

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## Objetivos:

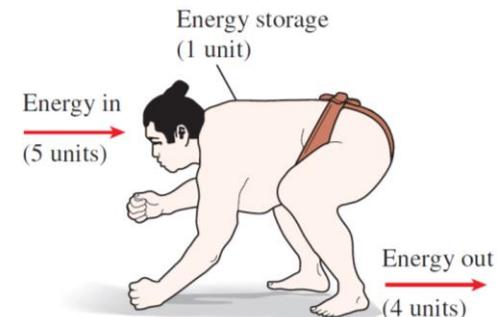
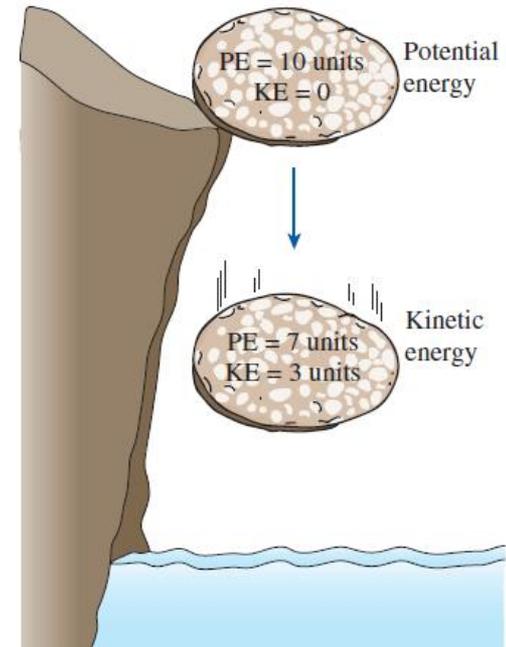
1. Definir vocabulario de uso común y explicar algunos conceptos básicos de la termodinámica.
2. Revisar brevemente el sistema métrico e inglés de unidades.
3. Introducir una técnica sistemática e intuitiva para la resolución de problemas.

## 1. Termodinámica y energía.

La *termodinámica* puede ser definida como la ciencia de la energía. El nombre termodinámica viene de las palabras griegas *therme* (calor) y *dynamis* (fuerza).

La *energía* puede ser vista como la habilidad de causar un cambio.

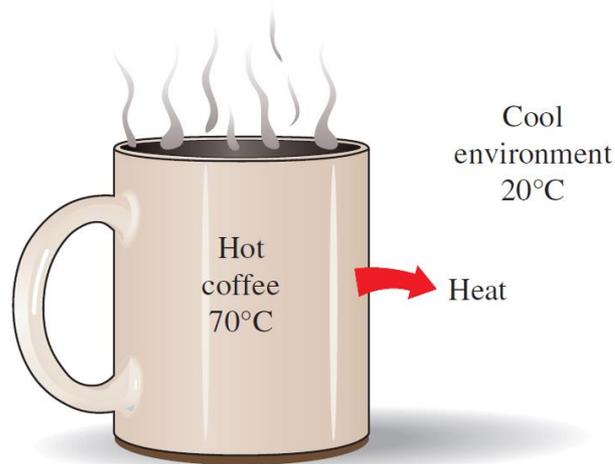
*Principio de conservación de energía.* Es una de las leyes fundamentales de la naturaleza, establece que durante una interacción la energía puede cambiar de una forma a otra pero la cantidad total de energía permanece constante. Esta es la *primera ley de la termodinámica*.



# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

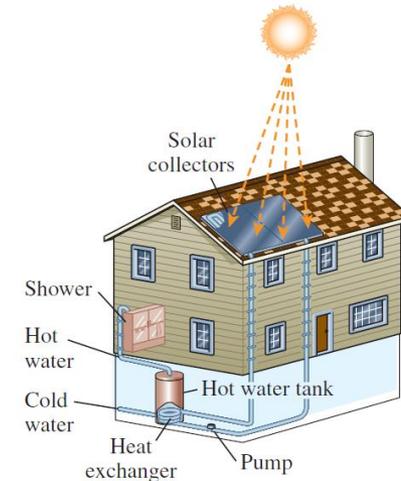
## 1. Termodinámica y energía.

*Segunda ley de la termodinámica.* La energía tiene tanto calidad como cantidad, y los procesos reales ocurren en la dirección de decremento de calidad de la energía.



### Áreas de aplicación de la termodinámica

Prácticamente todas las actividades en la naturaleza involucran interacciones entre energía y materia, por lo tanto todas están relacionadas de alguna forma a la termodinámica.



Ver figura 1.5 del libro de texto para más aplicaciones.

## 2. Importancia de dimensiones y unidades.

Cualquier cantidad física puede ser caracterizada por *dimensiones* y las magnitudes asignadas a las dimensiones se conocen como *unidades*.

Hay dimensiones básicas o primarias y dimensiones secundarias o derivadas.

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 2. Importancia de dimensiones y unidades.

The seven fundamental (or primary) dimensions and their units in SI	
Dimension	Unit
Length	meter (m)
Mass	kilogram (kg)
Time	second (s)
Temperature	kelvin (K)
Electric current	ampere (A)
Amount of light	candela (cd)
Amount of matter	mole (mol)

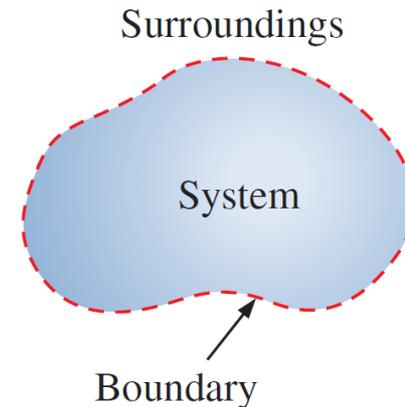
Las dimensiones presentaran determinadas magnitudes dependiendo del sistema de unidades empleado (sistema internacional SI o sistema ingles). Para más detalles refiérase a la sección 1.2 del libro de texto.

## 3. Sistemas y volúmenes de control.

Un *sistema* puede ser definido como una región en el espacio seleccionada para su estudio. Los sistemas pueden ser abiertos o cerrados.

Los *alrededores* constituyen toda aquella región fuera del sistema.

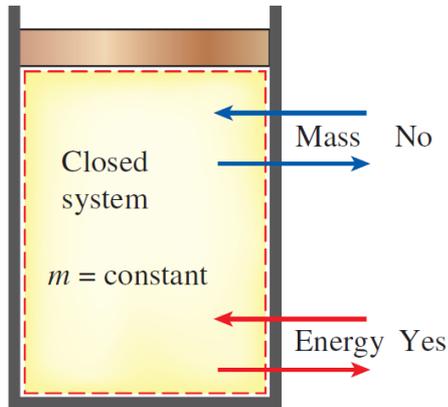
La *frontera* es la superficie real o imaginaria que separa a un sistema de sus alrededores. Dicha frontera puede ser fija o móvil y al ser representada esquemáticamente se supone no contiene masa ni ocupa espacio.



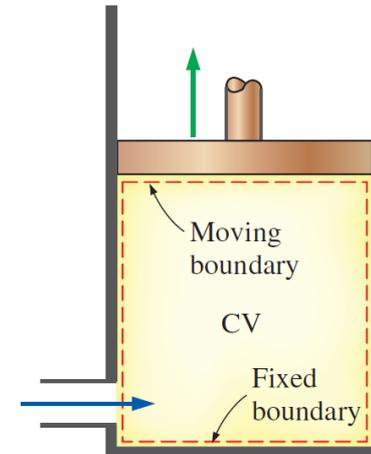
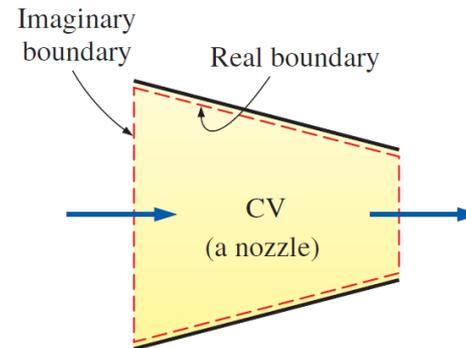
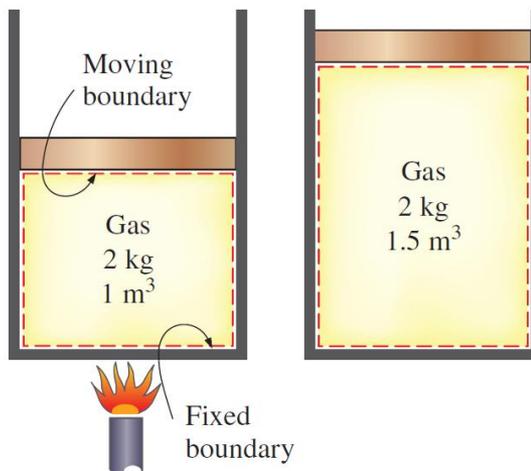
Un *sistema cerrado* o *masa de control* es un sistema de masa fija. En un sistema cerrado puede haber transferencia de energía siempre y cuando no este aislado.

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 3. Sistemas y volúmenes de control.



Un *sistema abierto* o *volumen de control* es aquel en donde puede haber transferencia tanto de masa como de energía a través de su frontera. Puede presentar frontera fija o móvil al igual que el sistema cerrado, pero es más común que su frontera sea fija (de ahí el nombre de volumen de control). En general, cualquier región en el espacio puede ser seleccionada como volumen de control, pero dicha elección suele hacerse de manera tal que se facilite el análisis del sistema.



# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 4. Propiedades de un sistema.

Una *propiedad* es cualquier característica de un sistema (temperatura, presión, volumen, o masa por ejemplo). Las propiedades pueden ser intensivas o extensivas.

Las *propiedades intensivas* son aquellas independientes del tamaño o extensión del sistema (temperatura, presión, o densidad).

Las *propiedades extensivas* son aquellas que si dependen del tamaño o extensión del sistema (masa total o volumen total por ejemplo). Una propiedad extensiva puede volverse intensiva al ser dividida por unidad de masa. A dichas propiedades se les conoce como propiedades específicas.

$m$
$V$
$T$
$P$
$\rho$

$\frac{1}{2} m$	$\frac{1}{2} m$	} Extensive properties
$\frac{1}{2} V$	$\frac{1}{2} V$	
$T$	$T$	} Intensive properties
$P$	$P$	
$\rho$	$\rho$	

## Medio continuo

La *materia* está *constituida* por *átomos* ampliamente espaciados en el caso de la fase gaseosa. Sin embargo, cuando el tamaño del sistema es relativamente grande en comparación con el espacio entre las moléculas (grupos de átomos) la materia puede ser idealizada como un medio continuo.

La idealización de *medio continuo* permite tratar a las propiedades como funciones puntuales que varían continuamente en el espacio sin que existan discontinuidades.

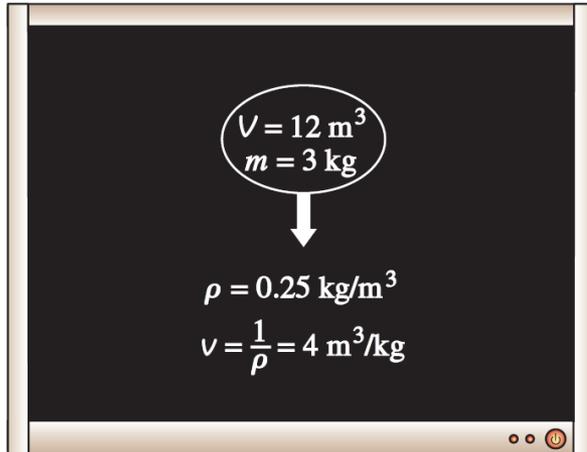
## 5. Densidad y gravedad específica.

La *densidad*  $\rho$  es definida como masa  $m$  por unidad de volumen  $V$ . Su recíproco es el volumen específico  $v$ .

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{m}{V} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 5. Densidad y gravedad específica.



La densidad de una sustancia, en general, depende de dos propiedades intensivas. En el caso de la mayoría de los gases es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura. En el caso de los líquidos y sólidos, que suelen ser considerados como sustancias incompresibles, la variación de la densidad con respecto a la presión es prácticamente despreciable.

La *gravedad específica* o *densidad relativa* SG es la razón de la densidad de una sustancia con respecto a la densidad de alguna otra sustancia de referencia

a una temperatura específica (generalmente es agua a  $4^\circ\text{C}$ ,  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ).

$$\text{SG} = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Specific gravities of some substances at $0^\circ\text{C}$	
Substance	SG
Water	1.0
Blood	1.05
Seawater	1.025
Gasoline	0.7
Ethyl alcohol	0.79
Mercury	13.6
Wood	0.3–0.9
Gold	19.2
Bones	1.7–2.0
Ice	0.92
Air (at 1 atm)	0.0013

El *peso específico*  $\gamma_s$  es el peso de una sustancia  $W$  por unidad de volumen  $V$ .

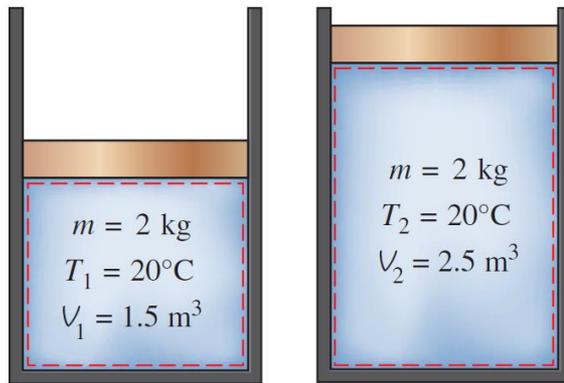
$$\gamma_s = \frac{W}{V} = \rho g \quad \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$$

Donde  $\rho$  es la densidad de la sustancia y  $g$  es la gravedad.

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 6. Estado y equilibrio.

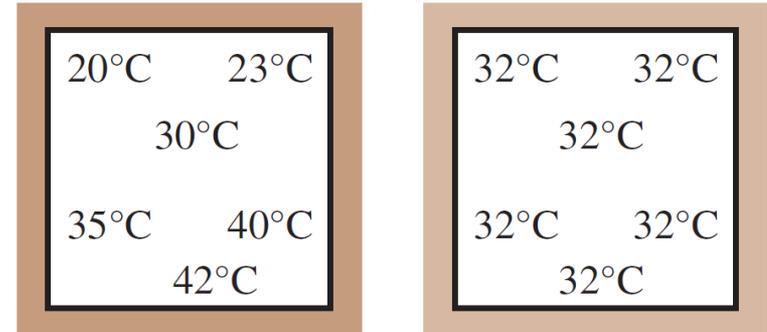
Un *estado* constituye una condición del sistema en donde todas las propiedades tienen definidos valores fijos. Al cambiar siquiera el valor de una propiedad, el estado del sistema también cambiará.



(a) State 1

(b) State 2

La termodinámica trata con estados de equilibrio. La palabra equilibrio implica un estado de balance y un sistema no está en equilibrio termodinámico a menos que se cumpla con todos los tipos relevantes de equilibrio (térmico, mecánico, de fase, químico por ejemplo).



(a) Before

(b) After

### Postulado de estado

*Un estado de un sistema compresible simple (de densidad no constante y en donde no actúan efectos eléctricos, magnéticos, gravitacionales, entre otros) será especificado por completo por dos propiedades intensivas independientes.*



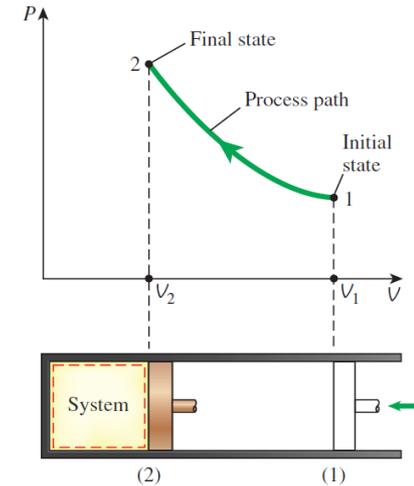
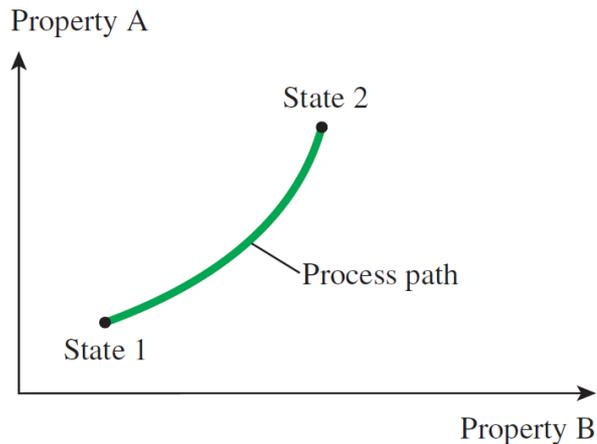
Solo en sistemas de una sola fase, la temperatura y la presión, constituyen propiedades independientes.

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

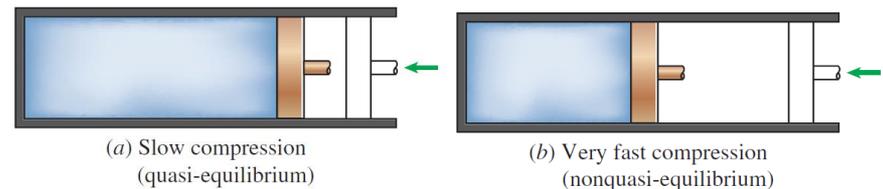
## 7. Procesos y ciclos.

Un *proceso* es cualquier cambio que sufra un sistema de un estado de equilibrio a otro. Un proceso es descrito por completo al especificar el estado inicial, el estado final, el camino recorrido, y las interacciones con los alrededores.

Un *camino o recorrido* constituye el conjunto de estado a través de los cuales pasa el sistema durante el proceso.



Un proceso de *quasi-equilibrium* es aquel lo suficientemente lento para que el sistema se ajuste internamente de forma tal que las propiedades en una parte del sistema no cambien más rápidamente que en el resto del sistema. Permanece infinitesimalmente cerca al estado de equilibrio en todo momento. Este es un proceso ideal.



# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 7. Procesos y ciclos.

Los procesos de *quasi-equilibrium* son de relevancia porque son fáciles de analizar y porque un dispositivo que produce trabajo operaría a su mayor eficiencia si siguiera este proceso.

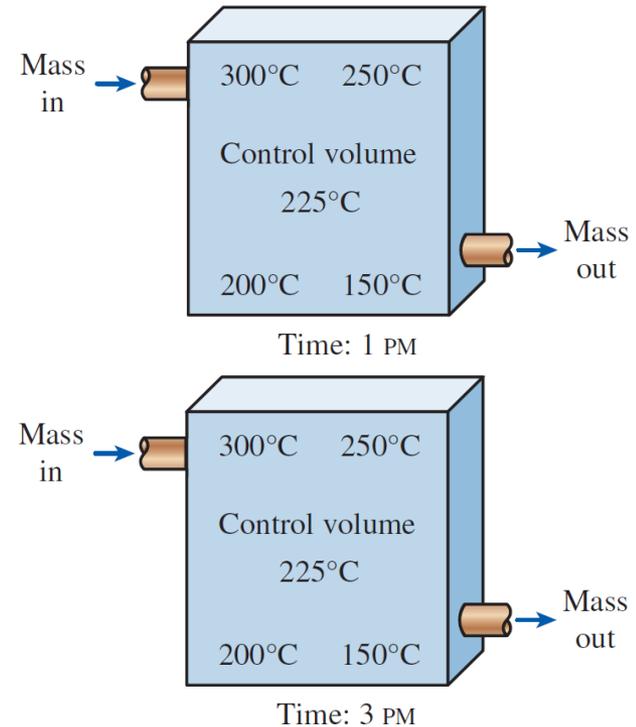
El prefijo *iso* se utiliza para designar un proceso en donde alguna propiedad se mantiene constante.

Isotérmico	$T = \text{constante}$
Isobárico	$P = \text{constante}$
Isocórico o isométrico	$v = \text{constante}$

Un ciclo se refiere a un proceso en donde el estado inicial y final son idénticos una vez finaliza el recorrido.

### Procesos de estado estable

*Estable* o *estacionario* significa que no hay cambios con respecto al tiempo. *Lo opuesto* a estable sería *no estable* o *transitorio*.



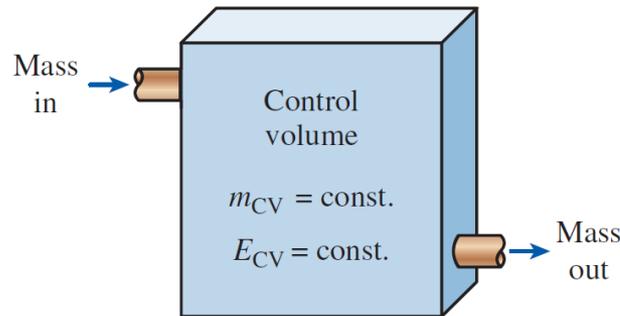
*Uniforme* significa que no hay cambios con respecto al espacio en una región específica.

Un *proceso de estado estable* es aquel en donde un fluido fluye a través de un volumen de control de forma estable. Es decir, las propiedades del fluido no varían con el tiempo durante el proceso.

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 7. Procesos y ciclos.

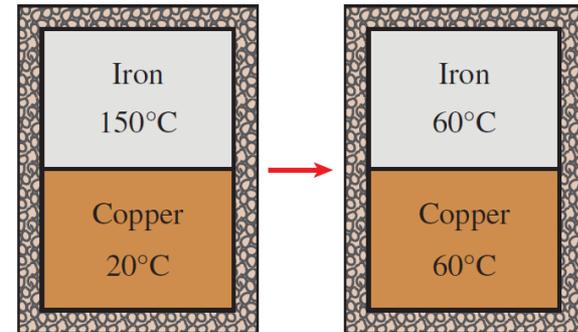
### Procesos de estado estable



## 8. Temperatura y ley cero de la termodinámica.

El *equilibrio térmico* entre dos cuerpos se alcanza cuando ambos presentan la misma temperatura y la transferencia de calor se detiene. El único requisito para que se alcance este equilibrio es la igualdad de temperatura.

La *ley cero de la termodinámica* establece que si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercer cuerpo, ellos también estarán en equilibrio térmico entre sí. La ley cero sirve como base para la validación de mediciones de temperatura.



*Cuando dos cuerpos están en equilibrio térmico ambos presentan la misma temperatura (medida por un termómetro), incluso sino se encuentran en contacto.*

### Escalas de temperatura.

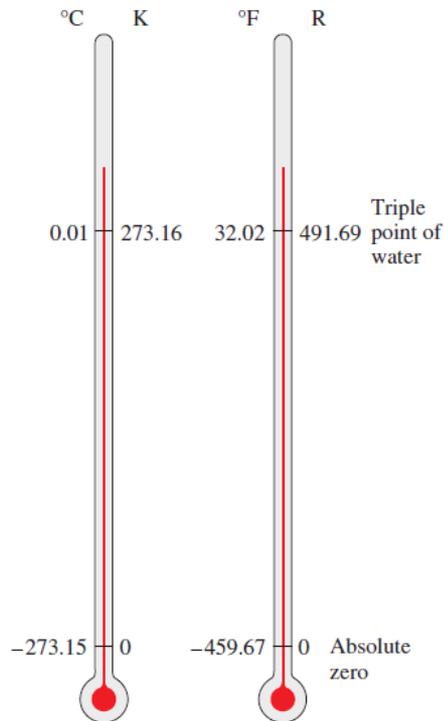
Las *escalas de temperatura* constituyen una base común para las medidas de temperatura y están basadas en estado de sustancias fácilmente reproducibles como el punto de congelación y ebullición del agua. Escalas de este tipo incluyen la escala de grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ , SI) y la escala de grados Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ , sistema inglés).

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 8. Temperatura y ley cero de la termodinámica.

### Escalas de temperatura.

También existen otras escalas independientes de las propiedades de sustancias, llamadas *escalas de temperatura termodinámica*, como la escala en grados kelvin (K, SI) y la escala en grados rankine (R, sistema inglés).



$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

$$T(\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 459.67$$

$$T(\text{R}) = 1.8T(\text{K})$$

Tenga presente que cuando se trata con diferencias de temperatura  $\Delta T$ :

$$\Delta T(\text{K}) = \Delta T(^{\circ}\text{C}), \quad \Delta T(\text{R}) = \Delta T(^{\circ}\text{F})$$

## 9. Presión.

La *presión* es definida como una fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área. Es un escalar (tensor de grado cero). En los sólidos la contraparte de la presión es el esfuerzo normal (tensor de grado dos).

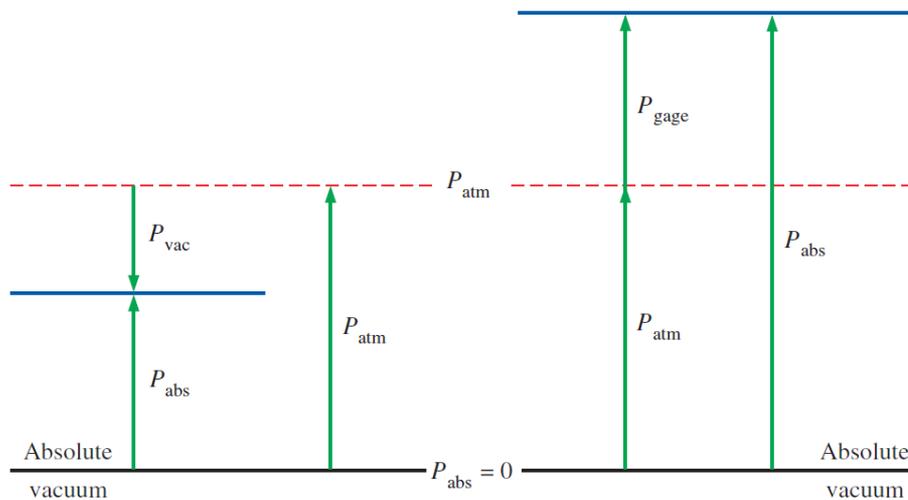
El *pascal* ( $\text{Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ) es la unidad de presión en el sistema internacional. Existen otras unidad de presión como bar, atm,  $\text{kgf/cm}^2$  (ver equivalencia con Pa en la sección 1.9 del libro de texto). En el sistema inglés la unidad de presión es libras fuerza por pulgada cuadrada ( $\text{lbf/in}^2$  o psi,  $1 \text{ atm} = 14.696 \text{ psi}$ ).

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 9. Presión.

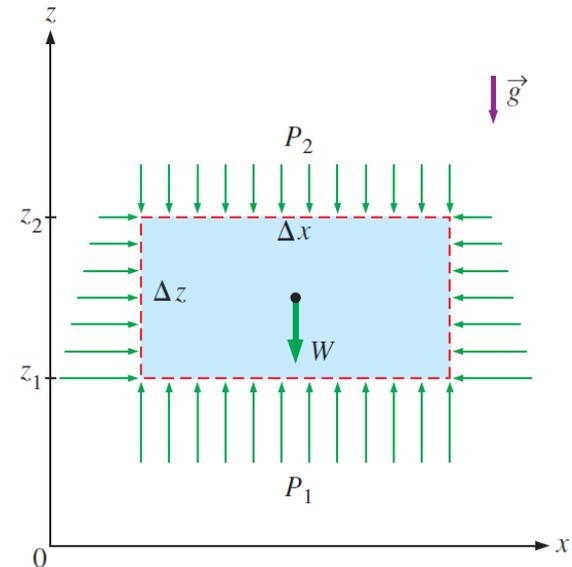
La *presión absoluta* es medida con respecto al vacío absoluto (presión cero absoluta).

La *presión manométrica*, puede ser positiva o negativa (de vacío), y es medida con respecto a la presión atmosférica. En términos de unidades se suele colocar un “a” si se trata de presión absoluta o una “g” si se trata de presión relativa (psia y psig).



Variación de la presión con la profundidad

Considere el elemento de volumen en equilibrio mostrado a continuación.



Donde  $z_2 = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} z_1 + \Delta z = z_1 + dz$ .

Sí realizamos un balance de fuerzas en la dirección  $z$  nos queda:

$$\sum F_z = ma_z = 0 \rightarrow P_1 A - P_2 A - w = 0$$

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 9. Presión.

### Variación de la presión con la profundidad

Aquí si se supone que la densidad  $\rho$  del fluido es constante lo anterior podría re escribirse como:

$$(P_1 - P_2)A = \rho g A dz$$

Donde  $P_1 = P(z_1)$  y  $P_2 = P(z_1 + dz)$ , entonces  $P_2$  se puede aproximar a  $P_1$  al realizar la expansión en serie de Taylor de  $P$  en torno a  $z_1$ , y al evaluar en  $z = z_1 + dz$ :

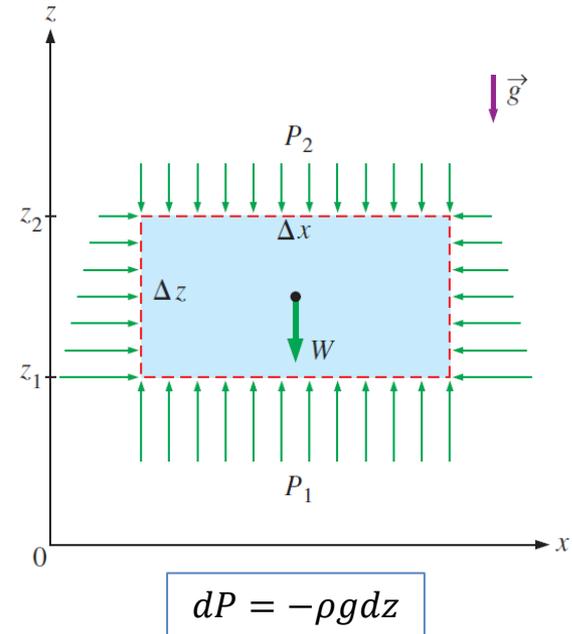
$$P(z_1 + dz) = P(z_1) + \frac{dP(z_1)}{dz} \frac{(z_1 + dz - z_1)}{1!} + \frac{d^2P(z_1)}{dz^2} \frac{(z_1 + dz - z_1)^2}{2!} + \dots$$

Lo cual tras despreciar los términos de orden superior nos da:

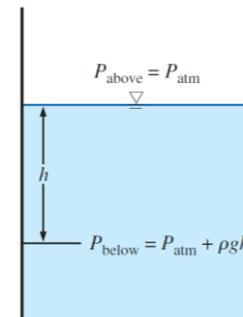
$$P(z_1 + dz) \approx P(z_1) + \frac{dP(z_1)}{dz} dz \rightarrow P_2 = P_1 + dP_1$$

Consecuentemente:

$$[P_1 - (P_1 + dP_1)]A = \rho g A dz$$



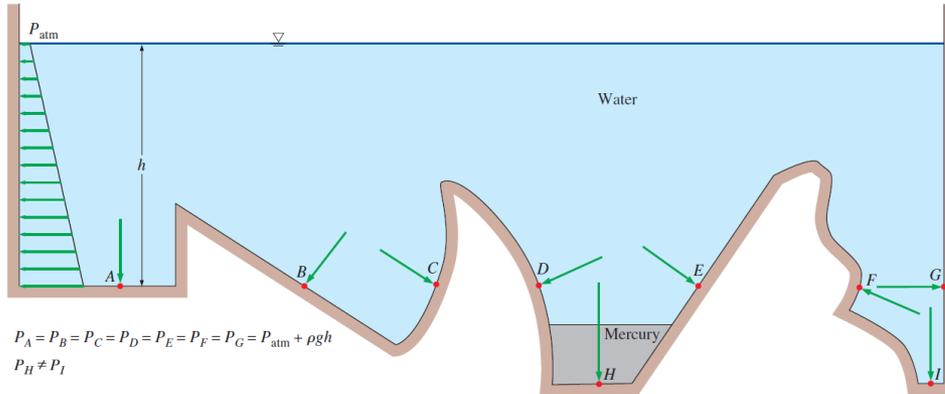
La expresión anterior hace evidente que la presión en un fluido estático incrementa linealmente con la profundidad.



# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

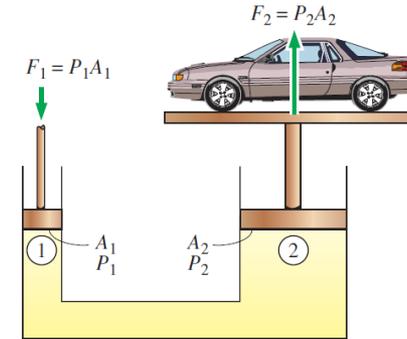
## 9. Presión.

Ha de decirse que la presión permanece constante en todas las otras direcciones.



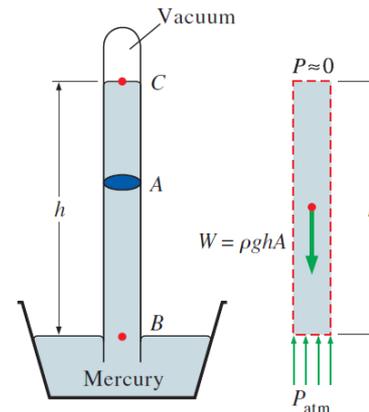
La ley de Pascal se deriva de la situación anterior.

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



## 10. Dispositivos de medición de presión.

El *barómetro* es un dispositivo comúnmente empleado para medir la presión atmosférica por medio de una columna de mercurio.



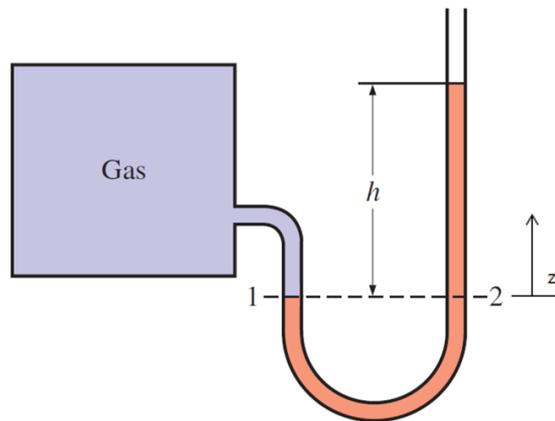
Del balance de fuerzas en la dirección vertical:

$$P_{atm} \cong \rho_{Hg} gh$$

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 10. Dispositivos de medición de presión.

El *manómetro clásico* es un instrumento que consiste de un tubo con forma de U, de vidrio o plástico, y que se utiliza para medir la diferencia de presión estática a partir de la columna de un fluido (mercurio, agua, alcohol, o aceite por ejemplo).



$$\int_{P(0)}^{P(h)} dP = -\rho g \int_0^h dz$$

$$P(h) - P(0) = -\rho gh$$

$$P(0) - P(h) = \rho gh$$

Para conocer acerca de otros dispositivos de medición de presión refiérase a la sección 1.10 del libro de texto.

## 11. Técnica para la resolución de problemas.

Paso 1: Enunciar el problema. En sus propias palabras, brevemente enuncie el problema e incluya la información clave y las cantidades que deben ser determinadas.

Paso 2: Hacer un esquemático. Haga un esquemático realista y simplificado del sistema físico involucrado, y liste la información relevante en esta figura.

Paso 3: Suposiciones y aproximaciones. Establezca suposiciones y aproximaciones razonables para simplificar el problema y así obtener una solución.

Paso 4: Leyes físicas. Aplique todas las leyes físicas y principios relevantes (conservación de masa o energía por ejemplo) y reduzca las expresiones resultantes a su forma más simple empleando las suposiciones hechas.

# I. Introducción y conceptos termodinámicos básicos

## 11. Técnica para la resolución de problemas.

Paso 5: Determine las propiedades. Determine las propiedades no conocidas en los diferentes estados que son necesarias para la resolución del problema y que pueden ser obtenidas de relaciones con otras propiedades conocidas o por medio de tablas.

Paso 6: Efectué los cálculos. Sustituya las cantidades conocidas en las relaciones simplificadas, obtenidas a partir de las leyes y principios físicos, y efectúes los cálculos para determinar las incógnitas.

Paso 7: Razone, verifique, y discuta sus resultados. Asegúrese de que los resultados obtenidos son razonables y valide sus suposiciones iniciales.