

# Instancia Nacional

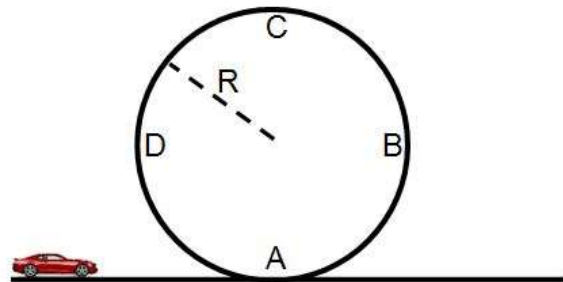
## Prueba Teórica - Nivel 1

### Problema 1

#### La carrera de los autos locos.

En la figura se muestra una pista de carreras que forma un lazo; el objetivo del juego es que los autos la recorran sin despegarse de ella.

La pista circular tiene un radio de 0,5 m y una masa de 0,8 kg; la masa del auto es de 0,2 kg.



Suponiendo que la pista está fija al piso, que no existe rozamiento entre el auto y la pista y que el auto ingresa a la pista con cierta velocidad:

- Grafique las fuerzas que actúan sobre el auto en los puntos A, B, C y D.
- Determine la mínima velocidad con la que el auto debe ingresar al lazo (punto A) para poder recorrer toda la pista sin despegarse de ella.

Si el auto ingresa al lazo con una velocidad de 10 m/s:

- Calcule la velocidad del auto en los puntos B, C y D.
- Calcule el impulso que se le aplica al auto entre los puntos A y B.

**NOTA:** considere la aceleración de la gravedad:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

### Problema 2

#### Niebla.

La niebla está formada por pequeñas gotas de agua que se encuentran suspendidas en el aire. Estas gotas son tan pequeñas que pueden permanecer suspendidas por lapsos de tiempo muy largos y, en la práctica, se puede considerar que no precipitan.

Una manera de formar una niebla es enfriar el aire hasta alcanzar una humedad relativa del 100%, condición que se conoce como *saturación*. A partir de esta condición, si el enfriamiento continúa, el vapor de agua comienza a condensar, formando las gotas de agua.

Para entender este proceso, primero debemos entender el sistema sobre el cual se forma la niebla, y luego el proceso termodinámico que da lugar a su formación.

El sistema que debemos considerar (aire) está formado por una mezcla de gases. En general, se considera al aire formado por *aire seco* (nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, etc.) y *vapor de agua*. La presión total ( $p$ ) de este sistema (aire seco + vapor de agua) es  $p = p_{as} + p_v$ , donde  $p_{as}$  es la presión parcial del aire seco y  $p_v$  es la presión parcial del vapor de agua.

**NOTA:** La *presión parcial* de cada componente de una mezcla de gases, se define como la presión que tendría cada uno de esos componentes de la mezcla si ocupara el mismo volumen de la mezcla, a la misma temperatura, en ausencia de los demás componentes.

La cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire, se expresa mediante el parámetro *humedad relativa*, que está definido como:

$$HR = 100 \frac{\rho_v}{\rho_s} \quad (1)$$

donde  $\rho_v$  es la densidad de vapor de agua presente y  $\rho_s$  es la densidad de saturación de vapor de agua. Esta densidad de saturación de vapor de agua expresa la máxima cantidad de vapor de agua, por unidad de volumen de aire, que puede contener el aire en ausencia de agua líquida a una dada temperatura. Por lo tanto,  $\rho_s$  es la cantidad de vapor de agua para que un sistema formado por agua líquida y vapor de agua, a la misma temperatura, estén en equilibrio.

Si se considera al vapor de agua como un gas ideal y, bajo la hipótesis de que el volumen específico del vapor de agua es mucho mayor que el del líquido, el valor de  $\rho_s$  se puede obtener usando la ecuación de Clausius-Clapeyron:

$$p_s(T) = p_0 \exp \left[ -\frac{l_v M_v}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad (2)$$

donde  $p_s$  es la presión de saturación de vapor de agua,  $l_v$  es el calor latente de vaporización,  $M_v$  es la masa molar del vapor de agua,  $R$  es la constante universal de los gases y  $\exp$  representa la función exponencial (cuya función inversa es el logaritmo natural que se representa por  $\ln$ ). La ecuación (2) se representa en la **figura 1**.

- a) Demuestre que, si se considera al vapor de agua como un gas ideal, la humedad relativa puede expresarse como:

$$HR = 100 \frac{p_v}{p_s} \quad (3)$$

- b) Si a las 20hs se mide una humedad relativa de 60% y una temperatura de 20°C, ¿Cuál es la presión parcial del vapor de agua,  $p_v$ , en el aire?

Considere al aire seco como un gas ideal con una masa molar:

$$M_{as} = 28,97 \text{ g mol}^{-1}.$$

- c) Si la presión atmosférica  $p$  es igual a 1000 hPa, ¿Cuál es la densidad del aire seco  $\rho_{as}$ ?
- d) ¿A qué temperatura el aire alcanzará el estado de saturación (es decir HR=100%)? A esta temperatura se la conoce como temperatura de rocío  $T_R$ .

Durante la noche, el aire próximo a la superficie terrestre, se enfría; ya que pierde calor por radiación y conducción. Este enfriamiento de todo el sistema (aire seco + vapor de agua) se puede considerar, hasta tanto alcance la condición de saturación, como un proceso isobárico. Cuando se alcanza la temperatura de rocío, y si continúa el enfriamiento del aire, se forma la niebla (es decir, se condensa agua). Una vez formada la niebla, la presión parcial de vapor de agua es la presión de saturación a la temperatura en que se encuentre el sistema.

Si a la salida del sol (6 hs) se registra la temperatura mínima del aire con un valor de 11.0 °C

- e) Represente, en el gráfico provisto en la hoja de respuesta, el proceso de enfriamiento y formación de niebla.

### Datos y constantes

Parámetro	Valor	Unidad
$p_0$	6,11	$hPa$
$T_0$	0,01	$^{\circ}C$
$l_v$	$2,5 \times 10^6$	$J kg^{-1}$
$M_v$	18,02	$g mol^{-1}$
$R$	8,314472	$J mol^{-1} K^{-1}$
$\rho_w$	1	$g cm^{-3}$
$M_p$	28,97	$g mol^{-1}$
$c$	1004	$J kg^{-1} K^{-1}$

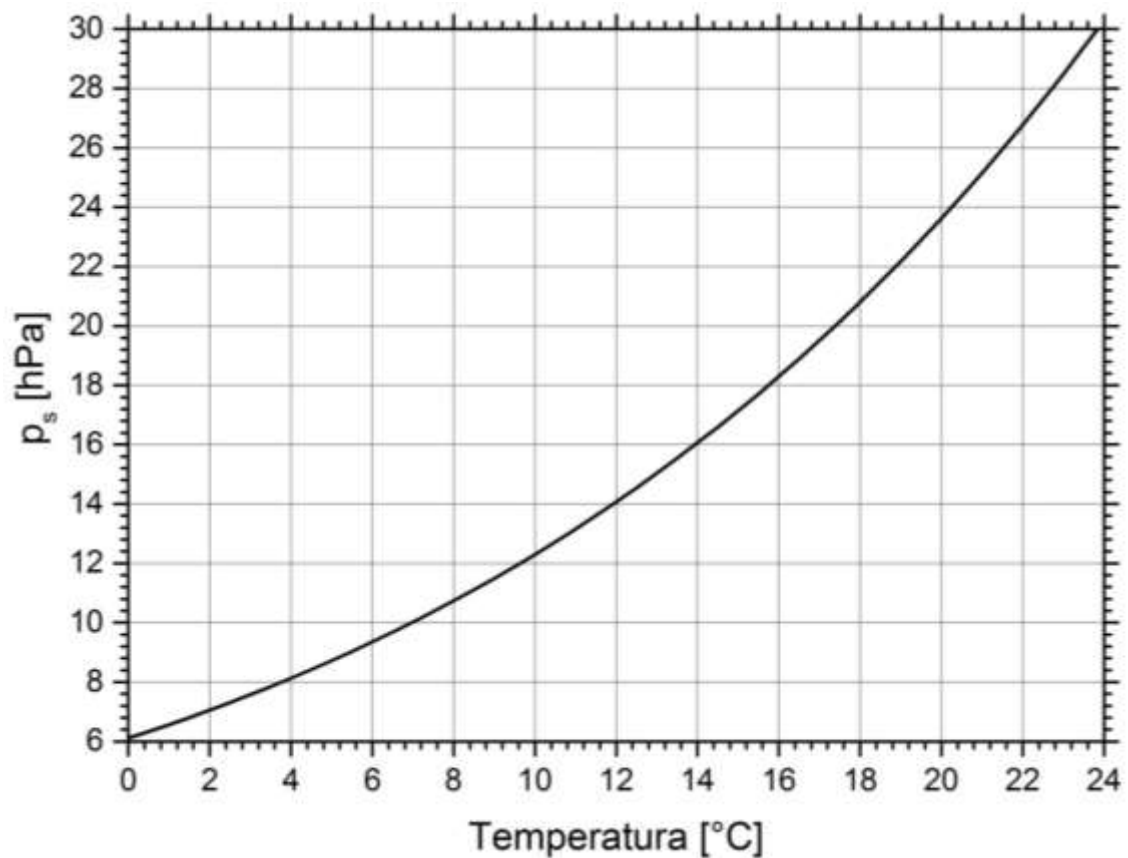
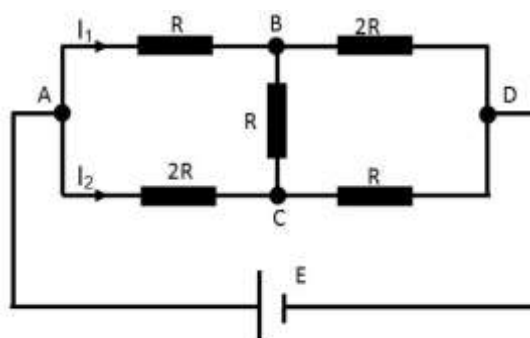


Figura 1: Presión de saturación de vapor de agua en función de la temperatura.

### Problema 3

#### Los circuitos y sus simetrías.

Un ingeniero electrónico juega con el diseño de circuitos eléctricos, que presentan cierta simetría. El primer circuito que diseña se muestra en la siguiente figura.



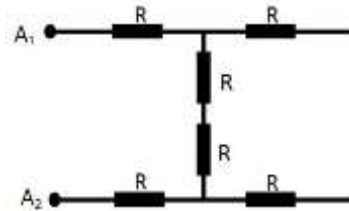
Llamando  $I_1$  e  $I_2$  a las corrientes que circulan por AB y AC respectivamente:

- Demuestre que las corrientes que circulan por BD y CD son  $I_2$  e  $I_1$ , respectivamente.
- Determine las corrientes que circulan por BC y DA en términos de  $I_1$  e  $I_2$ .
- Determine las corrientes  $I_1$  e  $I_2$  sabiendo que  $R = 10 \Omega$  y  $E = 20 \text{ V}$ .
- Determine la resistencia equivalente  $R_{eq}$  del circuito.

Si la resistencia en BC es reemplazada por una resistencia variable,  $R_x$ , que puede tomar valores entre  $0 \Omega$  y  $1 \times 10^{10} \Omega$ :

- Determine el posible rango de valores de la resistencia equivalente del circuito. Suponga que cuando  $R_x$  toma su máximo valor, éste puede considerarse infinito.

Entusiasmado, el ingeniero construye el siguiente bloque de resistencias:



- Si  $R = 10 \Omega$ , determine la resistencia entre los puntos  $A_1$  y  $A_2$ .

#### Ayuda

- La suma de las corrientes que entran en un nodo debe ser igual a la suma de las corrientes que salen del nodo.
- La suma algebraica de las caídas de potencial, en todos los elementos de cualquier malla cerrada, debe ser cero.

## Prueba Experimental - Nivel 1

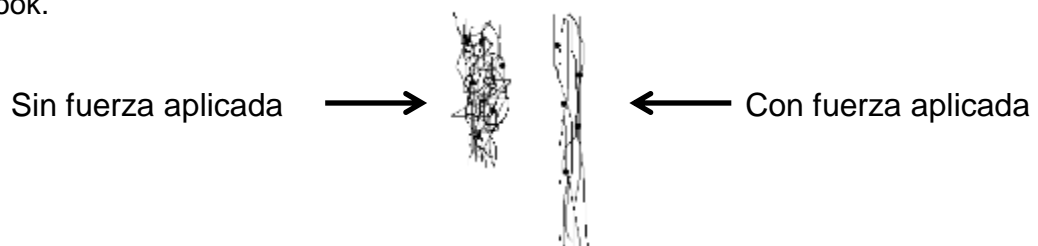
### Propiedades mecánicas de una banda elástica.

#### Introducción

El estudio de la deformación que sufre un material elástico, cuando se le aplica una fuerza externa, es de gran importancia para el estudio de algunas de sus propiedades físicas. Un material polimérico es un material elástico formado por cadenas de moléculas muy largas, unidas por enlaces químicos en algunos puntos.



Cuando se ejerce una fuerza en los extremos de un material polimérico, estas cadenas comienzan a modificar su disposición, generando una respuesta distinta a la dada por la ley de Hook.



En particular, una banda elástica es un material polimérico y que frente a la aplicación de una fuerza externa responde, en un rango acotado de longitudes, a la siguiente expresión:

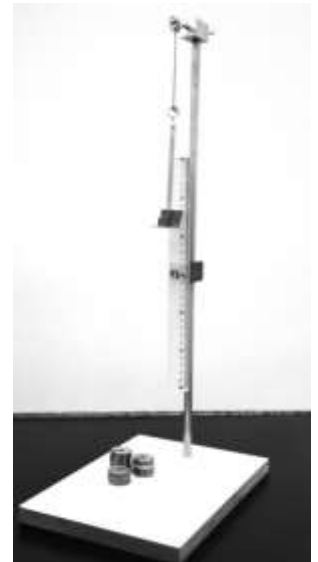
$$F = A\sigma \quad \text{donde} \quad \sigma = \frac{l}{l_0} \quad [1]$$

En esta expresión  $l_0$  es la longitud de la banda elástica cuando no tiene aplicada ninguna fuerza externa,  $l$  es su longitud cuando tiene aplicada una fuerza externa  $F$ , y  $A$  es una constante característica del material que depende de la temperatura.

**Objetivo:** Determinar experimentalmente el valor de  $A$

### Elementos disponibles

- 16 masas de aproximadamente 25 g cada una
- 1 porta-pesas
- 1 base con regla fija donde se cuelga la banda elástica (Ver Figura).
- 1 banda elástica
- 1 balanza
- Papel milimetrado



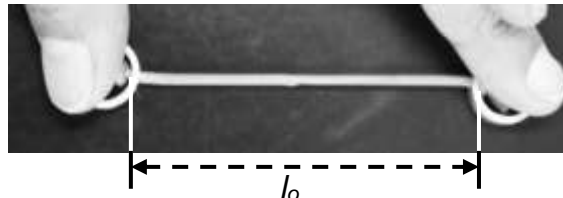
### Datos adicionales:

Aceleración de la gravedad:  $g = (9,79 \pm 0,01) \text{ m s}^{-2}$   
Masa de los anillos de aluminio:  $m = (0,70 \pm 0,01) \text{ g}$

### Procedimiento

Debido a que este es un experimento en el que efectuamos sobre la banda elástica un **proceso irreversible**, hay que realizar todo el procedimiento con mucho cuidado.

1. Mida la longitud  $l_0$  de la banda de goma.



2. Coloque el porta-pesas y vaya agregando pesas. Las pesas deben agregarse cuidadosamente, sin retirar las que se habían colocado previamente; tome todas las precauciones para que en el proceso de agregar las pesas no se modifique bruscamente la longitud de la banda de goma: ni estirándose ni acortándose. Para cada nueva pesa colocada espere, al menos 1 minuto, para realizar la correspondiente medida de la longitud de la banda de goma.
3. Repita el punto anterior hasta agregar, aproximadamente, 400 g en masas.

### Consignas

1. Informe el valor medido de  $l_0$ .
2. Haga una tabla con los valores de  $l$ ,  $m$  y  $\sigma$ .
3. Grafique  $m$  en función de  $\sigma$ .
4. Indique en el gráfico el intervalo en donde vale la expresión [1].
5. Ajuste con una recta los datos del intervalo indicado en el punto anterior. Determine el valor de la pendiente de dicha recta.
6. Determine el valor de  $A$ .

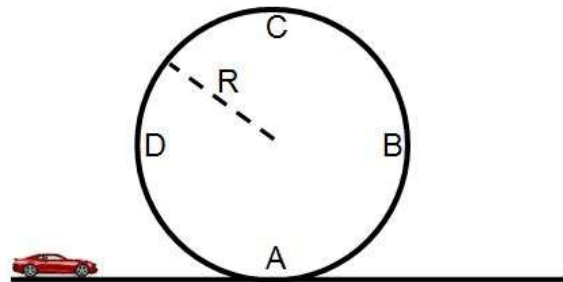
## Prueba Teórica - Nivel 2

### Problema 1

#### La carrera de los autos locos.

En la figura se muestra una pista de carreras que forma un lazo; el objetivo del juego es que los autos la recorran sin despegarse de ella.

La pista circular tiene un radio de 0,5 m y una masa de 0,8 kg; la masa del auto es de 0,2 kg.



Suponiendo que la pista está fija al piso, que no existe rozamiento entre el auto y la pista y que el auto ingresa a la pista con cierta velocidad:

- Grafique las fuerzas que actúan sobre el auto en los puntos A, B, C y D.
- Determine la mínima velocidad con la que el auto debe ingresar al lazo (punto A) para poder recorrer toda la pista sin despegarse de ella.

Si el auto ingresa al lazo con una velocidad de 10 m/s:

- Calcule la velocidad del auto en los puntos B, C y D.
- Calcule el impulso que se le aplica al auto entre los puntos A y B.

Ahora se repite el juego pero apoyando la pista sobre una superficie sin rozamiento. Suponiendo que el auto ingresa al lazo (punto A) con una velocidad de 10 m/s y que nunca se despegue de la pista:

- Calcule la velocidad del auto y la pista cuando el auto se encuentra en los puntos A, B, C y D.
- Calcule el trabajo que la pista realiza sobre el auto entre los puntos A y B.
- Calcule, cuando el auto ha abandonado la pista, la velocidad del auto y de la pista.

**NOTA:** considere la aceleración de la gravedad:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

### Problema 2

#### Niebla.

La niebla está formada por pequeñas gotas de agua que se encuentran suspendidas en el aire. Estas gotas son tan pequeñas que pueden permanecer suspendidas por lapsos de tiempo muy largos y, en la práctica, se puede considerar que no precipitan.

Una manera de formar una niebla es enfriar el aire hasta alcanzar una humedad relativa del 100%, condición que se conoce como *saturación*. A partir de esta condición, si el

enfriamiento continúa, el vapor de agua comienza a condensar, formando las gotas de agua.

Para entender este proceso, primero debemos entender el sistema sobre el cual se forma la niebla, y luego el proceso termodinámico que da lugar a su formación.

El sistema que debemos considerar (aire) está formado por una mezcla de gases. En general, se considera al aire formado por *aire seco* (nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, etc.) y *vapor de agua*. La presión total ( $p$ ) de este sistema (aire seco + vapor de agua) es  $p = p_{as} + p_v$ , donde  $p_{as}$  es la presión parcial del aire seco y  $p_v$  es la presión parcial del vapor de agua.

**NOTA:** La *presión parcial* de cada componente de una mezcla de gases, se define como la presión que tendría cada uno de esos componentes de la mezcla si ocupara el mismo volumen de la mezcla, a la misma temperatura, en ausencia de los demás componentes.

La cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire, se expresa mediante el parámetro *humedad relativa*, que está definido como:

$$HR = 100 \frac{\rho_v}{\rho_s} \quad (1)$$

donde  $\rho_v$  es la densidad de vapor de agua presente y  $\rho_s$  es la densidad de saturación de vapor de agua. Esta densidad de saturación de vapor de agua expresa la máxima cantidad de vapor de agua, por unidad de volumen de aire, que puede contener el aire en ausencia de agua líquida a una dada temperatura. Por lo tanto,  $\rho_s$  es la cantidad de vapor de agua para que un sistema formado por agua líquida y vapor de agua, a la misma temperatura, estén en equilibrio.

Si se considera al vapor de agua como un gas ideal y, bajo la hipótesis de que el volumen específico del vapor de agua es mucho mayor que el del líquido, el valor de  $\rho_s$  se puede obtener usando la ecuación de Clausius-Clapeyron:

$$p_s(T) = p_0 \exp \left[ -\frac{l_v M_v}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad (2)$$

donde  $p_s$  es la presión de saturación de vapor de agua,  $l_v$  es el calor latente de vaporización,  $M_v$  es la masa molar del vapor de agua,  $R$  es la constante universal de los gases y  $\exp$  representa la función exponencial (cuya función inversa es el logaritmo natural que se representa por  $\ln$ ). La ecuación (2) se representa en la **figura 1**.

- a) Demuestre que, si se considera al vapor de agua como un gas ideal, la humedad relativa puede expresarse como:

$$HR = 100 \frac{p_v}{p_s} \quad (3)$$

- b) Si a las 20hs se mide una humedad relativa de 60% y una temperatura de 20°C, ¿Cuál es la presión parcial del vapor de agua,  $p_v$ , en el aire?

Considere al aire seco como un gas ideal con una masa molar:

$$M_{as} = 28,97 \text{ g mol}^{-1}.$$

- c) Si la presión atmosférica  $p$  es igual a 1000 hPa, ¿Cuál es la densidad del aire seco  $\rho_{as}$ ?
- d) ¿A qué temperatura el aire alcanzará el estado de saturación (es decir HR=100%)? A esta temperatura se la conoce como temperatura de rocío  $T_R$ .

Durante la noche, el aire próximo a la superficie terrestre, se enfría; ya que pierde calor por radiación y conducción. Este enfriamiento de todo el sistema (aire seco + vapor de agua) se puede considerar, hasta tanto alcance la condición de saturación, como un proceso isobárico. Cuando se alcanza la temperatura de rocío, y si continúa el enfriamiento del aire, se forma la niebla (es decir, se condensa agua). Una vez formada la niebla, la presión parcial de vapor de agua es la presión de saturación a la temperatura en que se encuentre el sistema.

Si a la salida del sol (6 hs) se registra la temperatura mínima del aire con un valor de 11.0 °C

- e) Represente, en el gráfico provisto en la hoja de respuesta, el proceso de enfriamiento y formación de niebla.
- f) Si la tasa de enfriamiento del aire durante la noche es de  $14,67 \text{ J kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , estime la hora a la que el aire alcanza la condición de saturación. Suponga que la noche comienza a las 20 hs y que el calor específico del aire a presión constante es  $c=1004 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .
- g) ¿Qué masa de vapor  $m_c$  se condensó por metro cúbico de aire?

Cuando se forma la niebla, la visibilidad disminuye debido a que las gotas de agua dispersan luz. La intensidad de la luz que atraviesa la niebla disminuye de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I = I_0 \exp(-2NAz) \quad (4)$$

donde A es el área transversal de las gotas de agua al haz de radiación, N es la concentración de gotas (número de gotas por unidad de volumen) e  $I_0$  es la radiación sin atenuación.

Se observa que la intensidad disminuye al 8% de su valor inicial, cuando el haz de luz atraviesa 100 metros de niebla.

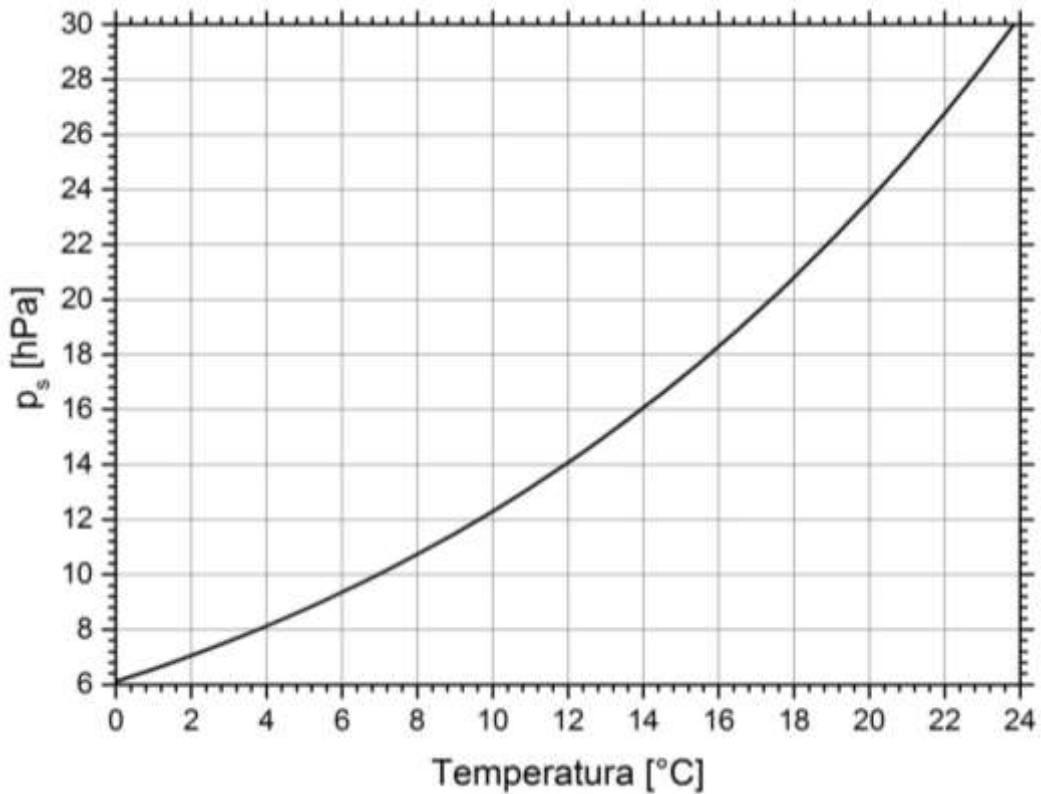
Considerando a todas las gotas como esferas de igual tamaño.

- h) ¿Qué tamaño tienen las gotas que forman la niebla y cuál es su concentración?

#### Datos y constantes

Parámetro	Valor	Unidad
$p_0$	6,11	hPa
$T_0$	0,01	°C
$l_v$	$2,5 \times 10^6$	$\text{J kg}^{-1}$
$M_v$	18,02	$\text{g mol}^{-1}$
$R$	8,314472	$\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
$\rho_w$	1	$\text{g cm}^{-3}$
$M_v$	28,97	$\text{g mol}^{-1}$
$c$	1004	$\text{J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$



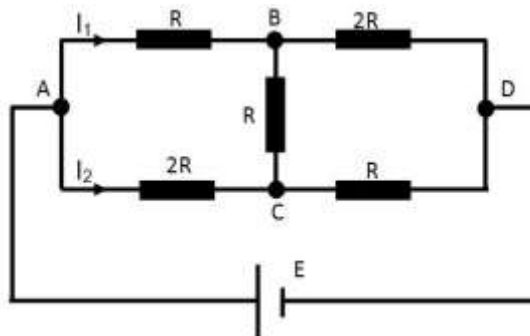


**Figura 1:** Presión de saturación de vapor de agua en función de la temperatura.

### Problema 3

#### Los circuitos y sus simetrías.

Un ingeniero electrónico juega con el diseño de circuitos eléctricos, que presentan cierta simetría. El primer circuito que diseña se muestra en la siguiente figura.



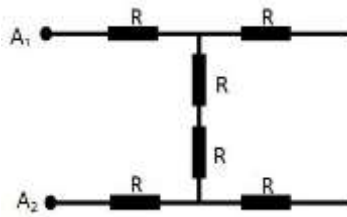
Llamando  $I_1$  e  $I_2$  a las corrientes que circulan por  $AB$  y  $AC$  respectivamente:

- Demuestre que las corrientes que circulan por  $BD$  y  $CD$  son  $I_2$  e  $I_1$ , respectivamente.
- Determine las corrientes que circulan por  $BC$  y  $DA$  en términos de  $I_1$  e  $I_2$ .
- Determine las corrientes  $I_1$  e  $I_2$  sabiendo que  $R = 10 \Omega$  y  $E = 20 \text{ V}$ .
- Determine la resistencia equivalente  $R_{eq}$  del circuito.

Si la resistencia en  $BC$  es reemplazada por una resistencia variable,  $R_x$ , que puede tomar valores entre  $0 \Omega$  y  $1 \times 10^{10} \Omega$ :

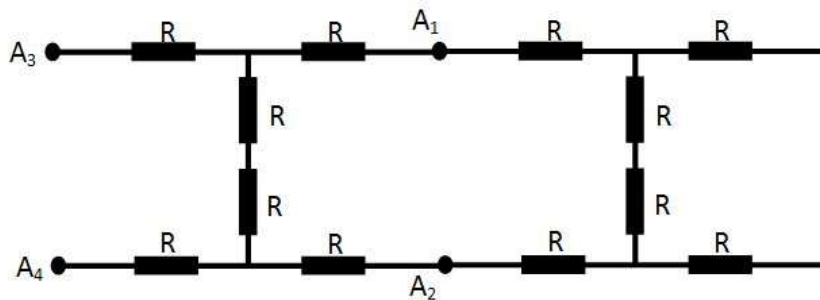
- e) Determine el posible rango de valores de la resistencia equivalente del circuito. Suponga que cuando  $R_x$  toma su máximo valor, éste puede considerarse infinito.

Entusiasmado, el ingeniero construye el siguiente bloque de resistencias:



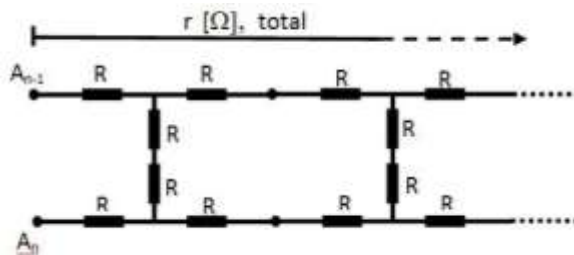
- g) Si  $R = 10 \Omega$ , determine la resistencia entre los puntos  $A_1$  y  $A_2$ .

Luego agrega un segundo bloque.



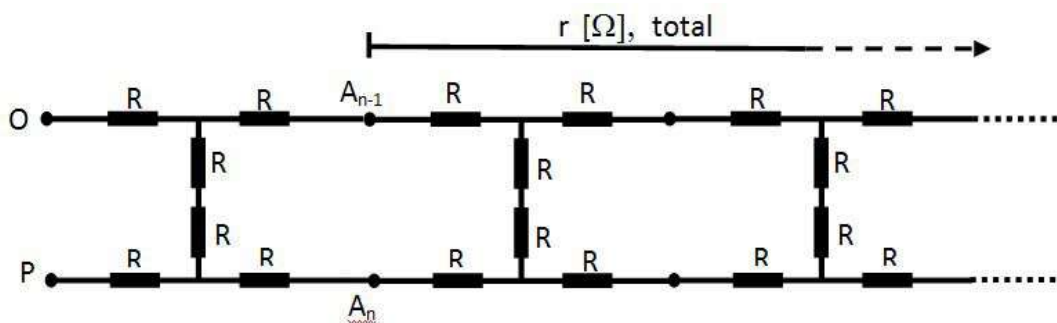
- h) Determine la resistencia entre  $A_3$  y  $A_4$ .

Finalmente, el ingeniero se da cuenta que puede agregar un número muy grande de estos bloques y formar lo que se conoce como *red escalera*. Como muestra la figura a continuación, esta *red escalera* tiene una resistencia  $r$ .



En esta etapa, agregar un bloque extra no produce una diferencia significativa de la resistencia de la *red escalera*, con respecto a la resistencia  $r$  entre  $A_{n-1}$  y  $A_n$ .

- i) Considerando la figura siguiente, determine la resistencia entre O y P cuando un bloque extra es agregado a la red escalera a la izquierda de  $A_{n-1}$ ,  $A_n$ .



- j) Use el resultado anterior para encontrar la resistencia equivalente de una escalera infinita hecha de estos bloques.

## Prueba Experimental - Nivel 2

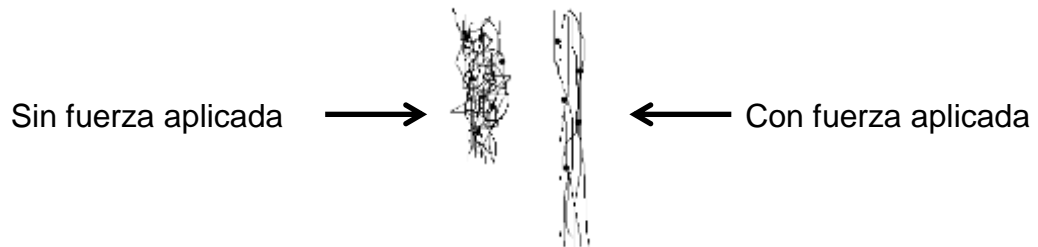
### Propiedades mecánicas de una banda elástica.

#### Introducción

El estudio de la deformación que sufre un material elástico, cuando se le aplica una fuerza externa, es de gran importancia para el estudio de algunas de sus propiedades físicas. Un material polimérico es un material elástico formado por cadenas de moléculas muy largas, unidas por enlaces químicos en algunos puntos.



Cuando se ejerce una fuerza en los extremos de un material polimérico, estas cadenas comienzan a modificar su disposición, generando una respuesta distinta a la dada por la ley de Hook.



En particular, una banda elástica es un material polimérico y que frente a la aplicación de una fuerza externa responde, en un rango acotado de longitudes, a la siguiente expresión:

$$F = A\sigma \quad \text{donde} \quad \sigma = \frac{l}{l_0} \quad [1]$$

En esta expresión  $l_0$  es la longitud de la banda elástica cuando no tiene aplicada ninguna fuerza externa,  $l$  es su longitud cuando tiene aplicada una fuerza externa  $F$ , y  $A$  es una constante característica del material que depende de la temperatura.

Otra característica de estos materiales, es que su longitud depende de si éste se estaba estirando o comprimiendo. Es decir, la longitud que adquiere la banda elástica depende si uno aumenta el módulo de la fuerza externa o si la disminuye.

Si se grafica la fuerza aplicada en función de la longitud adquirida por la banda elástica, cuando el módulo de la fuerza aumenta y cuando esta disminuye, se observa que las curvas no coinciden. A esto se le llama *histéresis* y este comportamiento se debe a la energía que es almacenada en la banda elástica cuando se realiza trabajo sobre ella.

**Objetivo:** Determinar experimentalmente el valor de  $A$  y el trabajo realizado sobre una banda elástica.

#### Elementos disponibles

- 16 masas de aproximadamente 25 g cada una
- 1 porta-pesas
- 1 base con regla fija donde se cuelga la banda elástica (Ver Figura).
- 1 banda elástica
- 1 balanza
- Papel milimetrado



**Datos adicionales:**

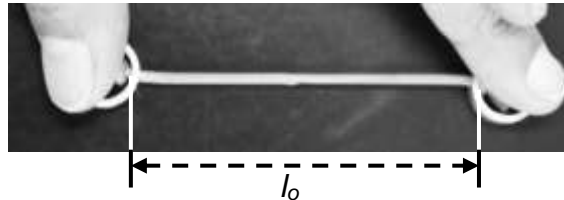
Aceleración de la gravedad:  $g = (9,79 \pm 0,01) \text{ m s}^{-2}$

Masa de los anillos de aluminio:  $m = (0,70 \pm 0,01) \text{ g}$

**Procedimiento**

Debido a que este es un experimento en el que efectuamos sobre la banda elástica un **proceso irreversible**, hay que realizar todo el procedimiento con mucho cuidado.

4. Mida la longitud  $l_0$  de la banda de goma.



5. Coloque el porta-pesas y vaya agregando pesas. Las pesas deben agregarse cuidadosamente, sin retirar las que se habían colocado previamente; tome todas las precauciones para que en el proceso de agregar las pesas no se modifique bruscamente la longitud de la banda de goma: ni estirándose ni acortándose. Para cada nueva pesa colocada espere, al menos 1 minuto, para realizar la correspondiente medida de la longitud de la banda de goma.
6. Repita el punto anterior hasta agregar, aproximadamente, 400 g en masas.
7. Comience a quitar de a una las masas y mida las correspondientes longitudes de la banda hasta no dejar ninguna masa colgada. Cuando retire las masas, tome los mismos cuidados que al agregarlas.

**Consignas**

7. Informe el valor medido de  $l_0$ .
8. Haga una tabla con los valores de  $l$ ,  $m$  y  $\sigma$ .
9. Grafique  $m$  en función  $\sigma$ .
10. Indique en el gráfico el intervalo en donde vale la expresión [1].
11. Ajuste con una recta los datos del intervalo indicado en el punto anterior. Determine el valor de la pendiente de dicha recta.
12. Determine el valor de  $A$ .
13. Grafique los valores de  $m$  en función de  $l$  para la carga y descarga.
14. Calcule la energía que queda almacenada en la banda de goma. Dicha energía es proporcional al área encerrada en la curva de *histéresis*.