

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

Temperatura de fusión o solidificación a presión normal	
SUSTANCIA	t [°C]
Acero	1350
Agua	0
Aluminio	658
Amoníaco	-77
Azufre	113
Cobre	1083
Estaño	231,8
Hierro Puro	1530
Latón	900
Mercurio	-38,9
Níquel	1450
Plata	930
Plomo	327
Zinc	419

Calores específicos medios entre 0°C y 100 °C	
SUSTANCIA	$c_e \left[\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$
Agua	1
Aluminio	0,220
Carbón	0,200
Cobre	0,094
Hielo	0,530
Hierro	0,120
Latón	0,092
Mercurio	0,035
Níquel	0,110
Plata	0,056
Plomo	0,031
Vidrio	0,200
Yeso	0,200
Zinc	0,094

Temperatura de vaporización o condensación	
SUSTANCIA	t [°C]
Agua	100
Alcohol	78
Aluminio	1800
Amoníaco	-33
Azufre	444
Cobre	
Hierro	
Hidrógeno	-253
Mercurio	357
Plomo	
Plata	2162
Oxígeno	-183
Zinc	918

Calor de Fusión a presión normal	
SUSTANCIA	L $\left[\frac{\text{cal}}{\text{g}} \right]$
Aluminio	92
Antimonio	38,9
Cobre	43
Estaño	14
Fundición	23
Hielo	80
Mercurio	2,8
Níquel	56
Parafina	35
Plata	21
Platino	27
Plomo	6,3
Zinc	28

Calor de vaporización a presión normal	
SUSTANCIA	L $\left[\frac{\text{cal}}{\text{g}} \right]$
Agua	540
Alcohol	210
Azufre	362
Mercurio	72
Nitrógeno	48

Coficiente de Convección aparente en u.p.	
SUSTANCIA	$h \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{hora}} \right]$
Aire (convección natural)	5,5
Aire (convección forzada. v en m/s)	5,5+3,6 v
Agua en ebullición	4000
Agua en rep. que no llega a hervir	500
Agua en mov. que no llega a hervir	300

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

Coefficiente de Conductividad	
SUSTANCIA	$\lambda \left[\frac{\text{cal}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$
Acero	50
Agua	0,50
Cobre	384
Hielo	1,50
Hierro	460
Ladrillo Hueco	0,28
Plomo	30
Ropa	0,04

Tabla de valores de absorptividad para la radiación solar y emisividad de radiación terrestre		
MATERIALES DE SUPERFICIES DISTINTAS	a	e
Chapa galvanizada	0,89	0,90
Hormigón	0,70	0,94
Ladrillo o tejas	0,70	0,90
Pintura blanca	0,20	0,90
Pintura de aluminio	0,40	0,90
Terminación asfáltica	0,92	0,90

Tabla de coeficientes de dilatación lineal para distintos materiales	
SUSTANCIA	$\left[\frac{1}{^\circ\text{C}} \right]$
Acero	24×10^{-6}
Aluminio	23×10^{-6}
Cobre	17×10^{-6}
Hierro	12×10^{-6}
Plata	17×10^{-6}
Mercurio	60×10^{-6}
Plomo	29×10^{-6}
Vidrio	9×10^{-6}

Sustancia	Calor específico a volumen cte cal/ mol K
Nitrógeno	0,248
Oxígeno	5

Tabla Densidad	
Sustancia	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)*}$
Agua	$1,00 \times 10^3$
Aire	1,29
Aluminio	$2,70 \times 10^3$
Benceno	$0,879 \times 10^3$
Cobre	$8,92 \times 10^3$
Glicerina	$1,26 \times 10^3$
Helio	$1,79 \times 10^{-1}$
Hidrógeno	$8,99 \times 10^{-2}$
Hielo	$0,917 \times 10^3$
Hierro	$7,80 \times 10^3$
Mercurio	$13,6 \times 10^3$
Oro	$19,3 \times 10^3$
Oxígeno	1,43
Plata	$10,5 \times 10^3$
Platino	$21,4 \times 10^3$
Plomo	$11,3 \times 10^3$

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

Valor de la constante universal de los gases en distintas unidades.

$$R = \begin{cases} 0,082 \frac{\text{atm l}}{\text{mol K}} \\ 62,36 \frac{\text{mmHg l}}{\text{mol K}} \\ 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol K}} \\ 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \\ 8,31 \frac{\text{Pa m}^3}{\text{mol K}} \end{cases}$$

Cuadro resumen

Ecuación de estado de un gas ideal	$pV=nRT$
Ecuación de una transformación adiabática	$pV^\gamma=\text{cte}$
Relación entre los calores específicos	$c_p-c_v=R$
Índice adiabático de un gas ideal	$\gamma=c_p/c_v$
Primer Principio de la Termodinámica	$\Delta U=Q-W$

Transformación	Calor	Trabajo	Energía Interna
Isócora ($v=\text{cte}$)	$Q=nc_v(T_B-T_A)$	0	$\Delta U=nc_v(T_B-T_A)$
Isóbara ($p=\text{cte}$)	$Q=nc_p(T_B-T_A)$	$W=p(V_B-V_A)$	$\Delta U=nc_v(T_B-T_A)$
Isoterma ($T=\text{cte}$)	$Q=W$	$W=nRT \ln(V_B/V_A)$	$\Delta U=0$
Adiabática ($Q=0$)	0	$W=-\Delta U$	$\Delta U=nc_v(T_B-T_A)$

Capacidad calorífica de un gas ideal

	Monoatómico	Diatómico
c_v	$\frac{3}{2}R$	$\frac{5}{2}R$
c_p	$\frac{5}{2}R$	$\frac{7}{2}R$

Trabajo Práctico N° 1. Variables termodinámicas

1. Sean dos botellas de capacidad máxima un litro, que contienen medio litro de jugo de naranja.

- a) ¿Qué observables macroscópicos podrían caracterizar a ambos sistemas?
- b) Si juntara los contenidos de ambas botellas, ¿cuáles de los observables macroscópicos analizados se mantendrían constantes y cuáles variarían?
- c) ¿En qué cambiarían sus respuestas si en una de las botellas hubiera agua en vez de jugo de naranja?
- d) ¿Cuáles de los observables seleccionados dependen de la cantidad de masa y cuáles no?
- e) ¿Qué significa que una propiedad sea intensiva o extensiva?

2. Para avanzar en el estudio de la Termodinámica se necesita introducir un concepto estadístico macroscópico que en la vida cotidiana asociamos con las sensaciones de frío y calor: la temperatura. Muchas propiedades de la materia cambian con la temperatura. Enuncie al menos cinco propiedades de la materia (en distintos estados) que cambien con la temperatura.

3. Si las botellas con jugo de naranja del ejercicio 1, hubieran estado una sobre la mesa desde un par de horas antes de que comenzáramos su estudio y la otra en una heladera hasta el momento de analizarla.

- a) ¿Cómo serían las temperaturas antes y después de juntarlos?
- b) ¿Cómo serían las energías de los sistemas antes y después de juntarlos?

¿Cómo cambiarían los incisos anteriores si, hubieran estado ambas sobre la mesa desde un par de horas antes de que comenzara a analizarlas?

4. Quiere tomar mate y tiene agua a temperatura ambiente, enuncie al menos cuatro maneras distintas de obtener el agua a una temperatura adecuada.

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

5. Un ventilador eléctrico se conecta a un banco de baterías de alta energía y larga duración que se encuentra en un cuarto aislado. El ventilador se enciende y funciona hasta que las baterías se agotan.

- ¿Qué puede decir de la energía del cuarto antes y después del funcionamiento del ventilador?
- ¿Qué puede decir de la temperatura del cuarto antes y después del funcionamiento del ventilador?

6. Suponga que saca un paquete de $\frac{1}{2}$ kg de salchichas del congelador. Dispone de dos ollas con agua caliente, una con 3 litros y otra con $1\frac{1}{2}$ litros. Si quisiera descongelar todas las salchichas, y que, además, éstas alcancen la mayor temperatura posible, ¿en cuál de las ollas pondría al paquete? ¿Por qué?

7. Se lija vigorosamente con una lijadora eléctrica la superficie externa de un recipiente metálico, que contiene un fluido en su interior. Un termómetro está en contacto con el fluido a través de un pequeño orificio y se observa que la temperatura va aumentando con el tiempo de lijado.

Explique los procesos energéticos que tienen lugar si se toma como sistema de estudio:

- Sólo el fluido.
- Sólo el recipiente.
- El recipiente y el fluido.
- El recipiente, el fluido y la lijadora.
- El recipiente, el fluido, la lijadora y el medio ambiente.

Aclare, para cada sistema estudiado, cuál o cuáles son los sistemas con los que interacciona (medio exterior).

8. Si se encuentra enfermo en Inglaterra y le dicen que tiene una temperatura de 104°F , ¿estaría usted preocupado? ¿Cuál es la temperatura normal del organismo en la escala Fahrenheit?

Rta: 40°C , $98,6^{\circ}\text{F}$

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

9. El punto de ebullición normal del oxígeno líquido es $-182,97^{\circ}\text{C}$. ¿Cuál es esta temperatura en la escala Kelvin?

Rta: 90,18 K

10. ¿A qué temperatura coinciden las escalas Fahrenheit y Celsius?

Rta: -40

11. ¿Qué es mayor, una variación de temperatura en un grado centígrado, en un grado Fahrenheit o en un Kelvin?

Trabajo Práctico N°2. Dilatación

1. a) Dos barras A y B de la misma longitud inicial, sufren la misma elevación de temperatura. ¿Podrán ser diferentes las dilataciones de estas barras? Explique.

b) Dos barras A y B del mismo material, experimentan la misma elevación de temperatura. ¿Podrán ser diferentes las dilataciones de estas barras? Explique.

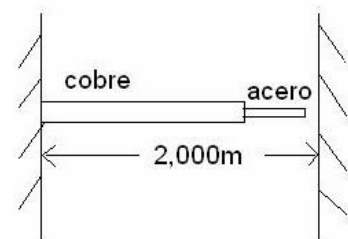
2. La longitud de un puente de hierro es de 1000 m. Tiene un extremo fijo y el otro libre sobre rodillos. ¿Cuánto se desplaza ante un cambio de temperatura de 10°C a 45°?

Rta: 0,42 m

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

Rta: $4,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$

4. El sistema de la figura se encuentre a 20 °C y está compuesto por dos barras, una de cobre de largo 1,555m y otra de acero, de longitud 0,444 m. ¿A qué temperatura debe llevarse al sistema para que las barras hagan contacto con las dos paredes?



Rta: 26,96 °C

5. La variación de temperatura entre el verano y el invierno, en una dada región, es de aproximadamente 40 °C. En cuanto variará el área de un vidrio de 10 m² (medida a la temperatura más baja.).

Rta: 72 cm²

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

6. Se corta un agujero cuadrado de 8 cm de lado en una lámina de cobre. Calcule el cambio del área del agujero cuando la temperatura de la lámina se incrementa 50 K. ¿Representa este cambio un aumento o una disminución del área que abarca el agujero?

Rta: $0,11 \text{ cm}^2$

7. Un bloque de cobre tiene una masa de 0,3 kg. Calcule su cambio de volumen cuando se calienta de 27°C a 100°C .

Rta: $0,125 \text{ cm}^3$

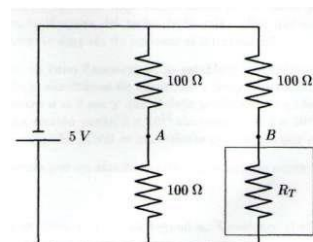
8. Un objeto de vidrio a 20°C tiene un volumen inicial de 700 cm^3 . ¿Cuál será su volumen a una temperatura de 100°C ?

Rta: $701,5 \text{ cm}^3$

9. Un frasco de material desconocido tiene un volumen de 1.000 cm^3 a 0°C . A esa temperatura se llena completamente de mercurio. Cuando frasco y mercurio se calientan a 100°C , se derraman $15,2 \text{ cm}^3$ de líquido. Determine el coeficiente de dilatación lineal del frasco.

Rta: $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$

10. En la figura se representa un circuito diseñado para funcionar como termómetro de líquidos. Para ello se aprovecha la variación que experimenta la resistencia R_T con la temperatura. Suponga que el coeficiente de variación térmica es constante y vale $0,0008^\circ\text{C}^{-1}$. La resistencia R_T está calibrada de modo que su valor es de 100Ω cuando la temperatura del líquido en que está sumergida es de 20°C .



a) ¿Cuál será la temperatura del líquido cuando la diferencia de potencial es $V_B - V_A = -0,85 \text{ mV}$?

b) ¿Cuál será la diferencia de potencial cuando la temperatura del líquido es de 55°C ?

Rta: a) $20,85^\circ\text{C}$; b) -34 mV

Trabajo Práctico N°3

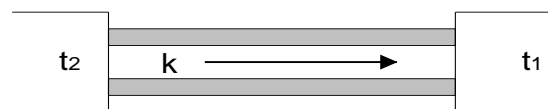
Procesos de transferencia de energía en forma de calor

1. Dos varillas, una de cobre y la otra de acero, ambas de 1 m de longitud y sección transversal 1 cm^2 , están soldadas en un extremo común. El extremo libre de la varilla de cobre se mantiene a 100°C y el extremo libre de la de acero a 0°C . Calcule:

- la temperatura en el extremo común.
- el gradiente de temperatura en la varilla de cobre y en la de acero.
- la cantidad de calor que cruza cualquier sección transversal de la varilla por unidad de tiempo.

Rta: a) $89,3^\circ\text{C}$; b) $10,7^\circ\text{C}/\text{m}$; $89,3^\circ\text{C}/\text{m}$; c) $0,4 \text{ W}$

2. La barra de la figura es de cobre, de longitud 10 cm y sección transversal 1cm^2 . Las temperaturas de los extremos son $t_2=100^\circ\text{C}$ y $t_1=0^\circ\text{C}$.



- ¿Cuál es el gradiente de temperatura a lo largo de la barra en el estado estacionario final?
- ¿Cuál es la corriente calorífica en la barra en dicho estado?
- ¿Cuál es la temperatura estacionaria en un punto de la barra distante 2 cm de su extremo izquierdo?

Rta: a) $1000^\circ\text{C}/\text{m}$; b) $38,4 \text{ W}$; c) 80°C

3. Una barra aislada, tiene un extremo sumergido en agua hirviendo y el otro en una mezcla de hielo y agua. La barra está constituida por 100 cm de cobre (extremo en el vapor) y una longitud de L_2 de acero (extremo en el hielo). Tienen una sección transversal de 5 cm^2 . La temperatura, en el estado estacionario, de la soldadura cobre-hierro es de 60°C .

- Hallar la potencia transferida.
- ¿Cuál es la longitud L_2 ?

Rta: a) $7,68 \text{ W}$; b) 17 cm

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN
Termodinámica

4. Calcule el ritmo con que sale el calor corporal a través de la ropa de un esquiador a partir de los datos siguientes. La superficie de su cuerpo es de alrededor de $1,8 \text{ m}^2$ y la ropa tiene un espesor de 1 cm ; la temperatura de la superficie de la piel es de 33°C y la de la parte externa de la ropa es de -5°C .

b) ¿Cómo cambiaría la respuesta si, después de una caída, las ropas del esquiador se empaparon con agua?

Rta: $273,6 \text{ W}$

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

Rta: 1 cal/s

Trabajo Práctico N°4

Primer Principio de la Termodinámica

1. Se realiza un experimento de combustión quemando una mezcla de combustible y oxígeno en una "bomba" de volumen constante rodeada de un baño de agua, y durante él se observa una elevación de la temperatura del agua. Se considera como sistema la mezcla de combustible y oxígeno.

- a) ¿Ha habido transferencia de calor?
- b) ¿Se ha realizado trabajo?
- c) ¿Cuál es el signo de ΔU ?

2. Se agita irregularmente un líquido contenido en un recipiente bien aislado, y experimenta, por tanto, una elevación de temperatura. Se considera al líquido como sistema.

- a) ¿Ha habido transferencia de calor?
- b) ¿Se ha realizado trabajo?
- c) ¿Cuál es el signo de ΔU ?

3. Una corriente eléctrica pasa por una resistencia sumergida en agua corriente. Se considera la resistencia como el sistema estudiado.

- a) ¿Hay suministro de calor a la resistencia?
- b) ¿Hay suministro de calor al agua?
- c) ¿Se ha realizado trabajo?
- d) Aplique el primer principio a este proceso, suponiendo que permanece inalterado el estado de la resistencia.

4. En su luna de miel, James Joule viajó desde Inglaterra hasta Suiza. Trató de verificar su idea de la intercambiabilidad entre la energía mecánica y la energía interna, midiendo el incremento en la temperatura del agua que caía por una cascada. La cascada situada en los Alpes franceses tiene una caída de 120 m, ¿qué incremento máximo de temperatura podía Joule esperar? Joule no tuvo éxito al tratar de medir dicho incremento, en parte debido a

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN Termodinámica

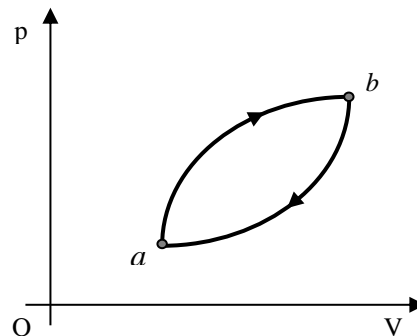
que la evaporación enfriaba el agua a medida que caía y también porque su termómetro no era lo suficientemente sensible.

Rta: $0,28\text{ }^{\circ}\text{C}$

5. Una bola de hierro se deja caer sobre un piso de cemento desde una altura de 10 m. En el primer rebote sube hasta una altura de 0,5 m. Supóngase que toda la energía mecánica macroscópica perdida en el choque contra el suelo se queda en la bola. Durante el choque:

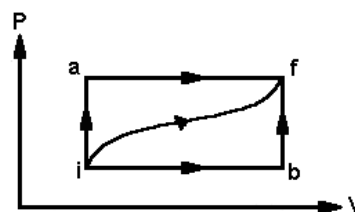
- ¿se ha añadido calor a la bola?
- ¿se ha efectuado algún trabajo sobre ella?
- ¿ha cambiado su energía interna?
- ¿en cuánto ha aumentado la temperatura de la bola?

6. 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 energía en forma de calor durante un ciclo es de 7200 J.



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

7. 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 de transferencia de calor (Q_{if}) y de trabajo (w_{if}) con el entorno de son, en valor absoluto, 50 cal y 20 cal, respectivamente.



FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

- a) Analice si dichos procesos aumentan o disminuyen la energía interna del sistema.
- b) 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 $i-b-f$?
- c) 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 $i-b-f$?
- d) ¿Cuál sería la energía transferida en el proceso trabajo si se pasara del estado i al f siguiendo la trayectoria $i-b-f$. Se determina 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)?
- e) 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?
- f) Si la energía interna del sistema en el estado i fuera $U_i = 10$ cal, calcule la energía interna que tendría el estado f , U_f .
- g) 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 $b-f$.

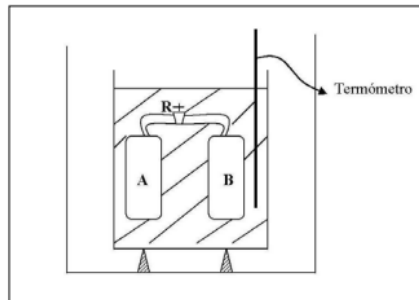
Rta: d) 6 cal; e)-43 cal; f) 40 cal; g) 18 cal, 18 cal.

8. En el año 1844, Joule efectuó experiencias con los gases dejándolos expandir en el vacío. El experimento consistió en colocar dos recipientes A y B, que pueden comunicarse entre sí operando el robinete R, sumergidos en un calorímetro de agua, cuya temperatura puede medirse con el termómetro t . Se inicia el experimento colocando una masa de gas en A y haciendo el vacío en B. Todo el conjunto tendrá la temperatura del agua del calorímetro. Abriendo el robinete R, el gas encerrado en A se expande hasta ocupar el

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

volumen de los recipientes A y B. Midiendo la temperatura del agua del calorímetro, se puede constatar que la temperatura no ha variado.



Analice los procesos de transferencia de energía en forma de calor y trabajo que ocurren cuando se abre el robinete.

Discuta que sucede con la variación de energía interna. Analice de que parámetros termodinámicos depende la energía interna.

Trabajo Práctico N°5
Gases Ideales - Reales

1. Recordando que un mol de gas ideal, en condiciones normales (¿qué entiende por condiciones normales?), ocupa 22,4 litros, calcule el valor de la constante universal de los gases R . Aclare en qué unidades la está expresando.

2. Un mol de un gas está en un cilindro provisto de un pistón, su presión y temperatura iniciales son 2 atm y 300 K.

a) ¿Cuál es el volumen inicial del gas?

b) Se expande el gas a temperatura constante hasta que la presión sea de 1 atm. ¿Cuál es el nuevo volumen?

c) El gas se comprime y calienta al mismo tiempo hasta que alcance su volumen original, siendo entonces su presión de 2,5 atm. ¿Cuánto vale, en este caso, su temperatura?

Rta: a) 12,3 l; b) 24,6 l; c) 375 K

3. Considere una dada masa de un gas ideal. Compare las curvas que representan procesos a presión constante, a volumen constante e isotérmicos en:

a) un diagrama pV .

b) un diagrama pT .

c) un diagrama VT .

d) ¿Cómo dependen estas curvas de la masa de gas escogido?

4. Calcule el cambio de energía interna de un mol de un gas ideal cuando su temperatura cambia de 0 °C a 100 °C. ¿Se debe especificar la forma en que cambiaron la presión y el volumen?

Rta: 300 Cal

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN
Termodinámica

5. Si el proceso al que nos referimos en el problema anterior ocurre a volumen constante.

a) ¿Cuál fue el proceso de transferencia de energía en forma de trabajo realizado por el gas?

b) ¿Cuál fue el proceso de transferencia de energía en forma de calor absorbido por el gas?

6. En un recipiente cerrado de 3 litros de capacidad hay nitrógeno a 27°C y 3 atm de presión. El recipiente se pone en contacto con una fuente térmica. Después de que el sistema llega al estado de equilibrio, la presión dentro del recipiente aumentó a 3,5 atm. Determine la energía transferida al nitrógeno en forma de calor y la temperatura final del mismo.

Rta: 4,46 cal, 350 K

7. Considere una muestra de 3 moles de un gas ideal monoatómico que se expande isotérmica y cuasiestáticamente desde un estado inicial de 4 atm hasta un estado final a 2 atm. Si la temperatura durante la expansión es de 27°C , determine:

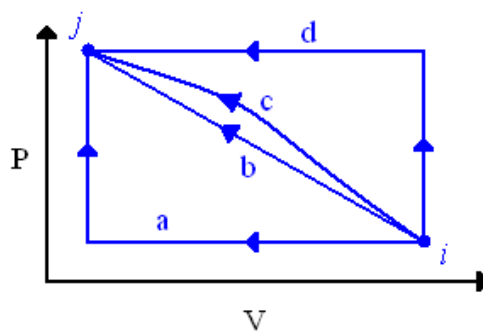
a) los volúmenes de los estados inicial y final.

b) el trabajo y el calor intercambiados a lo largo de la transformación.

c) la variación de energía interna.

Rta: a) 18,45 l, 36,9 l; b) 1247,7 cal

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



FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN
Termodinámica

9. Cierta cantidad de un gas ideal ocupa un volumen inicial V_0 a la presión p_0 y a la temperatura T_0 . Se dilata hasta el volumen V_1 .

- I. a presión constante.
- II. a temperatura constante.
- III. adiabáticamente.

- a) Represente cada caso en un diagrama pV.
- b) Analice, en cuál caso, el proceso de transferencia en forma de calor tiene el máximo valor posible y el cuál el menor.
- c) Analice, en cuál caso, el proceso de transferencia en forma de trabajo tiene el máximo valor posible y el cuál el menor.
- d) Analice, en cuál caso, la diferencia de energía interna tiene el máximo valor posible y el cuál el menor.

10. Dentro de un cilindro con un pistón movable están contenidos 3,2 gr de oxígeno. Inicialmente la presión es de 1 atm y el volumen es de 1 litro. El gas se calienta a presión constante hasta que su volumen se duplica. Entonces se le calienta a volumen constante hasta que su presión se duplica. Finalmente sufre una expansión adiabática hasta que su temperatura disminuya hasta su valor inicial.

- a) Dibuje en un diagrama pV las curvas correspondientes a las diferentes cambios de este proceso.
- b) Calcule el calor agregado, el trabajo realizado por el gas y el cambio de la energía interna del gas para cada transformación. Expresé su resultado en calorías.

Rta:

Q(cal)	W (cal)
85,3	24,39
121,92	0
0	182,88

11. Una muestra de 4 litros de un gas diatómico ideal confinada en un cilindro a través de un ciclo cerrado se encuentra inicialmente a 1 atm y 300 K. En primer lugar, se triplica su presión a volumen constante. Luego se expande adiabáticamente el gas hasta su presión original. Finalmente, se comprime el gas isobáricamente hasta su volumen original.

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

- Dibuje un diagrama P-V de este ciclo.
- Determine el volumen del gas al final de la expansión adiabática.
- Halle la temperatura del gas al comienzo de la expansión adiabática.
- Calcule el trabajo neto realizado por y sobre el gas en este ciclo.

Rta: b) 8,76 l; c) 900 K; d) 371,7 cal

12. La ecuación de van der Waals¹ 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 $a = 3,7 \times 10^{-1} \text{ N m}^4/\text{mol}^2$.

- Calcule la presión a 0°C para el volumen específico de $0,551 \text{ l/mol}$, suponiendo que la ecuación es rigurosamente exacta.
- ¿Cuál sería la presión, bajo estas mismas condiciones, si el CO_2 se comportara como gas ideal?

13. Usando la ecuación de Van der Waals calcule el volumen que ocuparían 1,5 moles de $(\text{C}_2\text{H}_3)\text{S}$ a 105°C y $0,750 \text{ atm}$. Suponga que $a = 18,75 \text{ dm}^6\text{atm mol}^{-2}$ y $b = 0,1214 \text{ dm}^3\text{mol}^{-1}$

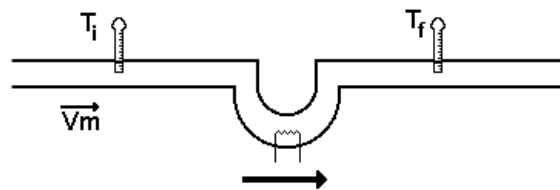
¹ En el siguiente sitio encontrar información relacionada con el tema <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/calor/waals/waals.html>

Trabajo Práctico N°6

Calorimetría

1. El calor específico de un fluido se puede medir con un calorímetro de flujo como el esquematizado en la figura.

El fluido atraviesa el calorímetro en flujo estacionario, de forma tal que la masa por unidad de tiempo que lo atraviesa v_m es constante. Penetrando a una temperatura T_i el fluido pasa por una región donde funciona un calentador eléctrico de potencia P constante y emerge con temperatura T_f , en un régimen estacionario. Si en una experiencia con benceno se han medido los valores, $v_m = 5 \text{ g/s}$, $P = 200 \text{ W}$, $T_i = 15,5 \text{ °C}$ y $T_f = 38,8 \text{ °C}$, determine el calor específico del benceno.



Rta: 410,7 cal/kg °C

2. ¿Qué cantidad de calor es necesaria para elevar la temperatura de 3 kg de cobre en 20°C? ¿y en 20 K?

Rta: 5640 cal

3. Una olla de cobre de 0,5 kg contiene 0,17 kg de agua a 20°C. Un bloque de hierro de 0,25 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.

Rta: 28 °C

4. Una muestra de 0,9 kg de agua se encuentra en equilibrio con un calorímetro de cobre de 1,3 kg, a una temperatura de 300°K. En estas condiciones se agregan 0,22 Kg de hierro a 385°K. Determine la temperatura final del sistema despreciando las pérdidas.

Rta: 302 K

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

5. Dentro de un recipiente de paredes adiabáticas 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 g, calcule la temperatura final que adquiriría el sistema y la cantidad de hielo que se fundiría.

b) Idem si la masa de plomo introducida fuera de 200 g.

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 mismo?

Rta: a) 0°C, 7,75 gr; b) 16,8 °C; c) 2,65 kg.

6. Un recipiente calorímetro de cobre ($m_c=30 \text{ cal/}^\circ\text{C}$) contiene 50 g de hielo. El sistema se encuentra inicialmente a 0°C. Se hacen circular dentro del calorímetro 12g de vapor a 100°C y 1 atm de presión. ¿Cuál es la temperatura final del calorímetro y de su contenido?

Rta: 40°C.

7. Una persona prepara una cantidad de té helado mezclando 520 g de té caliente (esencialmente agua), con una cantidad igual de hielo a 0 °C. ¿Cuál es la temperatura final y la masa de hielo presente si el té caliente está inicialmente a una temperatura de a) 90 °C y b) 70 °C?

Rta: a) 5°C, 0 gr; b) 0°C, 65 gr.

8. En el interior de un calorímetro que contiene 1.000 g de agua a 20°C se introducen 500 g de hielo a -16°C. El calorímetro es de cobre y tiene una masa de 278 g. Calcule la temperatura final del sistema, suponiendo que no haya pérdidas de calor.

Rta: 11 °C.

9. Dentro de un calorímetro se colocan 14 kg de agua y 3,6 kg de un material desconocido estando el conjunto a 16°C. Luego, se introduce una pieza de 1,8 kg del mismo material a 180°C. Si la temperatura final de todo el sistema es de 18°C, y no hubo pérdidas energéticas, halle el calor específico del material.

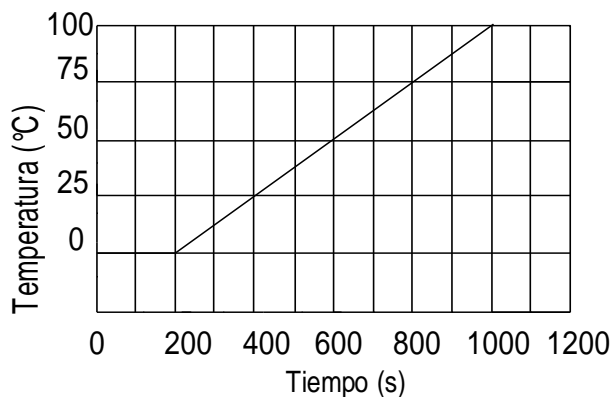
Rta: 0,098 cal/gr °C.

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN
Termodinámica

10. Dos cubos de hielo (50 g) se introducen en un vaso que contiene 200 g de agua. Si la temperatura inicial del agua era $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y si el hielo provenía directamente de un refrigerador que opera a una temperatura de -15°C , ¿cuál será la temperatura final del agua?

Rta: $2,41\text{ }^{\circ}\text{C}$.

11. Una mezcla de hielo y agua está en un recipiente aislado. Un calentador eléctrico de inmersión de capacidad calorífica despreciable proporciona calor al recipiente a razón de 40 cal/s durante 20 min. La temperatura de la mezcla en función del tiempo se muestra en la figura.



a) Explique qué le sucede al contenido durante los intervalos de tiempo que van de 0 a 200 s, de 200 a 1000 s y 1000 a 1200 s.

b) ¿Cuántos gramos de hielo había originalmente en el recipiente?

c) ¿Cuántos gramos de agua hay en el recipiente después de fundido el hielo?

12. En un recipiente de capacidad calorífica despreciable se colocan 1,6 Kg de agua a 12°C y 60 g de hielo a -4°C . Determine la temperatura final del sistema.

Rta: $8,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

Rta: $0,24\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$.

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN
Termodinámica

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

15. Un vaso aislado con masa despreciable contiene 0,25 kg de agua a 75°C . ¿Cuántos kg de hielo a -20°C deben colocarse para que la temperatura final del sistema sea 30°C ?

Rta: 0,09 Kg.

16. Un calentador eléctrico, conectado a 220V, está diseñado para calentar un litro de agua dentro de un termo, llevando la temperatura de 20°C a 80°C en 5 minutos. Determine la resistencia del calentador.

Rta: 5,8 Ω .

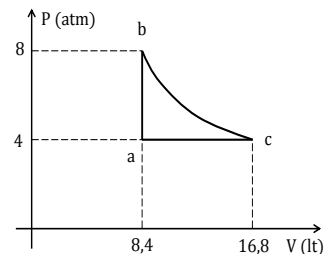
17. Un calentador eléctrico de 600 W fue diseñado para conectarlo a una línea de 220 V. Determine la resistencia del calentador, la corriente que requiere para su funcionamiento y la potencia del calentador en kCal/hora.

Rta: 81,5 Ω , 2,7 A; 9028,8 Kcal/h.

Trabajo Práctico N°7

Segundo Principio de la Termodinámica

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



a) Calcule el trabajo realizado por el gas en cada una de las etapas del ciclo.

b) Halle la energía transferida en forma de calor y la variación de energía interna, en cada una de las etapas del ciclo.

c) Determine el rendimiento del ciclo térmico.

Rta: c) 10%.

2. N moles de un gas ideal están sometidos a una presión P_1 . El volumen que ocupan es V_1 y la temperatura del sistema es T_h . El sistema experimenta una expansión isotérmica hasta que su presión y su volumen son P_2 y V_2 . A continuación se expande adiabáticamente hasta alcanzar la temperatura T_c en el estado 3 (caracterizado por presión P_3 y volumen V_3). Seguidamente el sistema se comprime isotérmicamente hasta alcanzar el volumen V_4 .

Finalmente el sistema se comprime adiabáticamente hasta recuperar su estado original caracterizado por las variables termodinámicas: P_1, V_1, T_h .

a) Represente este ciclo en un diagrama P-V.

b) Encuentre la energía transferida en forma de calor durante la expansión isotérmica y durante la compresión isotérmica.

c) Halle el trabajo efectuado en cada uno de los cuatro procesos.

d) Halle el trabajo neto realizado en el ciclo.

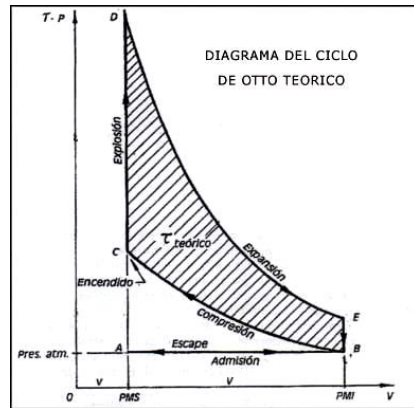
e) El proceso al que es sometido este gas se denomina ciclo de Carnot. Calcule el rendimiento, escríbalo en función de las temperaturas.

Para averiguar: El rendimiento de este ciclo ¿depende de la sustancia de trabajo de la máquina térmica?

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

3. El comportamiento de un motor de gasolina se puede aproximar al de un ciclo ideal llamado ciclo OTTO esquematizado en la figura, donde los procesos BC y DE son adiabáticos.



a) Calcule las transferencias de energía en forma de calor y trabajo en cada una de las transformaciones, expresando el resultado en términos de las presiones y los volúmenes en los puntos B, C, D y E.

b) Calcule el rendimiento del ciclo, demostrando que puede expresarse en función de las temperaturas del sistema en los puntos B, C, D y E en la forma:

$$\eta = 1 - \frac{(T_E - T_B)}{(T_D - T_C)}$$

c) Utilizando la relación $T \cdot V^{\gamma-1} = cte$ (que relaciona dichas variables en una transformación adiabática), demuestre que

$$\eta = 1 - \left(\frac{V_C}{V_B} \right)^{\gamma-1}$$

4. Una máquina que utiliza un mol de gas ideal diatómico efectúa un ciclo que consta de 3 etapas.

Etapas 1: El gas se expande adiabáticamente desde un volumen de 10 litros y una presión inicial de 2,64 atm, hasta un volumen de 20 litros.

Etapas 2: El gas es comprimido a presión constante hasta su volumen original.

Etapas 3: El gas aumenta su temperatura a volumen constante hasta alcanzar su presión original.

a) Haga el diagrama P - V del ciclo.

b) Calcule el trabajo, la energía transferida en forma calor y la variación de energía interna en cada una de las etapas. Determine si la energía se transfiere desde o hacia el sistema en cada caso.

c) Calcule el rendimiento del ciclo.

Rta: c) 10%.

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN
Termodinámica

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

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% del rendimiento de un motor ideal funcionando entre las mismas temperaturas?

Rta: a) 76 gr.

6. Calcule el rendimiento de un motor que funciona haciendo pasar gas ideal monoatómico por el siguiente ciclo:

Comienza con n moles, a P_0 , V_0 y T_0 .

A volumen V_0 constante, aumenta su presión al doble.

A presión constante, duplica su volumen.

A volumen constante, disminuye su presión hasta llegar a la presión inicial.

A presión constante, regresa al estado inicial.

Rta: 15%.

7. Un motor de Carnot cuyo foco caliente está a 400 K toma 100 cal a esta temperatura en cada ciclo y cede 80 cal al foco frío.

a) ¿Cuál es la temperatura de éste último?

b) ¿Cuál es el rendimiento del ciclo?

Rta: 300 K; 25%.

8. a) Una máquina de Carnot opera entre un recipiente caliente a 320 K y un recipiente frío a 260 K. Si absorbe 500 J de calor del recipiente caliente, ¿cuánto trabajo produce?

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

b) Si la misma máquina, trabajando en sentido contrario, funciona como un refrigerador entre los mismos dos depósitos, ¿cuánto trabajo debe suministrársele para extraer 1.000 J de calor del recipiente frío?

Rta: 94 J; 230,7 J.

9. Una muestra de 0,2 moles de gas ideal monoatómico se expande isotérmicamente a 440 K. La expansión ocurre desde 2,8 l hasta 4,3 l. Luego, el sistema se comprime a presión constante hasta recuperar su volumen inicial, y finalmente se cierra el ciclo a volumen constante.

a) Determine el trabajo realizado por el gas a lo largo del ciclo y el calor intercambiado en cada transformación.

b) Calcule el rendimiento del ciclo y compare con el rendimiento de un ciclo de Carnot que funcione entre las mismas temperaturas extremas.

Rta: 8%.

10. El motor de un refrigerador tiene una potencia de salida de 200 W. Si el compartimiento de congelación está a 270 K y el aire del exterior está a 300 K, ¿cuál es la cantidad máxima de calor que puede extraerse del compartimiento de congelación en 10 minutos suponiendo que tenga una eficiencia ideal?

Rta: 258 cal.

Trabajo Práctico N°8

Entropía

1. Dentro de un calorímetro aislado se mezcla 1 kg de agua a 0°C con 1 kg de agua a 100°C . Halle la variación de la entropía del sistema. ¿Cuáles son las transformaciones reversibles que debe idear para calcular esta variación?

Rta: 24,25 cal/K.

2. En un calorímetro se mezclan 200 g de aluminio a 100°C con 50 g de agua a 20°C . Encuentre la variación de la entropía del sistema.

Rta: 0,67 cal/K.

3. Un cubo de hielo de 8 gr a -10°C se deja caer en un termo que contiene 100 g de agua a 20°C . ¿Cuál es el cambio de la entropía del sistema cuando se alcanza un estado final de equilibrio?

Rta: 0,15 cal/K.

4. Dos moles de un gas ideal experimentan una expansión isotérmica reversible desde $0,02\text{ m}^3$ hasta $0,04\text{ m}^3$ a una temperatura de 300 K. ¿Cuál es la variación de entropía del gas?

Rta: 2,77 cal/K.

5. Un mol de gas ideal monoatómico a 27°C y 1 atm de presión se calienta a presión constante hasta que su volumen se triplica. Calcule a) ΔU , b) W , c) Q y d) ΔS .

Rta: 73,8 l atm; 49,2 l atm; 123 l atm; 0,23 l atm.

6. Un cilindro de 12 l de capacidad, aislado térmicamente, está separado en dos compartimientos iguales, mediante un tabique removible. En uno de los lados se colocan 0,5 moles de un gas ideal diatómico a 375 K. En el otro lado se ha practicado vacío. Suponga ahora que se suprime el tabique separador de manera que el gas se expande hasta ocupar todo el volumen. Determine la

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN

Termodinámica

temperatura final del sistema y el cambio de entropía ocurrido en la expansión. Discuta acerca de la irreversibilidad de este proceso.

Rta: 375 K; 07, cal/K.

7. 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 de las máquinas fue aprobada? Explique su razonamiento

Verifique su respuesta mediante el cálculo de la variación de entropía, ΔS .

8. Un mol de gas ideal monoatómico parte de un estado inicial de presión p y volumen V y llega a un estado final de presión $2p$ y volumen $2V$ por dos procesos diferentes:

1) se expande isotérmicamente hasta duplicar su volumen y después se hace aumentar su presión, a volumen constante, hasta su estado final.

2) se le comprime, a volumen constante, hasta duplicar su presión y después se hace aumentar su volumen, a presión constante, hasta el estado final.

a) Indique la trayectoria de cada proceso en un diagrama pV .

b) Para cada proceso calcule en términos de p y de V , el calor absorbido por el gas en cada parte del proceso; el trabajo efectuado por el gas en cada parte del proceso; el cambio de energía interna del gas y el cambio de entropía del gas.

FÍSICA II Facultad Regional La Plata – UTN
Termodinámica

9. VERDADERO o FALSO, ¿POR QUÉ?

- a) El primer principio de la termodinámica es una generalización del principio de conservación de la energía.
- b) Es posible construir una máquina térmica periódica que produzca trabajo, extrayendo energía en forma de calor de los cuerpos que la rodean.
- c) Todas las máquinas reversibles que funcionan entre dos fuentes (T_1 y T_2) tienen el mismo rendimiento.
- d) Es necesario utilizar un gas ideal para que una máquina reversible alcance el rendimiento máximo.
- e) Al fundirse un kilogramo de hielo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y convertirse en agua a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, la entropía aumenta 293 cal/K
- f) Por un proceso reversible, el agua del punto anterior, se convierte nuevamente en hielo. La variación de entropía en todo el ciclo completo es de -293 cal/K .
- g) Un sistema aislado experimenta una transformación irreversible desde el estado 1 al estado 2.
 - I) La entropía aumenta.
 - II) Es imposible calcular la variación de entropía entre el estado 1 y el estado 2.

