

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

FÍSICA I

Módulo II
Primer semestre 2022

CLASES I-X

CLASE I

Movimiento de rotación un cuerpo rígido respecto de un eje fijo

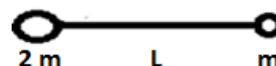
Objetivos de la Clase

- Introducir el modelo cuerpo rígido.
- Presentar el concepto de momento de inercia. Teorema de Steiner.
- Estudiar la dinámica del cuerpo rígido en movimiento de rotación respecto de un eje fijo.
- Estudiar los aspectos energéticos del movimiento de rotación de un cuerpo rígido que rota respecto de un eje fijo.

Ejercicio 1

Objetivo: Determinar el momento de inercia de un sistema de dos masas puntuales.

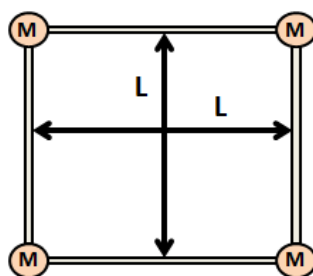
En la figura se observa un sistema constituido por dos esferas, una de masa m y otra de masa $2m$, unidas por una varilla de masa despreciable, ubicadas a una distancia L una de otra. Determinar el momento de inercia respecto de un eje de rotación perpendicular a la varilla que pase por el CM.



Ejercicio 2

Objetivo: Determinar el momento de inercia de un sistema de cuatro masas puntuales respecto de distintos ejes.

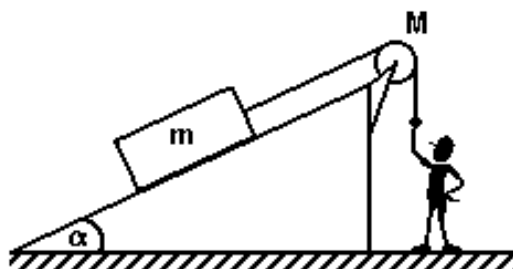
En la figura se observa un sistema constituido por cuatro esferas de igual masa y radio unidas por varillas de masa despreciable, de modo tal de formar un cuadrado rígido. Empleando la definición de momento de inercia encontrar con respecto a qué ejes de rotación el sistema tiene el mayor y el menor momento de inercia. Considerar diferentes ejes que pasen al menos por una de las esferas.



Ejercicio 3

Objetivo: Estudio de la rotación de rígidos simétricos respecto a un eje fijo (poleas con masa). Ejercitar la suma de torques respecto de un eje fijo.

Martín utiliza el dispositivo de la figura para elevar bloques de masa m desde el piso hasta una cierta altura, con aceleración constante. El plano que utiliza es rugoso. En el transcurso de la maniobra se pregunta si la tensión de la cuerda es la misma en ambos lados de la polea.



Si se puede suponer que la masa de la cuerda en este sistema puede despreciarse, la polea es cilíndrica, homogénea y maciza y que la polea tiene masa M , radio r y momento de inercia respecto de un eje que pasa por su centro de masas $I_{CM} = 1/2 MR^2$.

- a) ¿Qué le contestaría? ¿Cómo podría justificar su respuesta? ¿Cambiaría la respuesta si se subiera el bloque a velocidad constante?

Martín desea, también, encontrar la aceleración con que sube el bloque por el plano.

- b) ¿Qué ecuaciones debería plantear?

Por último Martín decide que en lugar de tirar él de la cuerda le va a colgar un cuerpo cuyo peso sea igual a la fuerza que él hizo.

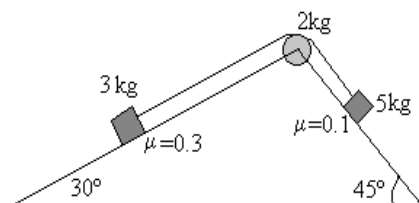
- c) El tiempo que el bloque tardará en llegar a la parte superior del plano, ¿Será *mayor, menor o igual* que el que hubiese tardado si Martín hubiera continuado tirando de la cuerda? Explicar el razonamiento. Plantear las ecuaciones correspondientes.

Ejercicio 4

Objetivo: Estudio de la rotación de rígidos simétricos respecto a un eje fijo vinculado a dos partículas. Ejercitar la suma de torques respecto de un eje fijo

Dos cuerpos de masa 3 y 5kg están unidos por una cuerda que pasa por una polea en forma de disco de 2kg de masa y 20cm de radio. Ambos deslizan sobre planos inclinados de 30° y 45° . Los coeficientes de rozamiento estático entre los cuerpos y los planos inclinados son 0,3 y 0,1 respectivamente. Calcular:

- La aceleración del sistema.
- Las tensiones de la cuerda.
- La velocidad que adquieren los bloques cuando se desplazan 5m a lo largo de los planos inclinados respectivos, partiendo del reposo, utilizando consideraciones energéticas.

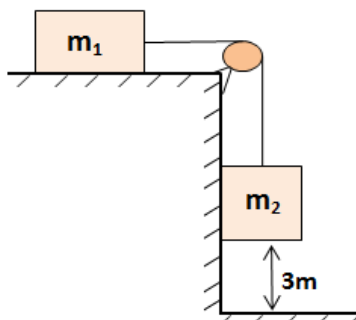


Ejercicio 5

Objetivo: Estudio de la rotación de rígidos simétricos respecto a un eje fijo vinculado a dos partículas. Análisis dinámico y energético. Ejercitar la suma de torques respecto de un eje fijo

En la situación mostrada en la figura,

- ¿Está el sistema en equilibrio si los coeficientes de roce, estático y dinámico, entre m_1 y el plano son 0,2 y 0,15 respectivamente? La polea es un cilindro homogéneo de masa 4kg, mientras que $m_1 = m_2 = 10\text{kg}$.
- Si en esta situación se libera al sistema a partir del reposo desde la posición mostrada en la figura, ¿cómo puede predecir la posición del bloque m_2 para todo tiempo t posterior?
- Escribir la función $r_2(t)$ y realizar un gráfico cualitativo de la misma.
- Indicar qué suposiciones y/o aproximaciones se realizaron para llegar a la respuesta.
- Si en lugar de liberar al sistema desde el reposo se le imprimiera al mismo una velocidad inicial de 2m/s , ¿cómo se modificaría su respuesta b)?
- Obtener, por consideraciones energéticas, la velocidad que tendrá m_2 al entrar en contacto con el piso. Comparar con la velocidad de m_1 para ese mismo instante.
- ¿Podría determinarse el impulso que el piso realiza sobre m_2 ? ¿Qué información adicional necesitaría?

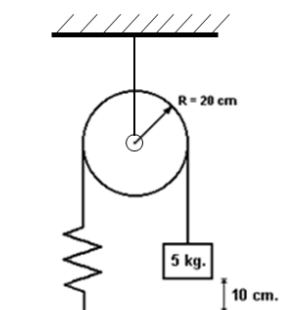


Ejercicio 6

Objetivo: Estudio de sistemas de partículas con vínculos. Trabajo y energía en rígidos en rotación. Problema de integración conceptual. Comparar el grado de dificultad entre los análisis dinámicos y energéticos.

El resorte de la figura, de constante $k=1\text{N/m}$, no está extendido cuando se libera al bloque, permitiéndole caer. La polea por la que pasa la cuerda posee un momento de inercia de $0,8\text{ kg}\cdot\text{m}^2$. Si la posición inicial del bloque es de 10cm respecto del suelo:

- Utilizando conceptos energéticos determinar con qué velocidad llegará el bloque al suelo.
- Plantear las ecuaciones dinámicas que permitirían obtener la misma magnitud.
- ¿Ambos métodos permiten obtener la misma información?



Ejercicio 7

Objetivo: Empleo del concepto del CM de un cuerpo rígido. Trabajo y Energía en rígidos en rotación respecto de un eje fijo. Análisis dinámico.

Una varilla de longitud L y masa m cuelga puede rotar libremente alrededor de un pivote que pasa por uno de sus extremos. Si se la suelta cuando está en posición horizontal, la varilla va a girar alrededor del pivote.

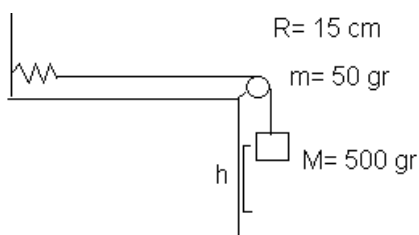
- Determinar la aceleración angular de la varilla en el instante inicial y cuando pasa por el punto más bajo de su trayectoria.
- ¿Cuánto vale la fuerza que hace el pivote sobre la barra en la posición inicial?
- Suponer ahora que la varilla se encuentra inicialmente en posición vertical, con el pivote en su extremo inferior y se la apartara de dicha posición. Al pasar por la posición horizontal ¿cuál de las magnitudes calculadas en a) y b) habrá cambiado?



Ejercicio 8

Objetivo: Aplicar conceptos energéticos.

En el sistema de la figura, el bloque de 500 g se mantiene en reposo cuando el resorte de constante desconocida está en su posición de equilibrio. Se suelta el dispositivo, el bloque desciende 10cm y se detiene momentáneamente por acción del resorte reiniciando el movimiento. Calcular por consideraciones energéticas:

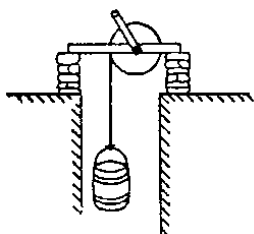


- La constante del resorte
- La velocidad del bloque cuando descendió 5cm.
- La velocidad angular de la polea en ese punto.

Ejercicio 9

Objetivo: Integrar aspectos energéticos y dinámicos en un sistema físico compuesto por un cuerpo rígido que rota respecto de un eje fijo vinculado a una partícula.

El balde de un aljibe, de masa 3kg, cuelga sujeto a una cuerda que está enrollada en un eje cilíndrico apoyado sobre cojinetes sin fricción. La masa del eje es de 4kg y su radio $r=0,4m$. Si se suelta el balde desde el reposo, hallar:

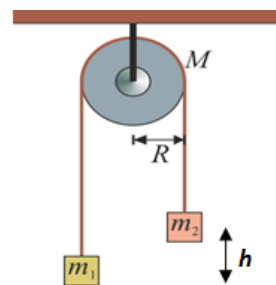


- La tensión de la cuerda.
- Las aceleraciones de los cuerpos.
- Utilizando consideraciones energéticas, la velocidad del balde cuando desciende 3 m. Justificar. El momento de inercia del cilindro respecto de un eje que pasa por su centro de masa es $I_{CM} = \frac{1}{2} M_C r^2$.

Ejercicio 10

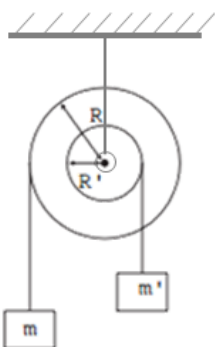
Objetivo: Integrar aspectos energéticos y dinámicos en un sistema físico compuesto por un cuerpo rígido que rota respecto de un eje fijo vinculado con partículas.

Dos masas m_1 y m_2 están unidas por una cuerda ideal, inextensible y sin masa. Esta cuerda pasa por una polea de masa M , que se puede modelar como un cilindro de radio R . La polea no tiene rozamiento que le impida girar en torno a su eje. Determinar la aceleración con la que se mueven las masas m_1 , m_2 , y M y las tensiones en cada tramo de la cuerda. ¿Qué valor tiene la velocidad angular de la polea cuando el cuerpo 2 desciende una altura h ? Suponer que la masa m_1 es menor que m_2 .



Ejercicio 11

Objetivo: Integrar aspectos energéticos, dinámicos y cinemáticos. Incorporar el concepto de suma de momentos de inercia.



El sistema de la figura consta de una polea formada por dos discos coaxiales soldados de masas 550 y 300gr radios $R=8\text{cm}$ y $R'=6\text{cm}$, respectivamente. Dos masas de $m=600\text{gr}$ y $m'=500\text{gr}$ cuelgan del borde de cada disco. Calcular:

- La tensión de la cuerda que sostiene al cuerpo m .
- La aceleración de cada masa y de la polea.
- La velocidad de cada cuerpo cuando el cuerpo de masa m haya descendido 3m partiendo del reposo.

CLASE II

Movimiento de rototraslación un cuerpo rígido

Objetivos de la Clase

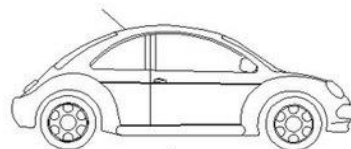
Introducir:

- La dinámica de la roto-traslación de un rígido.*
- Condición de rodadura sin deslizamiento.*
- Trabajo y energía en la rototraslación.*
- Aspectos dinámicos y energéticos relacionados con la fuerza de roce en la rototraslación.*
- Eje instantáneo de rotación.*
- Casos particulares. Equilibrio: Las Condiciones que deben cumplirse para que exista Equilibrio Rotacional.*
- Las Condiciones que deben cumplirse para que exista Equilibrio Traslacional.*

Ejercicio 1

Un automóvil está acelerando y sus ruedas giran sin deslizar sobre el asfalto. Analizar el sentido de las fuerzas que las ruedas del auto hacen sobre el piso y sus reacciones, así como los torques que ellas ejercen, si el auto tiene tracción:

- Delantera
- Trasera



Ejercicio 2

Un cilindro homogéneo de masa m y radio R rueda sin deslizar sobre una superficie horizontal, que empalma con una rampa ascendente inclinada un ángulo θ con respecto a la horizontal. El cilindro alcanza la base de la misma y asciende por ella, también sin deslizar. Hacer un dibujo esquemático de la superficie sobre la que se mueve el cilindro.

- Hacer un diagrama de las fuerzas que actúan sobre el cilindro durante su movimiento en el plano horizontal indicando qué agente las ejerce (antes de decidir si una fuerza está actuando o no sobre el cuerpo analice si el movimiento del cuerpo es consistente con la acción de cada fuerza que haya incluido en el diagrama).
- Ídem durante el ascenso.
- En algún momento, el cilindro se detiene y comienza a rodar cuesta abajo. Hacer el diagrama de las fuerzas que actúan sobre el cilindro durante el descenso.
- Calcular la aceleración lineal del CM en cada uno de los tramos analizados en base a los datos suministrados.
- ¿Cómo interviene la rugosidad de la superficie en el movimiento del cilindro? ¿Cambiaría el tipo de movimiento si la superficie de la pista fuese lisa?
- Plantear el diagrama de las fuerzas que actúan sobre el cilindro cuando éste vuelve a encontrarse sobre la superficie horizontal.
- Repetir d) empleando el concepto *eje instantáneo de rotación*.

Ejercicio 3

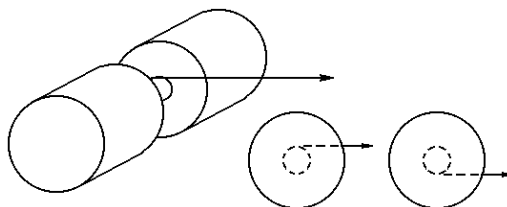
El cilindro del problema anterior se detiene cuando alcanza una altura h respecto del tramo horizontal.

- Calcular qué velocidad tendrá el CM cuando el cilindro regrese al pie del plano.
 - Por consideraciones energéticas, trabajando con el centro de masa.
 - Lo mismo utilizando el concepto de eje instantáneo.
 - Cinemáticamente, utilizando la aceleración calculada en el ejercicio 3.
- Repetir i) e ii) para una esfera.
- ¿Por qué puede utilizarse el principio de conservación de la energía mecánica cuando se analiza una rodadura sin deslizamiento?
- ¿Se conservaría la energía mecánica si hubiera deslizamiento? EXPLICAR.

Ejercicio 4

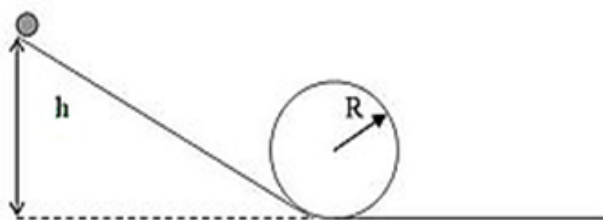
Dos cilindros macizos están unidos por otro, también macizo, corto y de menor radio, como se muestra en la figura. Cuando se enrolla una cuerda en este último, y se tira de la misma manteniéndola paralela al piso, el sistema comienza a rodar.

- Describir qué tipo de movimiento espera que realice el CM. Explicar qué función representaría mejor la posición del CM para tiempos posteriores. Hacer un gráfico cualitativo de posición en función de tiempo.
- ¿Qué sentido tendrá la aceleración angular?
- ¿Las respuestas a las preguntas anteriores dependen de la ubicación de la cuerda? (Ver figura).
- Analizar qué condiciones tienen que cumplirse para que no haya deslizamiento.



Ejercicio 5

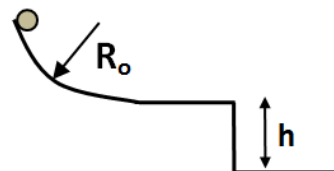
Nuevamente nos ubicamos en una pista que tiene un trayecto en forma de rizo o rulo (loop) (Ver: Clase VII – Ejercicio 4 – Módulo I). Pero ahora, en lugar de tener una pelotita que podemos modelar como partícula, tomamos el modelo de cuerpo rígido. Si analizamos la velocidad de la pelotita en el punto más bajo, ¿es la misma que cuando utilizábamos el modelo de partícula? Analizar por medio de consideraciones energéticas. El momento de inercia de la esfera respecto del centro de masas es: $I_{CM} = \frac{2}{5} m R^2$.



Ejercicio 6

Una esfera de masa M y radio R parte del reposo desde la posición indicada en la figura, y rueda sin deslizar por una pista. Ésta, consiste en un tramo circular y luego un tramo horizontal situado a una altura h por encima del piso.

- Identificar qué fuerzas actúan sobre la esfera,
 - Mientras recorre el primer tramo (circular)
 - Cuando se mueve en el tramo horizontal
 - Después de dejar la pista horizontal y antes de llegar al suelo
- ¿Cuál es la energía mecánica cuando llega al tramo horizontal?
- ¿A qué distancia (horizontal) del fin de la pista choca la esfera con el piso?
- ¿Cuál es la velocidad de la esfera en el instante inmediatamente anterior a su choque con el piso?
- Si esta situación se diese en la superficie de Marte ¿cambiaría alguna de sus respuestas?



Ejercicio 7

Un cilindro macizo y uno hueco ruedan sin deslizar partiendo del reposo, desde la parte superior de un plano inclinado un ángulo α y una altura H . En el extremo inferior el centro de masa del primero tiene más velocidad que el otro, aún si los dos cilindros tienen el mismo radio y la misma masa.

- ¿Es esto una violación de la conservación de la energía? Fundamentar a partir de las ecuaciones correspondientes.

Los momentos de inercia de cada cuerpo respecto del centro de masas son:

Cilindro macizo $= \frac{1}{2}Mr^2$

Cilindro hueco $= Mr^2$

- Hacer un diagrama de Fuerzas para cada uno de los cuerpos.
- ¿Cuál es la condición para que ruede sin deslizar?
- Hallar la aceleración del centro de masa de cada cuerpo. Justificar por qué no son iguales.

Ejercicio 8

Un aro de 3,13m de radio que tiene una masa de 137kg rueda sin deslizar a lo largo de un piso horizontal de modo que su centro de masa tiene una velocidad de 0,153m/s. ¿Cuánto trabajo debe realizarse sobre el aro para detenerlo?

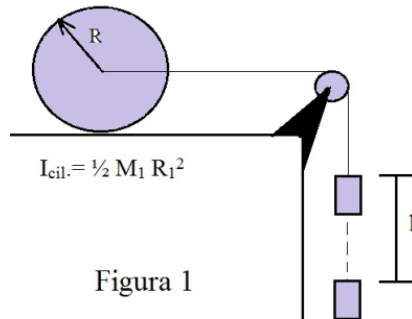
Ejercicio 9

Un cilindro macizo homogéneo de 10kg cuelga del techo por un hilo enrollado en su periferia. Su radio es de 25cm y su momento de inercia es $I_{CM} = \frac{1}{2}mr^2$. Se lo libera desde el reposo. Determinar su aceleración y la tensión de la cuerda.

Ejercicio 10

Un cilindro de masa M rueda sin deslizar y está unido a una masa m por una cuerda que pasa por una polea de masa despreciable (ver figura).

- Indicar las fuerzas que actúan sobre el cilindro y sobre la masa m .
- Plantear las ecuaciones dinámicas necesarias para calcular la aceleración del centro de masas y despejarla.
- ¿Cuál es la condición de rodadura sin deslizamiento?
- ¿Cómo se denomina el punto "O" de contacto entre la superficie y el cilindro? ¿Por qué?
- Enunciar el teorema de trabajo y energía para un movimiento de rototraslación.
- Hallar la velocidad del sistema cuando la masa m ha descendido una altura h . (utilizando métodos energéticos).



Ejercicio 11

Un camión debe transportar una caja más alta que ancha con un contenido frágil (cuyo CM coincide con su centro geométrico). El camino por donde transita el camión tiene muchas curvas y el conductor no teme que la caja deslice, porque la superficie es suficientemente rugosa. En cambio, sí teme que la caja vuelque. Por ello comienza a hacer hipótesis sobre esta posibilidad para calcular la velocidad máxima con que tomar cada curva.

Determinar si dicha velocidad dependerá de:

- la masa de la carga.
- de su espesor.
- de su altura.
- de la relación entre el espesor y la altura.
- del coeficiente de roce.
- del radio de la curva.

Ejercicio 12

Un portón de 1700kg y de dimensiones según se muestra en la figura, está sostenido en la pared por medio de las bisagras A y B. Su centro de gravedad coincide con su centro geométrico. Calcular las componentes vertical y horizontal de la fuerza que hace la pared sobre las bisagras.

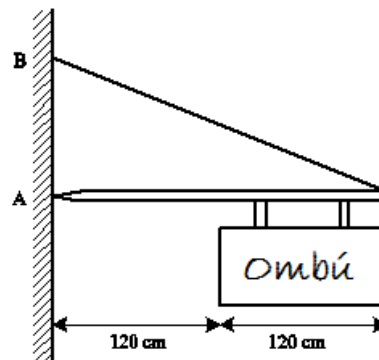


NOTA: el soporte inferior establece un vínculo "simple", esto es, sólo ejerce una fuerza horizontal.

Ejercicio 13

El letrero de una posada pesa 1000N, está colgado como se muestra en la figura. El brazo que lo soporta, pivotado en la pared, pesa 500N, el sistema está mantenido por un cable que no puede someterse a una tensión superior a 2000N.

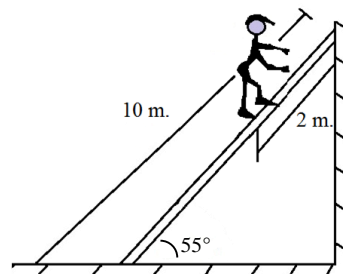
- Hacer un diagrama de las fuerzas sobre el brazo.
- Calcular la distancia mínima AB.
- ¿Cuál es, en estas condiciones, la fuerza que hace la pared sobre el soporte en A?



Ejercicio 14

La escalera de la imagen tiene 10 m de longitud y 200 N. de peso. Descansa sobre un piso horizontal, apoyándose además sobre una pared lisa.

- Realizar el diagrama de fuerzas.
- Calcular la fuerza de roce hecha por el piso sobre la escalera para evitar que la misma resbale cuando un hombre que pesa 600 N se encuentra a 2 m del extremo superior de la misma.
- Si el coeficiente de roce es 0.3, ¿se mantiene la escalera sin resbalar?



Ejercicio 15

Un operario se apoya 10 cm por encima de la mitad de una heladera como indica la figura, realizando sobre ella una fuerza de 150 N en dirección horizontal, las dimensiones de la heladera son 1 metro de ancho por 1,8 metros de altura, la masa de la heladera es de 70 Kg. Y el coeficiente de roce estático máximo entre la heladera y el piso es de 0,4; a) ¿corre riesgo de que la vuelque?, ¿dónde se ubica la normal? b) ¿Habrà un límite en la fuerza con la que pueda apoyarse? c) ¿Qué pasa con la ubicación de la normal, se modifica en función de la magnitud de la fuerza?



CLASE III

Principios de Conservación

Objetivos de la Clase

- Trabajar el Principio de Conservación del Momento Cinético de sistemas combinados
- Trabajar con el Principio de Conservación de la Cantidad de Movimiento de sistemas combinados.
- Trabajar con el Principio de Conservación de la energía cinética de sistemas combinados.

Ejercicio 1

En un incendio Ud. necesita cerrar rápidamente la puerta de una habitación para aislarla del humo y se encuentra imposibilitado de alcanzar el picaporte. Dispone de una pelota de goma y de un trozo de igual masa de masilla.

- ¿Cuál de los cuerpos le arrojaría (con la misma velocidad) para conseguir su objetivo? (Suponer por simplicidad que la dirección de incidencia es normal a la puerta, y que la masilla queda pegada a la puerta luego del impacto, mientras que la pelota sufre un choque perfectamente elástico).
- Tomando como sistema la puerta. ¿En qué parte de la puerta conviene que impacte el objeto lanzado? Explicar el razonamiento.

Ejercicio 2

Un hombre está de pie en el centro de una plataforma circular (sin fricción), manteniendo sus brazos extendidos horizontalmente con una pesa en cada mano y girando alrededor de un eje vertical con velocidad angular de 2 rev/s. El momento de inercia del sistema plataforma + hombre respecto de este eje es de 10 kg m^2 . Cuando el hombre acerca las pesas hacia su cuerpo, el momento de inercia disminuye a 4 kgm^2 .

- ¿Cuál es entonces la nueva velocidad angular de la plataforma?
- ¿Cuál es la variación de la energía mecánica experimentada por el sistema?
- ¿Cómo se explica físicamente este cambio en la energía mecánica?

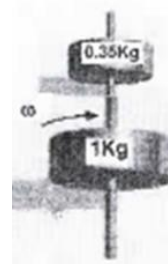
Ejercicio 3

Una mujer de 60kg está parada en el borde de una calesita (sin roce) de 1m de radio que se encuentra en reposo y cuyo momento de inercia respecto de su eje es $I=500\text{kg.m}^2$. La mujer comienza a caminar por el borde de la calesita en el sentido de las agujas del reloj con una rapidez constante de 1,5m/s respecto del suelo. ¿En qué dirección y con qué velocidad angular se moverá la calesita?

Ejercicio 4

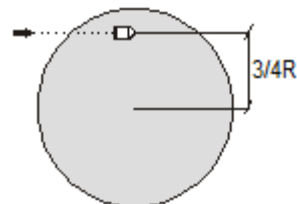
Un disco de masa $m_1=1\text{kg}$ y $r_1=0,3\text{m}$ que gira con $\omega=33\text{rpm}$ se acopla a otro de masa $m_2=350\text{g}$ y $r_2=0,15\text{m}$ en reposo. Los ejes de rotación de ambos discos coinciden. $\text{Cilindro macizo}=\frac{1}{2}Mr^2$

- Calcular la velocidad angular después del acople para cada masa.
- Determinar si la energía cinética antes y después del acople, se conserva.



Ejercicio 5

Un disco (masa $M=4\text{kg}$ y momento de inercia respecto de un eje perpendicular al dibujo y que pasa por el CM $I=\frac{1}{2}MR^2$) se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal de roce despreciable, cuando es atravesado a una distancia $d=\frac{3}{4}R$ de su CM, por un proyectil de masa $m=0,2\text{kg}$ y velocidad $v=40\text{m/s}$ en la forma indicada en la figura. $R=0,8\text{ m}$



El proyectil atraviesa el disco, saliendo con una energía cinética final igual a $\frac{1}{4}$ de la energía cinética inicial.

- ¿Qué tipo de movimiento efectuará la plataforma después del impacto con el proyectil?
- Analizar si se conserva o no la cantidad de movimiento y el momento cinético respecto del centro de masas del sistema. Indicar cuál es el sistema físico elegido.
- Determinar la velocidad de rotación y de traslación de la plataforma.
- Si se repite la experiencia pero con la única diferencia de que la plataforma esté pivoteada en su centro de masas, varían las respuestas anteriores?

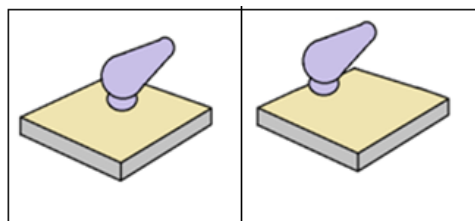
Ejercicio 6



Una varilla homogénea de 1200gr y 60cm de longitud, se encuentra en reposo sobre una mesa, en un plano horizontal. Entre ella y la mesa el roce puede considerarse despreciable. La varilla no está sujeta a ningún tipo de vínculo con la mesa. Un pequeño trozo de masilla de 10gr avanza hacia ella perpendicularmente a su eje con una velocidad de 10m/s . Determinar el movimiento del conjunto varilla masilla, posterior al impacto, si la misma queda pegada a 15cm del cm del centro de masa de la varilla de la varilla. Dar los valores de la velocidad del centro de masas de la varilla y su velocidad de rotación.

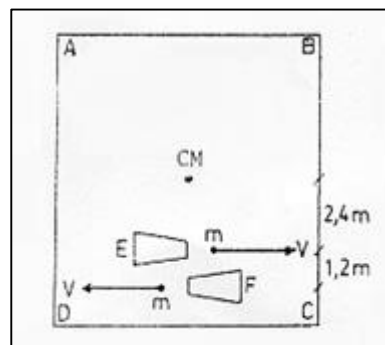
Ejercicio 7

- En las heladas estepas de Siberia, un grupo de soldados imperiales rusos realizó el siguiente experimento: un cañón (de 2tn) montado sobre su plataforma rectangular (5m de lado y de 20tn), dispara un proyectil de 50kg a 200m/s respecto de tierra. En la primera parte de la experiencia, se montó el cañón en el centro de la plataforma, paralelo a uno de los lados. Calcular el movimiento subsecuente del proyectil y del sistema cañón-plataforma luego del disparo, si el ángulo de tiro fue de 30° . Explicar claramente el movimiento del centro de masa ($I_{C.M.}=m \cdot l^2/6$). Justificar adecuadamente.
- Luego de realizarse la experiencia anterior, se dispone el cañón sobre uno de los bordes, manteniéndose el resto de las condiciones. Responder las mismas preguntas que se formularon en a). Justificar adecuadamente.



Ejercicio 8

El rectángulo de la figura representa una plataforma de madera que descansa, inicialmente en reposo, sobre la superficie de un lago helado. Dos cañones E y F, fijos a la plataforma y orientados en sentidos opuestos, disparan simultáneamente dos proyectiles de masa $m=73\text{kg}$ con velocidades iniciales $v=240\text{m/s}$. El momento de inercia de la plataforma y de los cañones respecto de un eje trazado perpendicularmente al diagrama y que pasa por el centro de masa, es $I_{CM}=10.505\text{ kg m}^2$.



- Enunciar y aplicar el Principio de Conservación de la Cantidad de Movimiento y el Principio de Conservación del Momento Cinético (Momento de la cantidad de Movimiento).
- ¿Qué tipo de movimiento efectuará la plataforma después del disparo? Determinar la velocidad de rotación y de traslación de la plataforma.
- Verificar si el sistema conserva o no su energía cinética. Fundamentar.

Ejercicio 9

Una patinadora sobre hielo ($m=50\text{kg}$) se encuentra en reposo con sus brazos extendidos inmediatamente al terminar su show. Un admirador arroja perpendicularmente a su brazo una caja de bombones de 1kg con una velocidad de 5m/s , la cual es atrapada por la mano de la patinadora. Considerar que la posición del CM del sistema coincide con el CM de la bailarina.

- Enunciar los Principios de Conservación de la cantidad de Movimiento Lineal y Angular
- Calcular las variables cinemáticas que describen el movimiento de la patinadora un instante posterior a atrapar la caja. El momento de inercia de la patinadora respecto de su eje vertical es $2,5\text{kg.m}^2$ y la distancia entre su mano y el eje de rotación $0,85\text{m}$.
- ¿Se conserva la energía cinética del sistema Patinadora-Caja? Justificar.

Ejercicio 10

Una bala de 20g que se mueve horizontalmente con velocidad v choca y queda incrustada en el extremo inferior de una varilla de 20cm de longitud y $0,5\text{kg}$. La varilla se encuentra inicialmente en reposo en posición vertical, suspendida por un pivote ubicado en su extremo superior alrededor del cual puede girar libremente.

- Calcular la velocidad mínima de la bala para que la varilla gire un ángulo de 180° .
- Calcular la energía mecánica perdida en la colisión.
- ¿Se conserva la cantidad de movimiento del sistema bala + varilla en la colisión? En caso contrario, ¿qué agente externo ejerce una fuerza sobre el sistema? ¿Qué dirección tiene esta fuerza?
- Ídem a), pero en el caso de que la velocidad de la bala forma un ángulo de 30° con la horizontal.

CLASE IV

Fluidos ideales en reposo

Objetivos de la Clase

- Introducir nociones de elasticidad estática en sólidos.
- Introducir el modelo de fluido ideal.
- Estudiar fluidos ideales en equilibrio: Teorema general de la hidrostática. Principio de Arquímedes.

Ejercicio 1

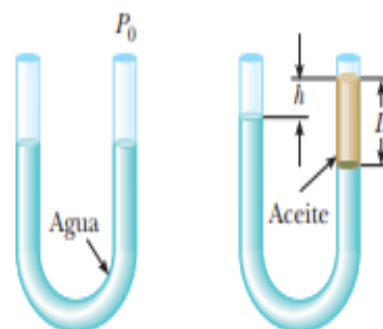
Un alambre de 135,00 m de largo y de $4 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ de sección es estirado hasta alcanzar una longitud de 135,07 m.

- Calcular la deformación del alambre.
- Si el alambre es de cobre, ¿cuál es el esfuerzo necesario para producir esta deformación? El módulo de Young del cobre es de $Y = 10 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$.
- ¿Cuál es la tensión del alambre estirado?

Ejercicio 2

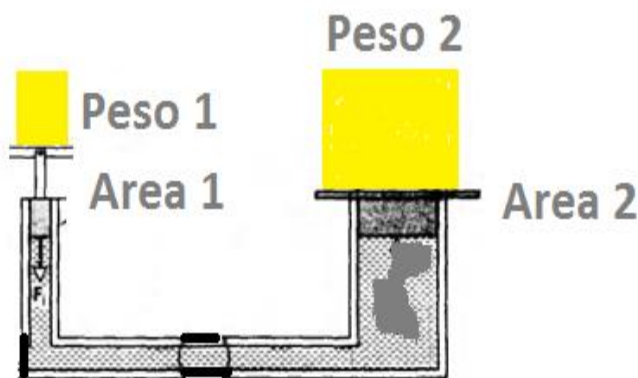
Para determinar la densidad (ρ_{ac}) de un aceite no miscible con el agua se utiliza un tubo en U, que tiene dos ramas graduadas con sus extremos abiertos. Se introduce el agua en una de las ramas, y luego, por la misma rama, se introduce el aceite. Luego se mide la posición de la superficie libre del agua (ésta queda al nivel de graduación 21,20cm de la escala de una de las ramas); la del aceite, en la graduación 28,80cm de la otra rama y la de separación entre los dos líquidos en la graduación 12,50cm.

Con los datos anteriores determinar la densidad del aceite.



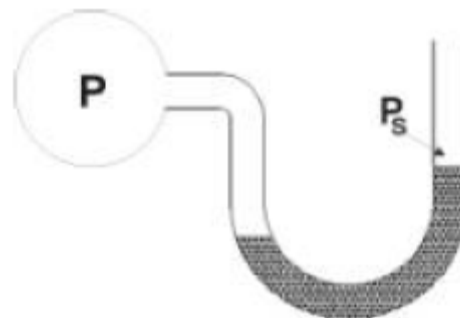
Ejercicio 3

La figura muestra una vista esquemática de un gato hidráulico empleado para elevar diversos elementos. Dentro de los cilindros hay fluido hidráulico. Si sobre el cilindro pequeño se coloca un peso de 35 Newtons, y el área de este es de 2 cm^2 , cuál será el peso máximo que podrá levantar en el otro cilindro si su área es de 240 cm^2 .



Ejercicio 4

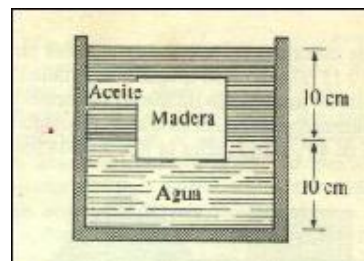
Un manómetro de mercurio de tubo abierto (en forma de U) tiene su rama izquierda conectada a un recipiente.



- Cuando la presión manométrica P dentro del recipiente es de $0,16 \times 10^5 \text{ Pa}$, ¿cuál es la altura de la rama derecha si la altura de la rama izquierda con respecto a la parte inferior del tubo es de $0,22 \text{ m}$?
- ¿Cuáles son las alturas cuando la presión manométrica es de $0,32 \times 10^5 \text{ Pa}$? En este caso, ¿cuánto vale la presión absoluta dentro del recipiente si la presión atmosférica P_s es de $1,05 \text{ atm}$? Densidad del mercurio 13600 kg/m^3 .

Ejercicio 5

Un bloque cúbico de madera de 10 cm de arista flota entre dos capas de aceite y agua, estando su cara inferior 2 cm por debajo de la superficie de separación. La densidad del aceite es $0,6 \text{ g/cm}^3$.



- ¿Cuál es la masa del bloque?
- ¿Cuál es la presión manométrica en la cara inferior del bloque?

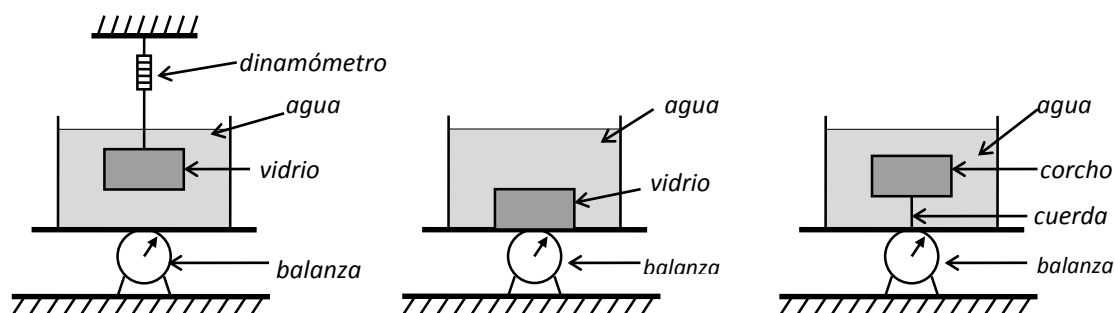
Ejercicio 6

Calcular la aceleración inicial de un objeto de 90 kg colgado de 45 globos de He de $1,7 \text{ m}$ de diámetro, una vez que se corta la amarra a la que está sujeto. Despreciar el empuje del aire sobre el objeto. Considerar la densidad del aire como $1,29 \text{ kg/m}^3$.

Ejercicio 7

En los dispositivos esquematizados a continuación, analizar las fuerzas aplicadas sobre cada parte del sistema, indicando qué agente las ejerce y sobre quién se ejercen las reacciones. La lectura de la balanza inferior ¿es la misma en los tres casos? Si la respuesta es SÍ, justificar. Si la respuesta es NO, ¿cuál es la mínima cantidad de datos que debería conocer para determinar cuál será la lectura de la balanza en cada uno de los casos y cuál la lectura del dinamómetro?

NOTA: Indicar claramente cuál o cuáles son los sistemas objeto de análisis en cada caso.



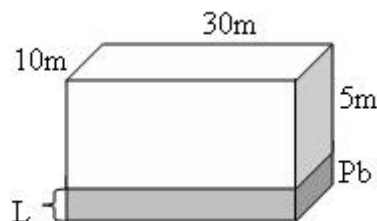
Ejercicio 8

La figura muestra un bloque de madera al cual se le agrega una capa de plomo, ¿Qué altura tendrá que tener esa capa para que el conjunto flote justo al ras en una pileta de agua?

Madera: $\rho_M = 0,9 \text{ g/cm}^3$

Plomo: $\rho_P = 11,3 \text{ g/cm}^3$

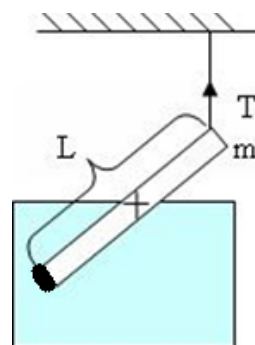
Agua: $\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$



Ejercicio 9

Una barra uniforme de 3,6 m de longitud que pesa 120 N está en equilibrio, suspendida mediante una cuerda, de un extremo, como muestra la Figura. Del otro extremo cuelga un cuerpo de pequeño volumen que pesa 60 N. La mitad inferior de la barra está sumergida en agua:

- Hacer un diagrama de fuerzas que accionan sobre la barra.
- Hallar la tensión de la cuerda y el empuje.
- Hallar el volumen de la barra.



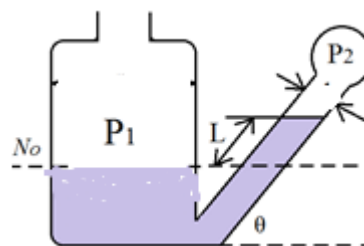
Ejercicio 10

Una piedra de 1kg de masa que cuelga de un dinamómetro se encuentra suspendida bajo la superficie del agua, siendo la indicación del dinamómetro de 7,8 N.

- ¿Cuál es la fuerza de empuje que ejerce el agua sobre la piedra?
- Si el recipiente con agua colocado sobre una balanza pesa 9,8 N, ¿cuál será la indicación de la balanza cuando la piedra (sin el dinamómetro) esté suspendida debajo de la superficie del agua mediante un hilo?

Ejercicio 11

El manómetro de un tubo inclinado (ver figura) es utilizado para medir pequeñas diferencias de presión. Difiere de los manómetros comunes por la inclinación θ del tubo de diámetro d . Si el fluido utilizado es aceite, de densidad $0,8 \text{ g/cm}^3$, encontrar el valor de θ tal que el desplazamiento sea de 5 cm cuando la diferencia de presiones ($p_1 - p_2$) es de $0,001 \text{ atm}$.



CLASE V

Fluidos ideales en movimiento

Objetivos de la Clase

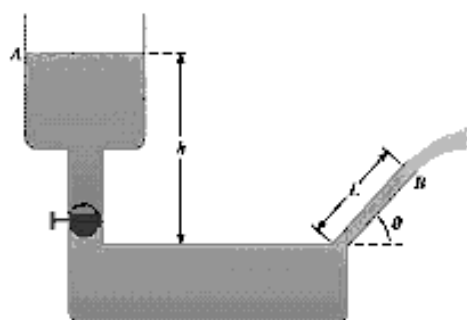
- Estudiar la dinámica de fluidos ideales.
- Introducir la noción de flujo estacionario y la ecuación de continuidad.
- Introducir el Teorema de Bernoulli y sus aplicaciones.

Ejercicio 1

La figura muestra un tanque de agua con una válvula en su caño de salida. Cuando la válvula se abre:

- a) ¿Cuál es la máxima altura que puede alcanzar el chorro de agua que emerge del caño de la derecha?

Suponer que $h=10$ m, $L=2,0$ m y $\theta = 30.0^\circ$, y que la sección normal del área en A es mucho mayor que en B (explicar cómo emplea esta suposición).



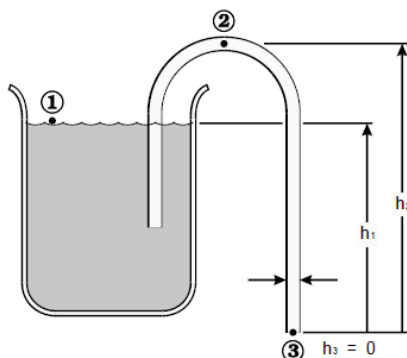
- b) ¿Cuál es el alcance del chorro de agua?
c) ¿Cuál es el caudal a la salida del caño si el mismo tiene un diámetro de 15 cm?

Ejercicio 2

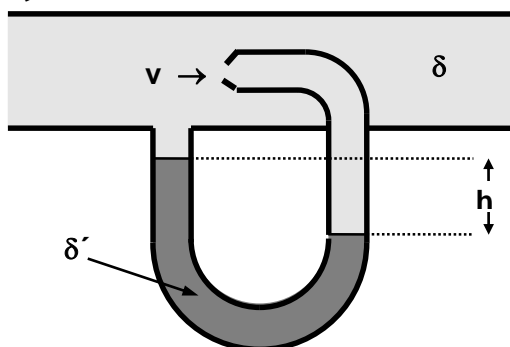
Se usa un sifón para drenar agua de un tanque (o de alguno de los pozos que abundan en las ciudades, y que se han realizado para hacer los cimientos de una vivienda multifamiliar después de alguno de los aguaceros que suelen asolarlas), como se indica en la figura. El sifón tiene un diámetro uniforme d (por ejemplo una manguera).

- a) Encontrar la expresión para el caudal en el extremo inferior del tubo.
b) ¿Existe algún límite en la altura del punto 2 con relación a las alturas de los puntos 1 y 3 que impida el funcionamiento del sifón?
c) ¿Si el límite se alcanza al querer vaciar recipiente? ¿A qué recurriría para vaciarlo?

NOTA: Explicitar las aproximaciones que ha tenido que realizar para responder a) y b).



Ejercicio 3



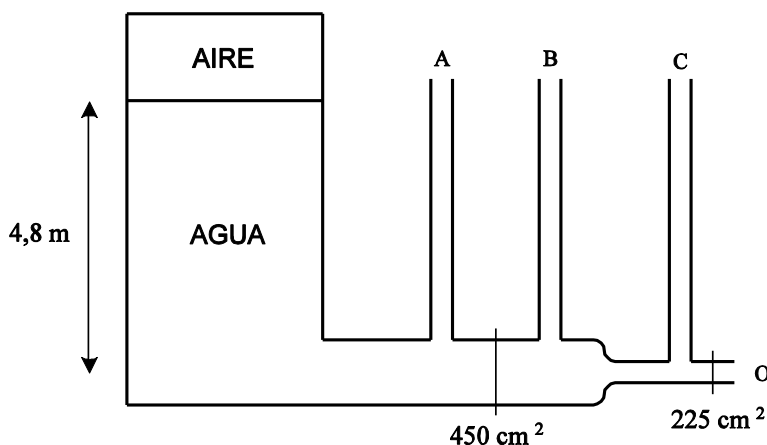
La figura muestra una variante del tubo de Pitot empleada para medir la velocidad v en el seno de un fluido de densidad ρ . Calcular v en función del desnivel h entre las dos ramas del manómetro y la densidad ρ' del fluido manométrico.

NOTA: Pregunte al docente a cargo por el programa que simula un sistema en movimiento en un fluido y permite realizar "medidas" con un tubo de Pitot.

Ejercicio 4

La altura del agua salada ($\rho=1025\text{kg/m}^3$) en un depósito cerrado de gran sección es de 4,8m. Un tubo horizontal parte del fondo del depósito, disminuyendo su sección desde 450cm^2 hasta 225cm^2 , en la forma indicada en la figura. El tubo tiene tres prolongaciones verticales A, B y C, abiertas a la atmósfera. La presión manométrica del aire comprimido contenido en el depósito es $0,28\text{kg/cm}^2$ (¿a cuántos Pascal equivale?)

- Si el tubo está abierto en el punto O, ¿qué altura alcanza el nivel de agua en cada uno de los vasos A, B y C?
- Explicar claramente qué suposiciones y aproximaciones sobre el tipo de flujo y de fluido se realizaron para poder determinar analíticamente dichas alturas. Suponer, además, que el intervalo de tiempo en el que hace la observación es suficientemente corto de modo que la altura del agua en el depósito y la presión del aire por encima de la superficie de aquella se pueden considerar constantes.



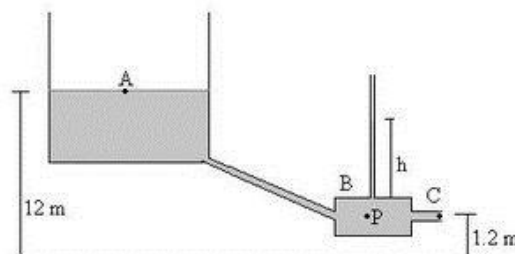
Ejercicio 5

- Un gran tanque de almacenamiento ubicado a ras de tierra se llena hasta una altura h_0 . Si se le hace un orificio a una altura h medida desde el piso (con $h < h_0$), ¿cuán lejos del tanque tocará tierra el chorro? Averiguar si variaría la respuesta en caso de tratarse de un fluido no ideal.
- Si el orificio se fuera achicando el chorro sólo se afinaría hasta un cierto punto y luego comenzaría a *gotear*. ¿Puede explicar por qué? ¿De qué dependerá el tamaño de las gotas?

Ejercicio 6

Del depósito A de la figura sale agua continuamente pasando través de depósito cilíndrico B por el orificio C. El nivel de agua en A está a una altura de 12 m sobre el suelo. La altura del orificio C es de 1,2m sobre el suelo. El radio del depósito cilíndrico B es 10cm y del orificio C es 4cm. Calcular:

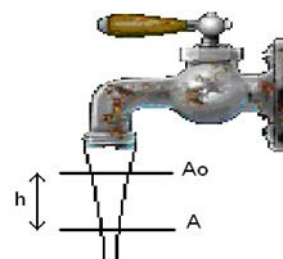
- La velocidad del agua que sale por el orificio C.
- La presión del agua en el punto P del depósito pequeño B.
- La altura h del agua en el manómetro abierto vertical.



DATO: la presión atmosférica es 101293 Pa.

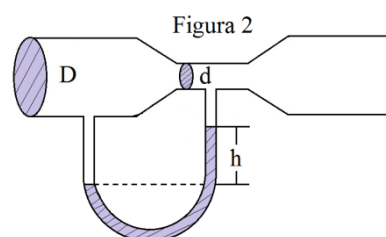
Ejercicio 7

La figura muestra cómo se angosta al caer la corriente de agua que sale de un grifo. El área de la sección transversal A_0 es 1,2 cm² y la de A es de 0,35 cm². Los dos niveles están separados por una distancia vertical h de 45mm, ¿en qué cantidad fluye agua de la llave?



Ejercicio 8

El dispositivo que se muestra en la figura es un ejemplo de un tubo de Venturi, el cual es empleado para medir la velocidad de un fluido a partir de una diferencia de presión. El tubo principal tiene diámetros $D=25$ cm y $d=12,5$ cm, y por este circula aire. Las presiones manométricas en cada sección son de 56×10^3 N/m² y 42×10^3 N/m², respectivamente.



- Calcular la velocidad del aire en cada tramo del tubo.
- Calcular el caudal del aire que circula por cada tramo del tubo.
- Si el fluido manométrico es mercurio de densidad $\rho = 13600$ Kg/m³, calcular h .

Ejercicio 9

Un avión que pesa 2400N y cuyas alas tienen una superficie de 3.34m² cada una, se desplaza de modo que la velocidad del aire respecto del ala es de 61m/s en la parte superior de la misma y de 45.67m/s en la parte inferior. ¿Puede determinar con los datos disponibles si el

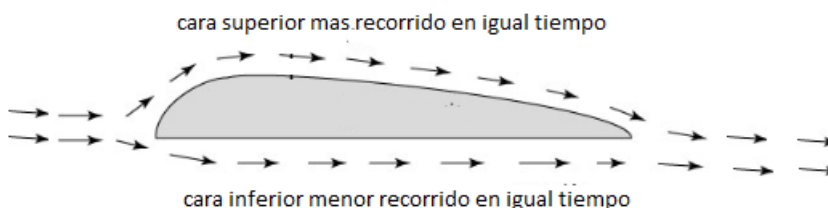
avión está sustentado?

Usar para el aire

$\rho = 1.29$ kg/m³.

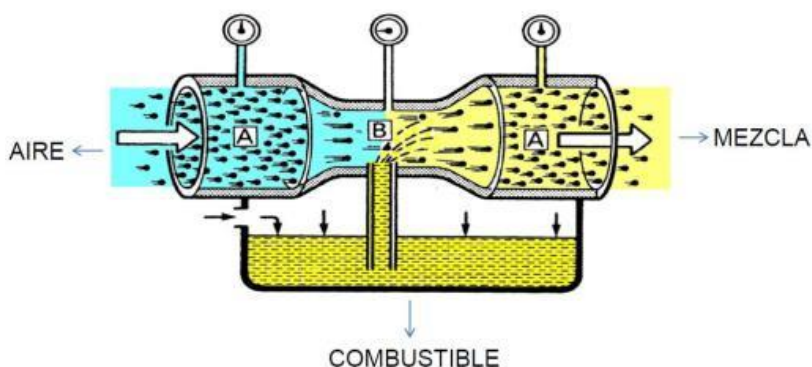
Aclare qué

aproximaciones tienen que deben cumplirse para que las ecuaciones que emplea sean válidas.



Ejercicio 10

La figura muestra el principio de funcionamiento de un carburador de un auto. En este caso el tubo de Venturi permite generar la mezcla carburada (aire y combustible) que posteriormente ingresará en los cilindros para la combustión. a) Explicar cómo es posible realizar la mezcla del aire que ingresa por A, con el combustible ubicado en el reservorio inferior. b) Si en aire entra a 60 km/h, ¿en qué proporción se debe reducir el área en la sección B con respecto a A, para que la diferencia de presiones entre estos puntos sea 500 Pa? c) ¿Se puede aplicar el teorema de Bernoulli entre un punto a la entrada y otro a la salida del carburador?



CLASE VI

Fenómenos Ondulatorios

Objetivos de la Clase

- Estudiar ondas viajeras y estacionarias.
- Estudiar sonido. Efecto Doppler.

Ejercicio 1

La ecuación de una onda transversal que viaja por una cuerda tensa está dada por:

$$Y(x, t) = 0,03m \operatorname{sen} (2,2 m^{-1} x - 3,5 s^{-1} t)$$

- ¿En qué dirección se propaga esta onda y con qué velocidad?
- Determinar la longitud de onda, la frecuencia y el período de esta onda
- ¿Cuál es el desplazamiento máximo de cualquier segmento de la cuerda?
- ¿Cuál es la velocidad máxima de cualquier segmento de la cuerda?

Ejercicio 2

Una barra de acero transmite ondas longitudinales por medio de un oscilador acoplado a uno de sus extremos. La barra tiene un módulo de Young de $20 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$, un diámetro de 4mm y una densidad de 7850 kg/m^3 (estas cantidades dependen del material de la barra), la amplitud de las oscilaciones es de 0,1mm y la frecuencia es de 10 oscilaciones por segundo. Encontrar:

- La velocidad de propagación de las ondas;
- La ecuación de las ondas que se propagan a lo largo de la barra, considerando que para $x = 0$ y $t = 0$ el desplazamiento del punto vale 0,05 mm. Determinar para esta condición la fase inicial.

Ejercicio 3

Se agita el extremo de una cuerda con una frecuencia de 10 Hz y una amplitud de 4 cm. Si la perturbación se propaga con una velocidad de 0,25 m/s, dar la expresión que representa el movimiento que realiza la cuerda (considere la fase inicial igual a cero).

Ejercicio 4

La mínima frecuencia que el oído humano puede distinguir como sonido es de 20 Hz. y la máxima es de 20000 Hz. ¿Cuál es la longitud de onda de cada una de ellas en el aire?

Ejercicio 5

Una cuerda que posee una densidad lineal de masa igual a $4 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$, se encuentra fija en ambos extremos. La cuerda está sometida a una tensión de 360 N. Si se conoce que la frecuencia correspondiente al cuarto armónico es 375 Hz.

- ¿Cuál es la frecuencia de resonancia fundamental?
- ¿Cuál es la longitud de la cuerda?

Ejercicio 6

Una cuerda vibra de acuerdo con la ecuación: $y(x, t) = 20 \sin\left(\frac{\pi}{6}x\right) \cos(10\pi t)$ donde x e y vienen expresados en centímetros y t en segundos.

- Calcular la longitud de onda, la amplitud y la velocidad de las ondas componentes, cuya superposición puede dar lugar a la onda dada.
- ¿Qué distancia hay entre nodos de la onda estacionaria?
- ¿Cuál es la velocidad de oscilación de un punto de la cuerda en la posición $x = 5$ cm y en el tiempo $t = 0,25$ s?
- ¿Se transporta energía en dicha onda?

Ejercicio 7

El sonido emitido por los murciélagos tiene una longitud de onda de 3,5 milímetros.

- ¿Cuál es su frecuencia en el aire?
- ¿A qué distancia del murciélago se encuentra un objeto, sabiendo que el animal recibe la onda reflejada 1,1 segundos después de haber sido emitida?

Ejercicio 8

En un tubo de órgano abierto, de longitud 150 cm, calcular la frecuencia fundamental, el segundo armónico y el tercer armónico. Considerar la velocidad de transmisión del sonido 340 m/s.

Ejercicio 9

En un tubo de órgano cerrado en un extremo, de longitud 300 cm, calcular la frecuencia fundamental, el tercer armónico y el quinto armónico. ¿Si el tubo hubiese estado abierto en su extremo, cambiarían estas frecuencias?

Ejercicio 10

Un conductor que viaja en auto rumbo al norte por una autopista conduce a una velocidad de 25 m/s. Un auto de policía que viaja en dirección sur a una velocidad de 40 m/s se aproxima sonando su sirena, la que emite un sonido de frecuencia de 2500 Hz.

- ¿Depende la velocidad de propagación de la onda de la velocidad a la que se mueve el automóvil y/o el auto de policía?
- ¿Qué frecuencia percibe el automovilista conforme se acerca el auto de policía?
- ¿Qué frecuencia es detectada por el conductor del automóvil después que el auto de policía lo pasa?
- Repetir los pasos b) y c) suponiendo que el auto de policía también viaja hacia el norte.

Ejercicio 11

Un murciélago que persigue un insecto emite ultrasonidos a una frecuencia de 55 kHz. El murciélago se mueve con $V_m = 13$ m/s y el insecto con $V_i = 2,4$ m/s, ambos en la misma recta y no hay viento apreciable. Calcular en estas condiciones

- la frecuencia con que llegan las ondas al insecto.
- la frecuencia que detectara el murciélago para las ondas reflejadas en el insecto.

Ejercicio 12

La ecuación del segundo armónico de una onda estacionaria en una cuerda de 10m de longitud sometida a una tensión de 50N está dada por

$$y(x, t) = 8 \sin(0,2\pi x) \cos(20\pi t)$$

Con x expresada en m, y en cm y t en s.

- Hallar la máxima velocidad de vibración de un punto cualquiera de la cuerda en este modo.
- Determinar la frecuencia, la amplitud, la longitud de onda y la velocidad de propagación de las ondas viajeras cuya interferencia produce la onda estacionaria en esta cuerda.
- Calcular la densidad lineal de masa.
- Escribir la ecuación de onda que representa la vibración estacionaria de la cuerda en el modo fundamental.

Ejercicio 13

Una fuente puntual emite ondas sonoras con una potencia de 80 W.

- Encontrar la intensidad a una distancia de 5 m de la fuente.
- Encontrar la distancia a la cual el sonido se reduce en 10 dB. La intensidad de referencia I_0 es igual al umbral de audición, 10^{-12} W/m^2 .

CLASE VII

Termodinámica I

Objetivos de la Clase

- *Analizar a la materia como un sistema de partículas.*
- *Introducir los conceptos de variables intensivas y extensivas.*
- *Introducir las nociones de temperatura, energía interna y calor.*
- *Introducir el Principio Cero de la termodinámica.*
- *Introducir el concepto de dilatación térmica de sólidos.*
- *Introducir mecanismos de transferencia de energía en forma de calor.*
- *Introducir el Primer Principio de la Termodinámica.*
- *Introducir y reforzar los conceptos trabajo (área bajo la curva en un diagrama PV) y calor como procesos de transferencia de energía.*

NOCIONES INTRODUCTORIAS:

Los conceptos introducidos en el módulo I y en las primeras del módulo II, nos permiten caracterizar sistemas cuya evolución temporal queda totalmente definida si se conocen su estado inicial (determinado por un número finito de vectores posición y vectores velocidad) y las interacciones que sobre ellos se ejercen (fuerzas y torques exteriores). Cuando se intenta estudiar sistemas de muchas partículas que no mantienen su forma (líquidos y gases) esta descripción resulta compleja (se requerirían del orden de 10^{25} coordenadas y velocidades para describir el estado de un litro de alcohol) y para muchas aplicaciones innecesaria, dado que sólo sería de interés conocer el comportamiento del sistema como un todo, es decir el comportamiento *macroscópico* (recordar lo visto para fluidos).

La referencia a la naturaleza microscópica de la materia nos ayuda a entender los observables (magnitudes medibles) macroscópicos. Estos observables son más accesibles por su mayor estabilidad temporal. En el tiempo que se tarda en realizar la medida de la presión en un líquido a una cierta profundidad los átomos del sistema realizan movimientos extremadamente rápidos y complejos. Si pensáramos en una medida rápida como la obtenida por medio de una cámara de video (cada cuadro se obtiene en $1/24$ de segundo) los átomos de cualquier sólido experimentarían en ese mismo tiempo del orden de 10 millones de vibraciones.

Para relacionar el comportamiento microscópico con el macroscópico se deben utilizar métodos estadísticos que permiten calcular los valores medios de las magnitudes dinámicas en lugar de los valores individuales exactos para cada componente del sistema.

Con lo anterior *in mente* ¿cuál es el objeto de estudio de las clases que nos quedan, es decir de la **Termodinámica**?

Vamos a estudiar las consecuencias macroscópicas de los movimientos microscópicos de los átomos que constituyen los distintos materiales. Nos va a interesar aprender cómo manipular inteligentemente materiales para obtener formas *útiles* de energía. Para este último fin deberemos realizar un análisis energético de los sistemas de interés.

Para simplificar el tratamiento en este curso vamos a tratar con sistemas macroscópicamente homogéneos e isotropos, eléctricamente neutros y químicamente inertes que no están sometidos a interacciones eléctricas o magnéticas. Nuestros sistemas serán suficientemente grandes como para poder despreciar los efectos de superficie. En este curso, además, como una primera aproximación a la descripción de la materia vamos a emplear el modelo de sistema de partículas con el que hemos trabajado anteriormente.

Equilibrio Termodinámico

Experimentalmente se observa que en todo sistema termodinámico, **S**, existen unos estados privilegiados denominados **estados de equilibrio**, tales que son estables en el tiempo y continúan siéndolo cuando se aísla el sistema o cualquier subsistema (parte) del mismo.^{1*} Esto implica que el sistema esté en:

- i) Equilibrio mecánico (visto en el curso).
- ii) Equilibrio químico (las sustancias del sistema no reaccionan químicamente entre sí).
- iii) Equilibrio térmico: las diferentes partes del sistema están todas a la misma temperatura.

Entonces equilibrio termodinámico implica que se cumplan simultáneamente los tres tipos de equilibrio. Todo subsistema de un sistema en equilibrio se encuentra en un estado de equilibrio.

Variables termodinámicas.

Las variables termodinámicas de un sistema **S** son los distintos parámetros asociados a su composición química y a las magnitudes físicas macroscópicas que lo caracterizan en los estados de equilibrio.

Parte de estas variables, como son por ejemplo la presión P y el volumen V de un fluido, la masa, la densidad, la aceleración de la gravedad, etc. se introducen en otras áreas de la Física distintas de la Termodinámica.

Existen algunas variables como son la temperatura T , la entropía S , etc., que introduciremos en el contexto de la Termodinámica.

La ecuación que liga las variables termodinámicas de un sistema se denomina **ecuación de estado**. Todo sistema termodinámico tiene su propia ecuación de estado, aunque en ocasiones ésta puede resultar difícil de expresar mediante ecuaciones matemáticas sencillas. La más conocida de estas ecuaciones es la que relaciona la presión, el volumen y la temperatura en los gases ideales.

Variables intensivas y extensivas.

Las variables termodinámicas aditivas, en el sentido de que su valor en un sistema es siempre la suma de sus valores en cada uno de los subsistemas en que pueda descomponerse el sistema

¹ Tenga en cuenta que la definición de estado de equilibrio no implica que estos sólo existan en los sistemas aislados. Únicamente se exige que estos estados sigan siendo estables en el tiempo cuando se aísla el sistema o cualquier subsistema del mismo.

en estudio se denominan variables extensivas. Por ejemplo el volumen, la masa, los números de moles de las especies químicas que componen el sistema, etc.

Las variables definidas localmente en cada punto del sistema, tales que en cada subsistema homogéneo tienen el mismo valor, se denominan variables intensivas. Por ejemplo la presión, la densidad, etc.

Las variables extensivas pueden expresarse en función de sus valores por unidad de masa (denominándose entonces variables específicas) o bien en función de sus valores por mol, (denominándose entonces variables molares). Tanto las variables específicas como las variables molares **son variables intensivas**. Es decir el volumen o la masa de un sistema depende de la cantidad de materia que lo constituye, pero la densidad o el volumen específico sólo dependen de la calidad (la clase) de materia que lo constituye (hierro, agua, DNA).

*Recuérdese que un mol de una sustancia contiene un número de átomos o moléculas igual al número de Avogadro ($N_A = 6,023 \times 10^{23}$).

Si V es el volumen de un sistema homogéneo formado por N moles de una sustancia pura de masa m , el volumen molar es: $\nu = \frac{V}{N}$ y el volumen específico es: $\nu' = \frac{V}{m}$

Si definimos que M es su peso molecular, la masa puede expresarse como: $m = N M$

Entonces, ν y ν' están relacionadas por: $\nu = M \nu'$.

Ligaduras

Todo sistema **S** se encuentra en general sometido a un conjunto de condiciones restrictivas para las variables termodinámicas. Esas condiciones son impuestas por la naturaleza de las paredes que separan a **S** del medio exterior, por la naturaleza de las paredes que separan a los distintos subsistemas de **S** entre sí, o por el tipo de interacción que el medio exterior puede tener con **S**. **Estas condiciones restrictivas se denominan ligaduras**, y se llaman externas si las impone el medio exterior o las paredes que lo separan de **S**. Las ligaduras se denominan internas en el caso de que las impongan las paredes que separan entre sí a los distintos subsistemas de **S**.

En particular, se dice que el **sistema es cerrado** cuando **S** está rodeado de una pared impermeable². Esta le impide intercambiar materia con el medio exterior. En caso contrario se dice que el sistema es abierto.

Se dice que el **sistema es aislado** cuando **S** está rodeado de una pared que no permite ningún tipo de intercambio con el medio exterior.

Escalas termométricas

En todo cuerpo material la variación de la temperatura va acompañada de la correspondiente variación de otras propiedades medibles, de modo que a cada valor de aquélla le corresponde

² Nótese que pueden existir paredes semipermeables, que solo permiten pasar a través de ellas a ciertas especies químicas de entre todas las que componen el sistema, por lo que no evitan completamente su contacto respecto al intercambio de materia con el medio exterior.

un solo valor de ésta. Tal es el caso de la longitud de una varilla metálica, de la resistencia eléctrica de un metal, de la presión de un gas, del volumen de un líquido, etc. Estas magnitudes cuya variación está ligada a la de la temperatura se denominan propiedades termométricas, porque pueden ser empleadas en la construcción de termómetros.

Para definir una escala de temperaturas es necesario elegir una propiedad termométrica que reúna las siguientes condiciones:

- La expresión matemática de la relación entre la propiedad y la temperatura debe ser conocida.
- La propiedad termométrica debe ser lo bastante sensible a las variaciones de temperatura como para poder detectar, con una precisión aceptable, pequeños cambios térmicos.
- El rango de temperatura accesible debe ser suficientemente grande.

- Escala Celsius

Una vez que la propiedad termométrica ha sido elegida, la elaboración de una escala termométrica o de temperaturas lleva consigo, al menos, dos operaciones; por una parte, la determinación de los puntos fijos o temperaturas de referencia que permanecen constantes en la naturaleza y, por otra, la división del intervalo de temperaturas correspondiente a tales puntos fijos en unidades o grados.

El científico sueco Anders Celsius (1701-1744) construyó por primera vez la escala termométrica que lleva su nombre. Eligió como puntos fijos el de fusión del hielo y el de ebullición del agua, tras advertir que las temperaturas a las que se verificaban tales cambios de estado eran constantes a la presión atmosférica. Asignó al primero el valor 0 y al segundo el valor 100, con lo cual fijó el valor del grado centígrado o grado Celsius ($^{\circ}\text{C}$) como la centésima parte del intervalo de temperatura comprendido entre esos dos puntos fijos.

- Escala Fahrenheit

En los países anglosajones se pueden encontrar aún termómetros graduados en grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). La escala Fahrenheit difiere de la Celsius tanto en los valores asignados a los puntos fijos, como en el tamaño de los grados. Así al primer punto fijo se le atribuye el valor 32 y al segundo el valor 212. Para pasar de una a otra escala es preciso emplear la ecuación:

$$t(^{\circ}\text{F}) = 1,8 \cdot t(^{\circ}\text{C}) + 32$$

donde $t(^{\circ}\text{F})$ representa la temperatura expresada en grados Fahrenheit y $t(^{\circ}\text{C})$ la expresada en grados Celsius o centígrados.

- Escala Kelvin

La escala de temperaturas adoptada por el SI es la llamada escala absoluta o Kelvin. En ella el tamaño entre grado y grado es el mismo que en la Celsius, pero el cero de la escala se fija en el $-273,16^{\circ}\text{C}$. Este punto llamado cero absoluto de temperaturas es tal que a dicha temperatura desaparece la agitación molecular, por lo que, según el significado que la teoría cinética atribuye a la magnitud temperatura, no tiene sentido hablar de valores inferiores a él. El cero absoluto constituye un límite inferior natural de temperaturas, lo que hace que en la escala Kelvin no

existan temperaturas bajo cero (negativas). La relación con la escala centígrada viene dada por la ecuación:

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273,16$$

siendo $T(K)$ la temperatura expresada en grados Kelvin o simplemente en Kelvin.

Expansión térmica de sólidos

La expansión térmica de un objeto es consecuencia de los cambios que se producen en la separación promedio entre los átomos o las moléculas que lo constituyen. Si la expansión térmica de un objeto es suficientemente pequeña comparada con las dimensiones iniciales del objeto, el cambio que se produce en cualquiera de sus dimensiones es proporcional al cambio de la temperatura.

$$L_f = L_i (1 + \alpha (T_f - T_i))$$

donde L_i y L_f representan la longitud inicial y final, T_i y T_f la temperatura inicial y final y α es el coeficiente promedio de expansión lineal para un material determinado y tiene unidades de $(^{\circ}C)^{-1}$.

Si transferimos calor a un alambre tenemos la ecuación anterior, si la dilatación se realiza en dos dimensiones, o sea una chapa la ecuación se convierte en:

$$A_f = A_i (1 + \beta (T_f - T_i))$$

donde β es el coeficiente de dilatación superficial y es igual a 2α , A_f es la superficie final, A_i es la superficie inicial, T_f es la temperatura final y T_i es la temperatura inicial.

Si la transferencia de calor se realiza sobre un cuerpo de volumen determinado la ecuación queda:

$$V_f = V_i (1 + \delta (T_f - T_i))$$

donde δ es el coeficiente de dilatación cúbica del material que es igual a 3α , donde V_f es el volumen final, V_i es el volumen inicial, T_f es la temperatura final y T_i es la temperatura inicial.

Tabla de coeficientes de dilatación lineal para distintos materiales:

Aluminio	$23 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$
Cobre	$17 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$
Hierro	$12 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$
Oro	$13 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$
Plata	$17 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$
Platino	$9 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$
Plomo	$29 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$
Vidrio	$9 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$
Estaño	$27 \times 10^{-6}[1/^{\circ}C]$

Ejercicio 1

a) Completar la siguiente tabla:

°C	°F	K
100		
	20	
		0

- b) ¿Cuál será la temperatura en la que el grado centígrado coincide con el grado Fahrenheit?
c) ¿Qué es mayor, un grado centígrado, un grado Fahrenheit o un Kelvin?

Ejercicio 2

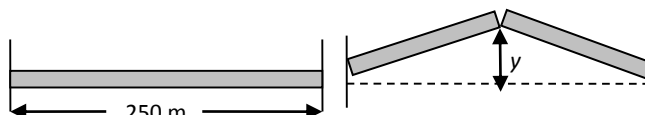
Una barra de metal de 5 metros de longitud a 18°C, cuando se calienta a 80°C sufre un incremento de longitud de 0,0015 metros. ¿Cuál es el coeficiente de dilatación lineal del metal?

Ejercicio 3

La longitud de un puente de hierro es de 1000 metros. Tiene un extremo fijo y el otro libre sobre rodillos. ¿Cuánto se desplaza ante un cambio de temperatura de 10°C a 45°?

Ejercicio 4

Se colocan dos tramos prefabricados de hormigón en un puente de 250m de longitud, de manera que no queda espacio para una posible expansión. Si se produce un aumento de temperatura de 20°C ¿cuánto mide la altura “y” a la que se levantan ambos tramos al deformarse?



Ejercicio 5

Una vidriera de 10 metros cuadrados sufre en verano una elevación de temperatura de 25°C, ¿Cuál será la superficie final después de sufrir esa elevación de temperatura?

Ejercicio 6

Un objeto macizo de vidrio a 20°C tiene un volumen inicial de 700 centímetros cúbicos. ¿Cuál será su volumen a una temperatura de 100°C?

Ejercicio 7

Un recipiente de vidrio lleno de mercurio a 68 °F es calentado hasta 212 °F. En la operación se derraman 2,688 cm³ de mercurio. Si ($\beta_V = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/°C}$ y $\beta_{Hg} = 18 \cdot 10^{-5} \text{ 1/°C}$), calcular el volumen inicial del recipiente.

Ejercicio 8

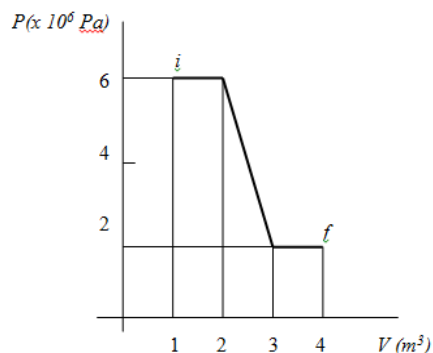
A una barra de cobre de 1kg que está a presión atmosférica y a 20 °C, se le aumenta la temperatura a 80°C poniéndola en contacto con una fuente térmica.

- ¿Qué modificaciones macroscópicas se observarán en la barra?
- ¿Cuál sería el modelo microscópico adecuado para analizar la situación?
- ¿Qué trabajo realiza el cobre sobre la atmósfera durante el proceso de calentamiento?
- ¿Qué cantidad de energía en forma de calor se transfiere de la fuente térmica al cobre?
- ¿Cuál es el incremento de la energía interna del cobre?
- Si los extremos de la barra estuvieran empotrados en una estructura de hormigón ¿variarían sus respuestas anteriores? Explique su razonamiento.

*Datos del Cu que podría necesitar: Coeficiente de dilatación lineal: $14 \times 10^{-6} [1/^\circ\text{C}]$
Densidad: $8,02 \times 10^3 [\text{kg./m}^3]$ Calor específico: $387 [\text{J/kg.K}]$*

Ejercicio 9

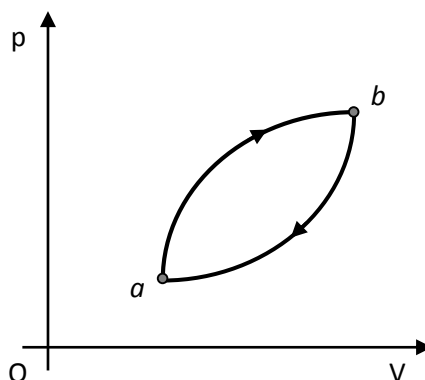
- Determinar el trabajo realizado sobre un fluido que se expande desde i hasta f como se indica en la figura.
- ¿Cuánto trabajo se realiza sobre el fluido si se lo comprime desde f hasta i a lo largo de la misma trayectoria?



Ejercicio 10

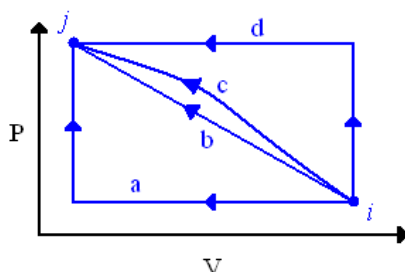
Un sistema físico recorre el ciclo de la figura, del estado a al b y de regreso al a. El valor absoluto de la transferencia de calor durante un ciclo es de 7200 J.

- ¿El sistema absorbe o desprende calor cuando recorre el ciclo en la dirección indicada en la figura?
- ¿Qué trabajo W efectúa el sistema en un ciclo?
- Si el sistema recorre el ciclo en dirección antihoraria, ¿absorbe o desprende calor en un ciclo? ¿Qué magnitud tiene el calor absorbido o desprendido en un ciclo antihorario?



Ejercicio 11

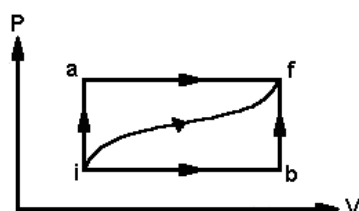
¿En cuál de las trayectorias entre el estado i y el estado f que se muestran en figura siguiente se realiza el máximo trabajo en el gas?



Ejercicio 12

Cuando se hace pasar un sistema del estado i al estado f, siguiendo la trayectoria i-a-f en el plano PV, se encuentra que los procesos calor (Q_{if}) y trabajo (W_{if}) generan transferencias de energía con el entorno de valor absoluto 50 cal y 20 cal, respectivamente.

- Analizar, de acuerdo con el primer principio de la termodinámica, si dichos procesos aumentan o disminuyen la energía interna del sistema.
- ¿Cuál sería la energía transferida por el proceso trabajo si se pasara del estado i al f siguiendo la trayectoria i-b-f (en el plano PV) y se determinara experimentalmente que la energía transferida por el proceso calor es de $Q_{ibf} = 36$ cal? ¿El proceso trabajo en este caso transferiría energía desde o hacia el sistema (disminuiría o aumentaría la energía interna del mismo)?
- Si luego se pasa del estado f al i siguiendo una nueva trayectoria, tal que a través del proceso trabajo se transfieren 13 cal entre el sistema y el entorno, ¿cuál sería la energía transferida en forma de calor en dicha trayectoria? En este caso, ¿el proceso calor transfiere energía desde o hacia el sistema?
- Si la energía interna del sistema en el estado i fuera $U_i = 10$ cal, calcular la energía interna U_f que tendría el estado f.
- Si la energía interna del estado b fuera $U_b = 22$ cal, calcule la energía que se transferiría al sistema por el proceso calor en los trayectos i-b y b-f.
- La energía transferida por cada uno de los procesos, Q y W, al pasar del estado i al f siguiendo la trayectoria i-a-f ¿será igual o distinta a la transferida por cada uno de dichos procesos cuando el sistema pasa del estado i al f siguiendo la trayectoria i-b-f? Explicar el razonamiento.
- La variación de la energía interna del sistema al pasar del estado i al f siguiendo la trayectoria i-a-f ¿será igual o distinta a la experimentada por el sistema al pasar del estado i al f siguiendo la trayectoria i-b-f? Explicar el razonamiento.



Ejercicio 13

Una plancha aisladora térmica tiene 100 cm^2 de área y 2 cm de espesor y su conductividad térmica es $2 \times 10^{-4} \text{ cal}/(\text{s } ^\circ\text{C cm})$. Si la diferencia de temperaturas entre caras opuestas se mantiene a $100 ^\circ\text{C}$, calcular la cantidad de energía que atraviesa la plancha en un día.

Ejercicio 14

Una barra, de sección transversal $A = 2 \text{ cm}^2$, consta de dos partes: una de cobre de longitud 30 cm y otra de acero de longitud 20 cm . La superficie lateral de la barra está térmicamente aislada. El extremo de acero se encuentra en una mezcla de hielo en fusión y agua y el extremo de cobre en un baño de vapor. ¿Cuál es la temperatura en la unión de los dos metales?

Ejercicio 15

- Calcular la rapidez con que el cuerpo emite calor a través de la ropa de un esquiador, si se conocen los siguientes datos: la superficie corporal mide $1,80 \text{ m}^2$ y el espesor de la ropa es de $1,2 \text{ cm}$; la temperatura de la piel es 33°C , en tanto que la superficie externa de la ropa tiene una temperatura de $1,0 ^\circ\text{C}$; la conductividad térmica de la ropa es $0,040 \text{ W/mK}$.
- ¿Cómo cambiaría la respuesta si, después de una caída, la ropa del esquiador se empapara con agua? Suponga que la conductividad térmica del agua es $0,60 \text{ [W/mK]}$.

CLASE VIII

Termodinámica II

Objetivos de la Clase

- *Introducir el concepto de gas ideal*
- *Aplicar el Primer principio de la termodinámica a sistemas que pueden modelarse como gases ideales.*
- *Estudiar distintos procesos termodinámicos*
- *Introducir el concepto de ciclo termodinámico.*
- *Introducir el concepto de rendimiento de un ciclo termodinámico.*

Ejercicio 1

- Un mol de un gas ocupa un volumen de 10 litros a 1 atm. ¿Cuál es su temperatura?
- El recipiente que contiene el gas está provisto de un pistón móvil y el gas se pone en contacto con una fuente térmica que está a una temperatura mayor que la determinada en a). Al alcanzar el sistema el equilibrio el volumen del gas es de 20 litros. ¿Cuál es su temperatura en grados Kelvin?, ¿y en grados Celsius?
- El pistón se fija y se le transfiere al gas energía en forma de calor hasta que su temperatura alcanza los 350 K. ¿Cuál es su presión?

Ejercicio 2

Un tanque de 3 litros contiene aire a 3 atm y 20°C. El tanque se sella y enfría hasta que la presión es de 1 atm.

- ¿Qué temperatura tiene ahora el gas en grados Celsius? Suponga que el volumen del tanque es constante.
- Si la temperatura se mantiene en el valor determinado en la parte a) y el gas se comprime, ¿qué volumen tendrá cuando la presión vuelva a ser de 3 atm?

Ejercicio 3

En un recipiente cerrado de tres litros de capacidad hay nitrógeno a 27 °C y a 3 atm de presión. El recipiente se pone en contacto con una fuente térmica. Después que el sistema llega al estado de equilibrio, la presión dentro del recipiente aumentó alcanzando 25 atm. Determinar la energía transferida al nitrógeno en forma de calor y la temperatura final del mismo.

Ejercicio 4

10g de argón, ($PM=40\text{g/mol}$) se hallan inicialmente a 3 atm y 300 K. El gas sufre una transformación hasta llegar a 1 atm y 200 K. Hallar el trabajo, el calor y la variación de energía interna para las siguientes transformaciones que llevan el gas desde su estado inicial a su estado final:

- Presión constante seguida de volumen constante.
- Volumen constante seguida de presión constante
- Temperatura constante, volumen constante
- Volumen constante, temperatura constante.

Para cada caso grafique en un diagrama P - V las características del proceso.

Ejercicio 5

Una muestra de 2 moles de un gas ideal con $\gamma=C_p/C_v = 1,40$ se expande lentamente de manera adiabática desde una presión de 5 atm y un volumen de 12 litros hasta un volumen final de 30 litros.

- ¿Cuál es la presión final del gas?
- ¿Cuáles son las temperaturas inicial y final del gas?
- Calcular el calor, el trabajo y la variación de energía interna ocurridos durante el proceso.

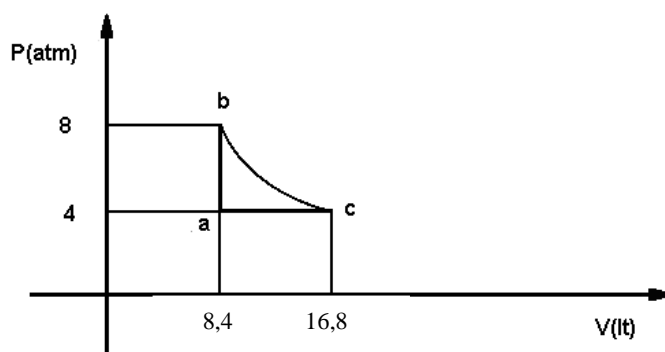
Ejercicio 6

En una expansión adiabática reversible de un gas ideal la temperatura del mismo disminuye, aunque no hay intercambio de energía en forma de calor con el medio exterior. ¿Mediante qué proceso se produjo esa variación? ¿Varió la energía interna?

Ejercicio 7

Dos moles de un gas perfecto, para el cual $C_v = 3 \text{ cal/mol K}$, efectúan el ciclo a-b-c-a de la figura. El proceso b-c es una expansión isotérmica.

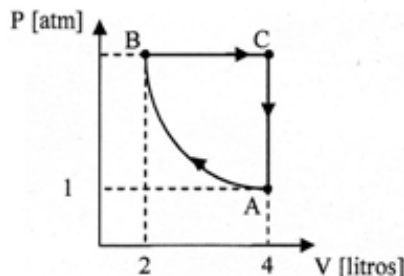
- Calcular el trabajo realizado por el gas en cada una de las etapas del ciclo.
- Hallar la energía transferida en forma de calor y la variación de energía interna, en cada una de las etapas del ciclo.
- Definir rendimiento de un ciclo térmico y calcularlo para este caso.



Ejercicio 8

Dos moles de un gas ideal monoatómico tienen un volumen inicial $V_A = 4 \text{ l}$ y una presión inicial $P_A = 1 \text{ atm}$. Se obliga al gas a realizar cuasiestáticamente el siguiente proceso cíclico ABCA:

- Se lo comprime isotérmicamente hasta alcanzar la mitad de su volumen original (punto B);
- se lo calienta a presión constante hasta alcanzar un volumen $V_C = 4 \text{ litros}$;
- se lo enfría a volumen constante hasta alcanzar la presión inicial de 1 atm (punto A).
 - Hallar el trabajo realizado por la máquina térmica.
 - La energía transferida en forma de calor.
 - La variación de energía interna en cada etapa del ciclo. Enunciar el Primer Principio de la Termodinámica indicando claramente qué representa cada término.
 - Calcular el rendimiento del ciclo.



Ejercicio 9

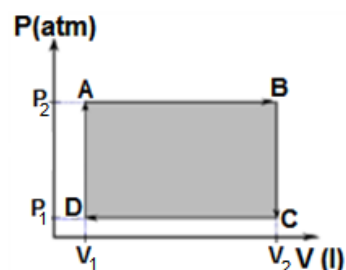
Una máquina que utiliza un mol de gas ideal $C_v = 5R/2$ y $C_p = 7R/2$, efectúa un ciclo que consta de 3 etapas.

- Etapas:**
 - Etapas 1:** El gas se expande adiabáticamente desde un volumen de 10 litros y una presión inicial de $2,64 \text{ atm}$, hasta un volumen de 20 litros .
 - Etapas 2:** El gas es comprimido a presión constante hasta su volumen original de 10 litros .
 - Etapas 3:** El gas aumenta su temperatura a volumen constante hasta alcanzar su presión original de $2,64 \text{ atm}$.
- Hacer el diagrama $P - V$ del ciclo.
 - Calcular el trabajo, la energía transferida en forma calor y la variación de energía interna en cada una de las etapas.
 - Determinar si la energía se transfiere desde o hacia el sistema en cada caso
 - Calcular el rendimiento del ciclo.

Ejercicio 10

Un mol de gas ideal experimenta un proceso cíclico ABCD. El gas inicialmente tiene un volumen de 1 litro y una presión de 2 atm y se expande a $p = \text{cte}$ hasta que su volumen es 2.5 Litros . Luego se enfría hasta que su presión es 1 atm . Volviendo a su estado inicial a presión constante primero y después a volumen constante. Hallar:

- Hallar los valores de la temperatura en los puntos ABCD. La respuesta presentarla como tabla P, V, T .
- Determinar la variación de energía interna, calor y trabajo en cada proceso.
- Determinar el rendimiento del ciclo y compararlo con el máximo posible que trabaje entre las mismas fuentes térmicas. $R = 0,082 \text{ litro.atm/K.mol}$. $C_v = 5/2 R$



CLASE IX

Termodinámica III

Objetivos de la Clase.

- Estudiar transformaciones de fase.
- Introducir el modelo de gas real.
- Estudiar procesos de transferencia de energía entre las partes de un sistema termodinámicamente aislado (rodeado por paredes adiabáticas) (a este tópico se lo suele denominar en los libros de texto: Calorimetría).

Ejercicio 1

Un gramo de agua (1 cm^3) se convierte en 1671 cm^3 de vapor cuando hierve a presión de 1 atm . ¿Qué trabajo realiza el sistema y cuál es la variación de su energía interna durante dicho proceso? $L_v = 539 \text{ cal/gr}$ (2250 J/gr)

Ejercicio 2

Una olla de cobre de $0,5 \text{ kg}$ contiene $0,17 \text{ kg}$ de agua a 20°C . Un bloque de hierro de $0,25 \text{ kg}$ a 85°C se coloca en su interior. Calcule la temperatura final suponiendo que no hay transferencia de energía en forma de calor con el entorno. ($c_{\text{Cu}}=390 \text{ J/kg.K}$; $c_{\text{Fe}}=470 \text{ J/kg.K}$)

Ejercicio 3

¿Qué cantidad de calor es necesaria para elevar la temperatura de 3 kg de cobre en 20°C ? ¿y en 20 K ? Calor específico del Cobre = 0.386 kJ/kg.K

Ejercicio 4

Un cuerpo A posee una masa doble que la de otro cuerpo B. Su calor específico es también el doble. Si a ambos se le suministra la misma cantidad de calor, ¿Qué relación existe entre los cambios experimentados por sus respectivas temperaturas?

Ejercicio 5

Un técnico de laboratorio pone una muestra de $0,085 \text{ kg}$ de un material desconocido que está a 100°C en un calorímetro cuyo recipiente, inicialmente a 19°C , está hecho con $0,15 \text{ kg}$ de cobre y contiene $0,2 \text{ kg}$ de agua. La temperatura final del calorímetro es de $26,1^\circ\text{C}$. Calcule el calor específico de la muestra.

Ejercicio 6

Para medir el calor específico del plomo se calientan 600 g de perdigones de este metal a 100°C y se colocan en un calorímetro de aluminio de 200 g de masa que contiene 500 g de agua inicialmente a $17,3^\circ\text{C}$. El calor específico del aluminio del calorímetro es $0,9 \text{ kJ/kg}$. La temperatura final del sistema es 20°C . ¿Cuál es el calor específico del plomo?

Ejercicio 7

Un vaso aislado con masa despreciable contiene 0,25 kg de agua a 75°C. ¿Cuántos kg de hielo a -20 °C deben colocarse en el agua para que la temperatura final del sistema sea 30 °C? Datos: $L_{\text{hielo}} = 80 \text{ cal/gr}$, $C_{\text{hielo}} = 0,55 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$

Ejercicio 8

Dentro de un recipiente de paredes adiabáticas (calorímetro) que contiene 10 g de agua y 10 g de hielo se introduce una masa de plomo a 200 °C.

a) Si la masa del plomo fuera de 100 gr, calcule la temperatura final que adquiriría el sistema y la cantidad de hielo que se fundiría. Graficar en forma cualitativa la variación de la temperatura en función del tiempo para los sistemas agua, hielo, plomo y calorímetro.

b) Ídem si la masa de plomo introducida fuera de 200 gr.

c) ¿Qué cantidad de masa de plomo debería introducirse en el calorímetro para convertir en vapor a la mitad del líquido que está dentro del calorímetro?

$L_{\text{hielo}} = 80 \text{ cal/gr}$; $L_{\text{agua}} = 540 \text{ cal/gr}$ (a presión atmosférica); $C_{\text{pb}} = 0,031 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$

Ejercicio 9

Una bala de plomo de 10 gr de masa y una temperatura de 30°C que viaja a una velocidad de 250 m/s se incrusta en un gran bloque de hielo que flota en equilibrio térmico con el agua de un lago. Calcular la masa de hielo que se habrá fundido una vez alcanzado el equilibrio (despreciar la interacción con la atmósfera). [Calor específico del plomo $C_{\text{pb}} = 128 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)}$]

Ejercicio 10

a) Calcular el calor específico de una sustancia desconocida de masa $m_x = 200 \text{ g}$. que se encuentra a una temperatura inicial T_i de 300 °C que cuando es colocado dentro de un calorímetro de cobre de masa $m_{\text{cu}} = 1.000 \text{ g}$ que contiene una masa de agua $m_{\text{H}_2\text{O}} = 2.000 \text{ g}$ de agua ambos a una temperatura inicial $T_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, si después de llegar al equilibrio la temperatura final es T_f es de 70 °C.

Ejercicio 11

La ecuación de van der Waals (búsquela en algún libro de texto) relaciona las variables que permiten definir el estado termodinámico de un gas real (¿Cuáles son esas variables?). En el caso del CO_2 la constante b es $4,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$, y el valor de a que mejor ajusta la curva es $a = 3,7 \times 10^{-1} \text{ l}^2 \text{ atm/mol}^2$. a) Calcular la presión a 0°C para el volumen específico de 0,551 lt/mol, suponiendo que la ecuación es rigurosamente exacta. b) ¿Cuál sería la presión, bajo estas mismas condiciones, si el CO_2 se comportara como gas ideal?

Ejercicio 12

Calcular usando la ecuación de Van der Waals la presión de 42 gr de Nitrógeno, PM 14 gr/mol, que se encuentran dentro de un recipiente de 5 litros a una temperatura de 303 K

Suponga que $a = 1,390 \text{ litro}^2 \text{ atm mol}^{-2}$ $b = 0.03912 \text{ litro, mol}$ $R = 0,082 \text{ litro atm/mol K}$

CLASE X

Termodinámica IV

Objetivos de la Clase

- Analizar distintas máquinas térmicas y su rendimiento
- Reconocer procesos reversibles.
- Introducir el Segundo Principio de la Termodinámica.
- Introducción del concepto de Entropía.

Ejercicio 1

Un motor extrae 250 J de un foco a 300 K y elimina 200 J en otro foco a 200 K.

- a) ¿Cuál es su rendimiento?
- b) ¿Cuál será el rendimiento de una máquina de Carnot que funcionara entre los mismos focos térmicos?
- c) ¿Qué cantidad de trabajo mecánico neto podría obtenerse en cada ciclo si se tuviera un motor reversible que opere entre estos dos focos térmicos?

Ejercicio 2

Una máquina de Carnot funciona entre dos focos térmicos como refrigerador, tomando en cada ciclo 100 J del foco frío y cediendo 150 J al foco caliente. Determinar la eficiencia del refrigerador, y el rendimiento cuando funciona como máquina térmica, trabajando entre estos mismos focos térmicos.

Ejercicio 3

Una heladera sin congelador, opera con un pequeño motor de 100 Watts de potencia. Si se la pudiera modelar como un refrigerador ideal de Carnot, con temperaturas del foco frío y caliente de -5°C y 20°C respectivamente,

- a) ¿Cuánto hielo podría producir el refrigerador en una hora si se pusiera en su interior agua a 10°C ?
- b) ¿Qué potencia debería tener el motor del refrigerador para producir la misma cantidad de hielo en una hora, si la eficiencia real del refrigerador fuera el 50% de la eficiencia de un motor ideal funcionando entre las mismas temperaturas?

Ejercicio 4

Calcular el rendimiento de un motor que funciona haciendo pasar un mol de gas monoatómico por el siguiente ciclo (*comience por hacer un diagrama del ciclo*):

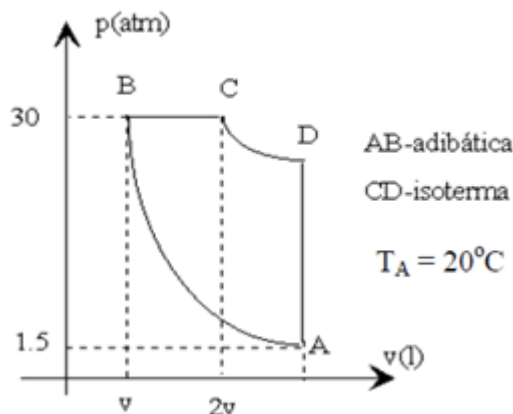
- a) Comienza con n moles, a P_0 , V_0 y T_0 .
- b) A volumen V_0 constante, aumenta su presión al doble.
- c) A presión constante, duplica su volumen, alcanzando el estado $P = 2 P_0$, $V = 2V_0$.
- d) A volumen constante, disminuye su presión hasta llegar a la presión inicial P_0 .
- e) A presión constante, regresa al estado inicial $P = P_0$, $V = V_0$. Considere $C_v = 3 \text{ cal/mol K}$.

- f) Compararlo con el rendimiento del ciclo ideal asociado a las temperaturas extremas del ciclo de la Figura.

Ejercicio 5

Una máquina térmica trabaja sobre 3 moles de un gas ideal monoatómico, realizando el ciclo reversible ABCD indicado en la figura.

- Con los datos indicados, calcular las variables de estado T , V y E_{int} en cada vértice del ciclo.
- Calcular el trabajo realizado sobre el gas en cada etapa del ciclo.
- Determinar el rendimiento de esta máquina térmica.
- Describir cómo podrían llevarse a cabo experimentalmente cada uno de estos procesos (tener en cuenta que en todos los casos se trata de procesos cuasiestáticos).
- Compararlo con el rendimiento del ciclo ideal asociado a las temperaturas extremas del ciclo de la Figura.



Ejercicio 6

Para la máquina de Carnot, calcule el cambio de entropía total en la máquina durante un ciclo. ¿Qué magnitud tiene el cambio de entropía total del *entorno* de la máquina durante el ciclo?

Ejercicio 7

Se colocan 50 g de agua a 0°C en un congelador, cuyas paredes están a una temperatura aproximadamente constante de -10°C . Luego de un tiempo, el sistema alcanza el equilibrio térmico. Calcular el cambio en la entropía del agua (luego hielo), mostrando que, si bien ésta disminuye, la entropía total del universo aumenta.

Ejercicio 8

Se encarga a tres ingenieros proyectar sendas máquinas térmicas. Las indicaciones que reciben a tal fin son: la máquina debe absorber, de una fuente a 480°C , 3340 kJ de energía en forma de calor por cada kg de fluido de trabajo, siendo la fuente fría el ambiente a 17°C .

Los proyectos presentados, ordenados según la cantidad de trabajo que la máquina es capaz de proporcionar por cada kg de fluido de trabajo, fueron:

- La máquina A, 2137,6 kJ
- La máquina B, 2050,8 kJ
- La máquina C, 1937,2 kJ

- ¿Cuál será el proyecto elegido? Justificar su respuesta.
- Calcular la variación de entropía que cada máquina produce en el entorno.