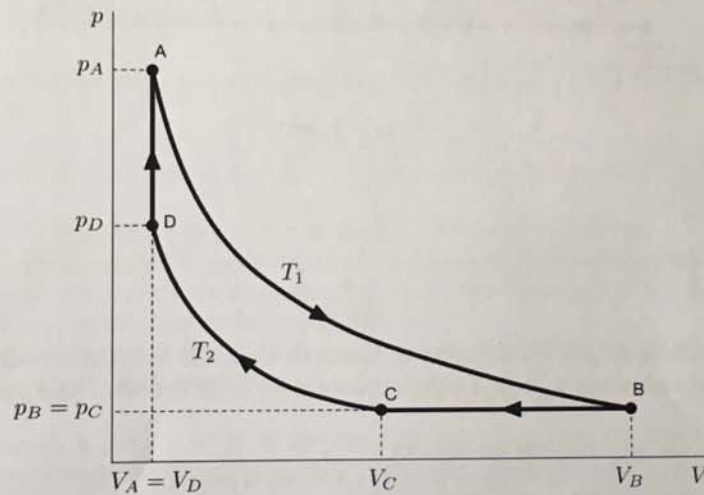


Nombre: ..... DNI: .....

**Problema 1 (1,5 puntos):** Se deja caer desde la cornisa de una ventana que está a 20 metros de altura una pequeña esfera maciza de cobre, que inicialmente está en reposo y a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ . Al llegar al suelo, e impactar con él, un tercio de la energía de la esfera se transforma en calor de forma que se modifique la temperatura de la esfera. Calcule la temperatura final que alcanza dicha esfera.  
Calor específico del cobre:  $390 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

**Problema 2 (3 puntos):** Considere el siguiente proceso cíclico  $ABCD$  al que se somete un gas ideal y que se muestra en el siguiente diagrama de estados  $pV$ :



Donde:

- El cambio de estado  $AB$  se realiza a temperatura constante  $T_1$ .
- El cambio de estado  $BC$  se realiza a presión constante,  $p_B = p_C$ .
- El cambio  $CD$  se realiza a temperatura constante  $T_2$ .
- El cambio  $DA$  se realiza a volumen constante,  $V_D = V_A$ .

Conteste razonadamente a las siguientes preguntas:

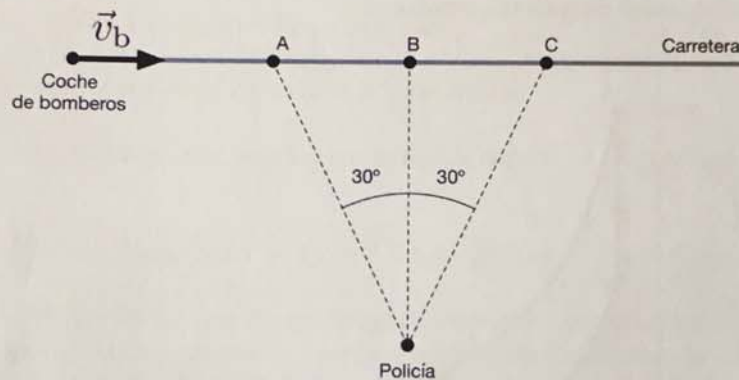
- a) Valor del incremento total de energía interna durante todo el proceso cíclico  $ABCD$ .
- b) A la vista del diagrama  $pV$ , ¿cuál de las dos temperaturas,  $T_1$  y  $T_2$ , es mayor?
- c) Valor del incremento de energía interna en el cambio de estado  $AB$ .
- d) ¿Qué relación hay entre el incremento de energía interna del cambio de estado  $BC$  con el incremento de energía interna del cambio de estado  $DA$ ?
- e) Signo de los trabajos desarrollados en cada uno de los cuatro cambios de estado,  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  y  $DA$ .
- f) Signo de los respectivos valores del calor empleado en los cambios de estado  $AB$  y  $CD$ . Indicar la relación de estos valores del calor con sus respectivos trabajos desarrollados para cada uno de dichos cambios de estado ( $AB$  y  $CD$ ).

**Problema 3 (1 punto):** El sonar de un barco registra un tiempo igual a 0,4 segundos cuando está estudiando un fondo marino que está a 300 m de profundidad. Calcule el módulo volumétrico del agua en las condiciones del problema.

**Problema 4 (2 puntos):** Una cuerda de longitud igual a 10 metros y masa de 0,5 kg está fija por los dos extremos. La cuerda se tensa con una fuerza de 5 N. En un momento dado la cuerda se pone a vibrar de forma que se genere una onda estacionaria. Se observa que el modo de vibración es tal que, contando los extremos de la cuerda, existen en total 4 nodos en la onda estacionaria. Calcule:

- La longitud de onda del modo de vibración de la cuerda.
- Frecuencia de vibración de dicho modo.

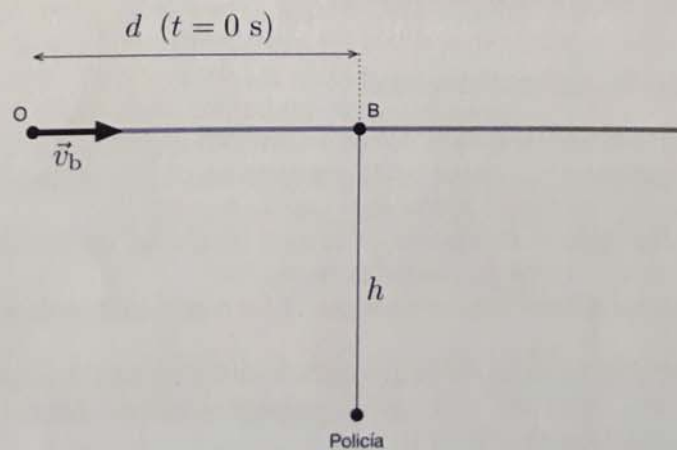
**Problema 5 (2,5 puntos):** Un policía, que está en reposo, observa un coche de bomberos que se mueve por una carretera a una velocidad constante  $v_b = 30$  m/s tal como indica la figura adjunta:



- Si la frecuencia de la sirena del coche de bomberos es de 880 Hz, calcule la longitud de onda de la señal sonora que registra el policía cuando el coche de bomberos pasa por los siguientes puntos:
  - A ( $30^\circ$  a la izquierda del policía).
  - B (en la posición de la carretera más próxima al policía).
  - C ( $30^\circ$  a la derecha del policía).

Considere la velocidad del sonido en el aire igual a 340 m/s.

- Si en el instante  $t = 0$  s el coche de bomberos está en el punto O, a una distancia  $d$  del punto B del anterior apartado, y el policía está a una distancia  $h$  de ese mismo punto B, obtenga la expresión matemática de la frecuencia de la señal sonora que registra el policía en función del tiempo (véase la siguiente figura).



1. La cuerda de un tendedero tiene 10 metros de longitud, estando sometida a la tensión suficiente para que permanezca completamente horizontal en su posición de equilibrio. En ese momento se fuerza una vibración vertical desde el extremo izquierdo ( $x = 0$ ) de la cuerda con una frecuencia de 2 Hz generando una onda que se propaga a lo largo de la cuerda con una velocidad de 12 m/s. En el instante inicial,  $t = 0$ , la elevación de la onda en el extremo izquierdo es máxima y positiva e igual a 0,075 m. Suponiendo que la onda no se refleja al llegar al otro extremo de la cuerda, calcule:
  - a. Los parámetros de la onda: amplitud, fase, frecuencia angular, periodo, longitud de onda y número de onda angular.
  - b. Obtener la función de onda correspondiente.
  - c. La elevación vertical en función del tiempo en la posición horizontal correspondiente a la mitad de la cuerda y a 3 metros del extremo izquierdo.
  
2. Considerando una onda periódica transversal  $y = \eta(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \varphi)$ , obtenga las expresiones correspondientes de la velocidad y aceleración verticales en función de la posición  $x$  y del tiempo  $t$  y analice los resultados.
  
3. Una onda periódica que se propaga por una superficie,  $\vec{r} = x\vec{u}_x + y\vec{u}_y$ , cumple la expresión:
$$z = \eta(\vec{r}, t) = 5 \operatorname{sen}(5,2x - 3y - 7,7t) + 2,7 \operatorname{cos}(2,1x + 0,2y - 4,5t - \pi/3)$$
donde las variables  $x$ ,  $y$  y  $z$  vienen dadas en metros y  $t$  en segundos.
  - a. Indique el número de modos monocromáticos que componen la onda  $z = \eta(\vec{r}, t)$ .
  - b. Calcule los parámetros de onda que corresponden cada uno de los modos.
  - c. Calcule la velocidad de fase para cada modo.
  - d. Según los resultados, indique si el medio por donde se propaga la onda es dispersivo o no dispersivo.
  
4. Una cuerda de 2 kg y 80 m de longitud está sujeta y colgando por la ventana de un edificio. La cuerda está atada en el extremo cercano al suelo a un peso de 20 kg que tensa la cuerda. En ese momento una persona tira lateralmente de la cuerda a la altura del peso generando una onda transversal que se propaga por toda la cuerda. La cuerda no toca en ningún momento las paredes del edificio.
  - a. Despreciando la masa de la cuerda, calcule la velocidad de la onda transversal en la cuerda.
  - b. Si un punto de la cuerda tiene un movimiento transversal armónico simple de frecuencia 2 Hz, calcule cuantos ciclos de la onda hay en la cuerda.
  - c. ¿Si se tuviese en cuenta la masa de la cuerda sería la velocidad de la onda igual en todos los puntos? Conteste razonadamente.
  
5. Calcule la potencia máxima y media en el caso de la cuerda descrita en el Problema 1. Datos: densidad lineal de masa de la cuerda  $\mu = 0.250$  kg/m, tensión  $F = 36$  N.



6. Considere el mástil de una guitarra orientado a lo largo del eje  $x$ , donde el puente de la guitarra se sitúa en la posición  $x = 0$ . Se rasga una de las cuerdas de la guitarra de forma que vibre con una amplitud de 0,75 mm a una frecuencia de 440 Hz, siendo la velocidad de propagación de la onda por la cuerda de 143 m/s. Al llegar al final del mástil la onda se refleja en el extremo fijo generando, junto a la onda incidente, una onda estacionaria.
- Determine la ecuación del desplazamiento vertical de la cuerda en cada posición  $x$  del mástil y en cada instante de tiempo  $t$ .
  - Calcule la posición de los nodos.
  - Determine el desplazamiento, velocidad y aceleración transversales máximos de la onda estacionaria.
7. La relación de dispersión del oleaje cumple la siguiente expresión:
- $$\omega = \sqrt{gk \tanh(kh)}$$
- donde  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $h$  es la profundidad a la que se encuentra el fondo marino. A partir de la relación de dispersión dada determine si el medio es dispersivo o no dispersivo, así como la velocidad de fase y la velocidad de grupo, en los siguientes casos:
- Aproximación a aguas profundas,  $h \rightarrow \infty$
  - Aproximación a aguas someras (poco profundas),  $kh \ll$
8. Determine la velocidad y la longitud de onda de una señal de un sonar vertical a bordo de un barco. El sonar utiliza ondas sonoras de 262 Hz. Si el sonar registra un tiempo de 0.6757 s cuando analiza el fondo marino, determine a qué profundidad se encuentra dicho fondo marino. Módulo volumétrico del agua:  $B = 2,18 \times 10^9$  Pa.
9. El nivel de intensidad sonora de un avión militar a reacción a una distancia de 30 m es de 140 dB. Calcule:
- El nivel de intensidad sonora a una distancia de 100 m.
  - La presión sonora cuadrática media correspondiente al caso a. en unidades del sistema internacional.
10. Se tienen dos altavoces, que se consideran suficientemente pequeños para considerarlos fuentes prácticamente puntuales. Los altavoces están conectados a 2 m y 1 m de un amplificador respectivamente. A una distancia de 4 m del amplificador, y perpendicularmente a la disposición de los altavoces, se sitúa un sonómetro. Si los altavoces emiten ondas sinusoidales puras (un único tono) y en fase, determine:
- Las frecuencias para las que el sonómetro mide una interferencia constructiva.
  - Las frecuencias para las que el sonómetro mide una interferencia destructiva.
- Nota: considere la velocidad del sonido igual a 350 m/s.
11. Se ata una sirena que emite un sonido de 420 Hz a una cuerda de 2 metros de longitud y se hace girar a 300 r.p.m. Calcule el rango de frecuencias que registra un observador situado en el plano de giro de la sirena y alejado de la misma. Considere la velocidad del sonido en el aire igual a 340 m/s.
12. Una sirena emite un sonido de frecuencia  $f_s$ . La sirena se está elevando verticalmente a velocidad constante  $v_F$ . Un observador  $R$ , que está inicialmente a una distancia  $d$  de la sirena sobre el mismo plano está registrando el sonido.

- a. Calcule la frecuencia que registra  $f_R$  en función del tiempo  $t$  considerando que el observador  $R$  está quieto.
- b. Repetir el apartado anterior considerando que el observador se aleja de la fuente con una velocidad  $v_O$ . El observador parte del punto a distancia  $d$  cuando la sirena empieza a subir verticalmente con velocidad constante  $v_F$ .

1. Una persona de 80 kg tiene fiebre alcanzando una temperatura final de 39°C.
  - a. Suponiendo que el cuerpo humano es en su mayoría agua,  $c = 4190 \text{ J}/(\text{kg K})$ , ¿cuánto sería el calor necesario para elevar la temperatura de un cuerpo humano en condiciones normales, 37 °C, a los 39 °C del cuadro de fiebre?
  - b. Repetir el cálculo de una forma más realista usando el calor específico de un cuerpo humano medio,  $c = 3480 \text{ J}/(\text{kg K})$ .
  
2. Se vierten 0,3 kg de café a 70 °C en un recipiente de aluminio de 0,12 kg que inicialmente está a 20 °C. Calcule la temperatura de equilibrio suponiendo que el café tiene el mismo calor específico del agua y que no se intercambia en el proceso calor con el entorno.  
Nota: calor específico del aluminio  $c_{Al} = 910 \text{ J}/(\text{kg K})$ .
  
3. Un vaso contiene 0,25 kg de agua líquida a 25 °C. Calcule cuánto hielo a -20 °C debe agregarse para obtener una temperatura final de 0 °C donde todo el hielo esté derretido.  
Datos: desprecie la capacidad calorífica del vidrio. Calor específico del agua líquida  $c_a = 4190 \text{ J}/(\text{kg K})$ . Calor específico del hielo  $c_h = 2100 \text{ J}/(\text{kg K})$ . Calor latente de fusión del agua  $L_f = 3,34 \times 10^5 \text{ J/kg}$ .
  
4. Una olla de cobre de masa 2 kg, incluyendo su tapa, está a una temperatura de 150 °C. En ese momento se vierten 100 g de agua a 25 °C, tapando rápidamente la olla para que no se escape vapor. Suponiendo que no se cede calor al entorno, calcule la temperatura final de equilibrio de la olla y de su contenido y determine la fase (líquido, gas o mezcla de ambos) del agua.  
Datos: calor específico del cobre,  $c_{Cu} = 390 \text{ J}/(\text{kg K})$ , calor específico del agua  $c_a = 4190 \text{ J}/(\text{kg K})$ , calor latente de vaporización del agua,  $L_v = 2,256 \times 10^3 \text{ J/kg}$ .
  
5. Una barra de acero de 10 cm de longitud está soldada en uno de sus extremos a una barra de cobre de 20 cm de longitud. Las barras tienen una sección transversal cuadrada de 2 cm de lado. El extremo libre de la barra de acero se mantiene a 100 °C, estando en contacto con vapor de agua. El extremo de la barra de cobre se mantiene a 0 °C estando en contacto con hielo. Suponiendo que ambas barras están perfectamente aisladas por sus caras laterales, calcule la temperatura de estado de equilibrio en la unión de las dos barras y la tasa total de flujo de calor.  
Datos:  $k_{Acero} = 50,2 \text{ W}/(\text{m K})$ ,  $k_{Cu} = 385 \text{ W}/(\text{m K})$ .
  
6. El área total de un cuerpo humano es de 1,2 m<sup>2</sup> y su temperatura superficial es de 30 °C.
  - a. Calcule la tasa de radiación total de la energía del cuerpo.
  - b. Calcule la tasa neta de pérdida de calor del cuerpo por radiación si el entorno está a una temperatura de 20 °CNota: independientemente de la pigmentación de la piel, la emisividad del cuerpo humano es cercana a la unidad,  $e \approx 1$ .



7. En cada ciclo de combustión de gasolina el motor de un camión toma 10000 J de calor, produciendo un trabajo mecánico de 2000 J. Calcule:
- La eficiencia térmica del motor.
  - El calor desechado en cada ciclo.
  - La potencia de salida del motor si este realiza 25 ciclos por segundo.
  - Masa de gasolina que se quema en cada ciclo.
  - Masa de gasolina que se quema por segundo.
- Dato: calor latente de combustión de la gasolina  $L_c = 5 \times 10^4$  J/g.
8. Tenemos 1 kg de agua a 100 °C que se pone en contacto térmico con 1 kg de agua a 0 °C. Si se considera que el calor específico del agua es constante e igual a  $c = 4190$  J/(kg K), calcule el cambio total de entropía que se ha producido en el proceso.
9. Se dispara una bala de plomo que penetra en una placa metálica a la velocidad de 400 m/s, perforándola y saliendo de dicha placa. Suponiendo que la mitad del calor desarrollado en el impacto con la placa se ha empleado en calentar la bala y observando que su temperatura ha aumentado 200 °C, calcule la velocidad de salida de la bala.
- Dato: Calor específico del plomo: 0,03 cal/(g °C).
10. Se dispone de un cañón de 1 m de longitud y 4 cm de radio que dispara proyectiles de 50 kg a una velocidad de 400 m/s con ángulo de 30° sobre la horizontal. Calcule:
- La presión necesaria que tiene que ejercer la explosión de los gases dentro del cañón para que el proyectil salga a la velocidad mencionada.
  - Si al llegar al suelo, que se sitúa en el mismo plano del disparo misma elevación a la que se sitúa la boca del cañón, toda la energía se convierte en calor, y del cual se invierte el 60% en calentar proyectil, ¿cuánto aumentará la temperatura del proyectil en esas condiciones si su calor específico es 0,25 cal/(g °C)?
11. Se hierve un 1 cm<sup>3</sup> de agua líquida hasta pasar a vapor ocupando un volumen de 1700 cm<sup>3</sup>. El proceso se realiza a presión constante de 1 atm. Calcule:
- El trabajo efectuado en el proceso de evaporación
  - La variación de energía interna.
- Dato: calor latente de vaporización del agua,  $L_v = 2,256 \times 10^6$  J/kg.
12. En el diagrama  $pV$  de la figura adjunta (véase la página siguiente) se muestran los diferentes procesos termodinámicos a los que se somete un sistema. Si en el proceso  $AB$  se agregan 150 J de calor al sistema y en el proceso  $BD$  se agregan 600 J de calor, calcule:
- El cambio de energía interna en el proceso  $AB$ .
  - El cambio de energía interna en el proceso  $ABD$ .
  - El calor total agregado en el proceso  $ACD$ .
- Datos:  $V_A = V_B = 2 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>,  $V_C = V_D = 5 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>,  $p_A = p_C = 3 \times 10^4$  Pa,  $p_B = p_D = 8 \times 10^4$  Pa.

