv S(V_f, T_f) - S(V_i, T_i)$. El camino adiabático es irreversible, luego necesita inventar otro camino que haga el proceso (V_i, T_i) → (V_f, T_f) en forma reversible, por ejemplo, una isoterma reversible (V_i, T_i) → (V_f, T_i), seguida de una isocora reversible (V_f, T_i) → (V_f, T_f).

Calcule la variación de entropía como $\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q_R}{T}$ sobre el camino inventado. ¿Será el mismo resultado, cualquiera sea el camino reversible que use?

b) Para el proceso reversible, indique el valor de $\Delta S \equiv S(V_f', T_f') - S(V_i, T_i)$ sin hacer cálculos.

c) Ahora haga el cálculo, usando un procedimiento equivalente al del ítem a), para comprobar su respuesta a b).

d) ¿Coincide ΔS con $\Delta S_{\text{universo}}$ en ambos casos? ¿Por qué?

Física 2 (Biólogos y Geólogos)

SERIE 9

Potenciales termodinámicos

1. Analizar la validez de las siguientes afirmaciones:
 - a) ΔH de un proceso cualquiera es igual al calor neto intercambiado.
 - b) ΔH de un proceso cualquiera es igual al calor neto intercambiado a presión constante.
 - c) El calor neto intercambiado en un proceso es una función de estado.
2. Un sistema termodinámico evoluciona desde un estado **I** hacia un estado **F** en forma reversible y en contacto con una fuente térmica de 300°K . Como consecuencia de la transformación, el medio ambiente recibe 250 cal. en forma de trabajo, y la entropía del sistema aumenta en $0,5 \text{ cal}/^\circ\text{K}$.
 - a) ¿Cuánto vale el calor intercambiado entre el sistema y el medio?
 - b) ¿Cuál es la variación de su energía libre A ?
 - c) ¿Cuál es la variación de su energía interna?
 - d) ¿Cómo cambian sus respuestas a los puntos a), b) y c) si se realiza una transformación irreversible entre los mismos estados?
3. Se sabe que a $T = 300^\circ\text{K}$ y $p = 1 \text{ atm.}$ el sistema del problema (9.2) evoluciona espontáneamente del estado **I** al estado **F**. ¿Qué puede decir acerca de los volúmenes correspondientes a dichos estados?
4. Cuando 1 g. de agua se transforma en vapor a la presión atmosférica, el volumen que ocupa es de 1671 cm^3 . Si el calor latente de vaporización del agua es de $540 \text{ cal}/\text{g}$, calcule ΔV , ΔS , ΔH , ΔA y ΔG .
5. Tomando un diagrama p - T de equilibrio entre fases correspondientes al agua, considere algunas temperaturas características y, manteniéndolas constantes, grafique en forma cualitativa las funciones $G_S(p)$, $G_L(p)$ y $G_V(p)$. En particular, considere la temperatura crítica. ¿Cuál es la característica principal del gráfico en este último caso?
6. A 25°C y 1 atm. de presión, las entropías molares de la calcita y de la aragonita (dos fases del CO_3 cal) son de $22,20 \text{ cal}/^\circ\text{K}$ y de $21,20 \text{ cal}/^\circ\text{K}$ respectivamente. Sus entalpías de formación, en iguales condiciones, son de $-288,45 \text{ kcal}/\text{mol}$ y $-288,49 \text{ kcal}/\text{mol}$.
Determine la variación de G para la transformación calcita-aragonita a 25°C y 1 atm. de presión. ¿Cuál de las dos fases es estable en estas condiciones?

7. Encontrar el ΔS para pasar 1 mol de agua líquida a 25°C (T_1) al estado vapor a la misma temperatura.

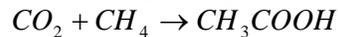
Datos: presión del vapor saturado del agua a $T_1 = 25^\circ\text{C}$: $p_1 = 23,76$ mm. de Hg.

presión del vapor saturado del agua a $T_2 = 100^\circ\text{C}$: $p_2 = 760$ mm. de Hg.

calor de evaporación a la temperatura T_2 : $L_2 = 9720$ cal/mol.

En todo el rango de temperaturas precedente, $C_p = 9$ cal/mol $^\circ\text{K}$ para el vapor, mientras que la capacidad calorífica del líquido es $18,0$ cal/mol $^\circ\text{K}$.

8. ¿En qué rango de temperaturas se puede producir la reacción:



<u>Datos:</u>	CO_2	CH_4	CH_3COOH
H_o (kcal/mol)	-94,05	-17,89	-116,4
S_o (cal/mol $^\circ\text{K}$)	51,06	44,5	38,2

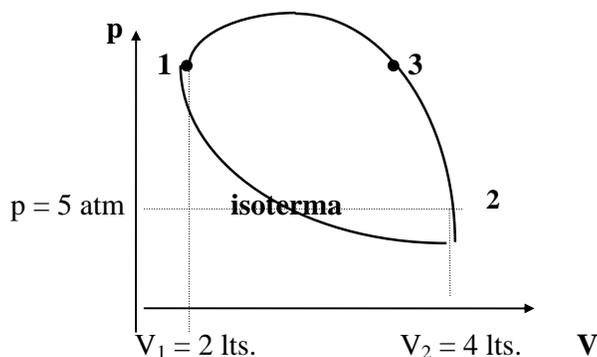
9. Un mol de gas ideal experimenta una expansión isotérmica reversible desde un volumen inicial de 0,5 litros hasta un volumen final de 2,5 litros. Sabiendo que la energía libre A disminuye 1050 calorías en el proceso:

- a) ¿Cuál es la temperatura del sistema?
b) ¿Cuál es la variación de G ?

10. Un mol de gas ideal realiza el ciclo que se muestra en la figura.

Sabiendo que $G_3 = G_2 = 61$ atm. Calcule:

- a) $G_1 - G_3$; b) $S_2 - S_1$; c) $A_2 - A_1$



11. Se tiene un mol de gas ideal confinado en un recipiente a presión P_o . Se lo comprime hasta un volumen V_f en forma reversible e isotérmica. La variación de energía libre es ΔA .

a) Demuestre que la temperatura está dada por la siguiente expresión:

$$T = -\frac{\Delta A}{nR \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)} \quad \text{siendo } V_i \text{ el volumen inicial.}$$

b) Encuentre ΔG en función de ΔA .

12. a) Una pila que trabaja a T y V constantes, sufre una variación de su energía interna de -1000 Joules y una variación de su entropía de $4^{\text{Joules}/\text{°K}}$. La temperatura es de 200°K . ¿Cuál es el límite de trabajo eléctrico que puede haber entregado? ¿Es un máximo o un mínimo?

b) Si la pila entregó 1200 Joules de trabajo eléctrico, ¿cuánto varió la entropía de la fuente de calor a 200°K ? ¿Y la del universo?

13. Una sustancia pasa de la fase **1** a la fase **2**, a temperatura T constante y 1 atm. de presión ($\approx 10^{\text{Nt}/\text{cm}^2}$).

Fase 1: $U_1^* = 1000^{\text{Joule}/\text{mol}}$; $S_1^* = 1^{\text{Joule}/\text{mol}^{\circ}\text{K}}$; $V_1^* = 20^{\text{cm}^3}$.

Fase 2: $U_2^* = 2000^{\text{Joule}/\text{mol}}$; $S_2^* = 5^{\text{Joule}/\text{mol}^{\circ}\text{K}}$; $V_2^* = 2 \cdot 10^4^{\text{cm}^3}$.

a) Utilice la función de estado adecuada para hallar la temperatura de equilibrio de cambio de fase a 1 atm.

b) Halle el calor absorbido de la fuente cuando 1 mol de la sustancia pasa de la fase 1 a la fase 2.