INSTANCIA NACIONAL 1996.
PRUEBAS TEÓRICA Y EXPERIMENTAL.

PRUEBA TEÓRICA.

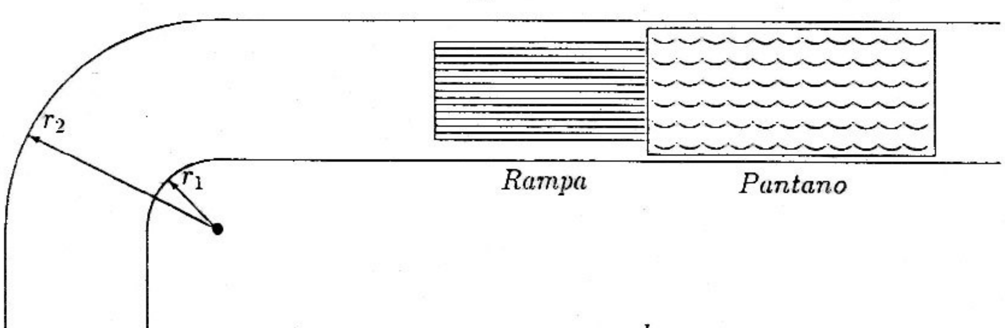
Problema 1: "Una carrera de regularidad"

El propietario de un vehículo pequeño, de $500\,\vec{kg}$ de peso, decide participar en un rally de regularidad. El reglamento de la prueba exige que la velocidad de los vehículos sobre el pavimento debe ser mantenida constante e igual a 80 km/h. Un tramo de la pista en la que se desarrolla la competencia, vista desde el aire, es mostrada en la figura 1. En uno de sus tramos rectos la pista tiene una rampa de 10 m de longitud y una inclinación de 6º respecto de la horizontal (segmento a-b en la figura 2). Inmediatamente después de esa rampa hay un pantano muy profundo de 15 m de largo y de todo el ancho de la pista. (segmento b-c en la figura 2).

1. ¿Qué fuerza adicional debe impartirse al vehículo (a través del mecanismo del motor-transmisión) para que su velocidad se mantenga en 80 km/h a lo largo de todo el tramo (a-b)?.
2. Dadas las condiciones impuestas por el reglamento, ¿logrará el vehículo saltar de un lado a otro del pantano? Justifique su respuesta.
3. Antes de encontrar la rampa y el pantano, el conductor deberá transitar por la curva mostrada en la figura 1. Esta curva es de forma circular con radio interno r_1 = 60 m y radio externo r_2 = 70 m. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento estático entre los neumáticos del automóvil y el pavimento es $\mu = 0.8$ y suponiendo que el conductor tomará la curva siguiendo una trayectoria circular, ¿cuál es el radio mínimo de esa circunferencia para que el vehículo no derrape?

Nota: Considere a la aceleración de la gravedad, g, igual a 9,8 m/s^2.

Figura 1



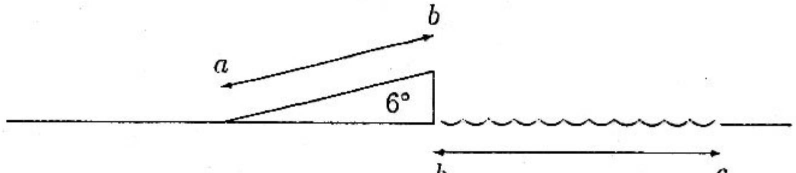


Figura 2

Problema 2: "Elevador Neumático"

En un bloque de acero se ha perforado un hueco cilíndrico dentro del cual puede desplazarse un pistón macizo, de plomo. La cavidad cilíndrica, sellada por el pistón, puede llenarse con un gas a presión controlada (ver figura 3). A través de un émbolo el pistón puede desplazar verticalmente una carga. La masa total del sistema, constituido por el pistón, el émbolo y la carga, es de 1000 Kg.

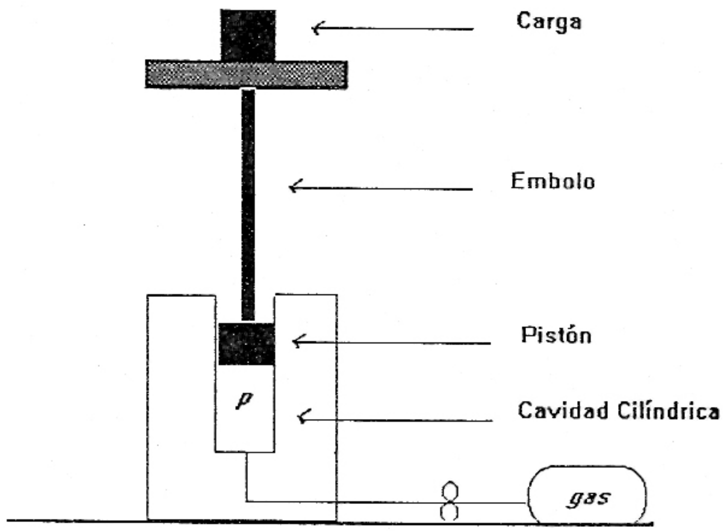


Figura 3

a) En el caso en que no exista rozamiento entre el pistón y la pared del cilindro, determine la presión p del gas necesaria para mantener la carga en reposo (suponga que todo el sistema se encuentra a la presión externa de una atmósfera).

Por acción de la temperatura los cuerpos sólidos experimentan una dilatación por la cual las magnitudes lineales cambian según la ley:

$$L(t) = L_0 \ (1 + \lambda t)$$

donde:

- L representa cualquier dimensión lineal del sólido.
- L_0 es el valor de dicha dimensión a 0 ºC.
- t es la temperatura expresada en grados centígrados.
- λ es conocido como el coeficiente de dilatación lineal del metal.

A la temperatura de 20 ºC, el radio del cilindro y del pistón son iguales al valor R = 5 cm, y la altura del pistón h = 10 cm.

La temperatura de trabajo a la cual se encuentra el sistema es de 21 ºC.

b) Calcule, a la temperatura de trabajo (t = 21 ºC), el radio y el volumen del pistón de plomo, si este último se hallase fuera del cilindro. Calcule también el radio de la cavidad cilíndrica dentro del bloque de acero a dicha temperatura.

c) Calcule las dimensiones del pistón (radio y altura) dentro el cilindro, cuando todo el sistema está a la temperatura de trabajo. Para ello suponga que la deformación elástica del bloque de acero, bajo la presión del pistón, es despreciable, y que la deformación elástica del pistón es a volumen constante.

d) Calcule la presión *P* que ejerce el cilindro sobre el pistón a la temperatura de trabajo. Tenga en cuenta que a una dada temperatura, dicha presión está relacionada con la deformación sufrida por el radio del pistón, ΔR, según:

$$P = Y\,\frac{\Delta R}{R}$$

donde:

- *Y* se conoce como módulo de Young del material, y
- *R* es el radio del pistón no deformado.

e) Calcule el máximo valor posible para la fuerza de rozamiento estática entre el pistón y el cilindro, a la temperatura de trabajo.

f) Teniendo en cuenta el roce entre el pistón y el cilindro determine el rango de valores para la presión del gas, dentro del cual la carga se mantiene en reposo a la temperatura de trabajo.

g) Suponga ahora que la presión del gas es la máxima presión que permite mantener la carga en reposo. En esas condiciones se sella perfectamente la cavidad del gas quedando encerrado un volumen igual a 1 litro. Manteniendo todo el sistema a la temperatura de trabajo constante, ¿cuánto puede desplazarse el émbolo hacia arriba, de manera tal que al liberarlo la carga quede reposo? Considere que el gas se comporta como un gas ideal.

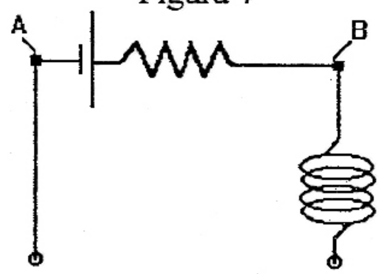
Tabla de valores que pueden resultar útiles

Coeficiente de dilatación	acero $\lambda_{ac} = 1,4 \times 10^{-5}$ (ºC)$^{-1}$
	plomo $\lambda_{pb} = 2,9 \times 10^{-5}$ (ºC)$^{-1}$
Módulo de Young	acero $Y_{ac} = 2,16 \times 10^{5}$ N/mm^2
	plomo $Y_{pb} = 1,47 \times 10^{4}$ N/mm^2
Coeficiente de rozamiento del plomo sobre el acero	estático $\mu_e = 0.95$
	dinámico $\mu_d = 0.85$
Aceleración de la gravedad	g = 9,8 m/s^2
Presión atmosférica	$P_a = 1,033\ \vec{kg}\,/cm^2 = 1033$ Hpa

Problema 3: "Un Apagón"

En una pequeña comunidad formada por 40 familias que ocupan viviendas idénticas, cada familia posee exactamente los mismos electrodomésticos que sus vecinos. La energía eléctrica del barrio es provista por una única central la cual consta de un generador. Éste es una fuente de corriente continua en serie con un solenoide de 600 espiras, 0,25 m de radio y una longitud total de 3 m. El solenoide está construido con un alambre de una aleación de níquel cobre de 2,5 mm de radio (resistividad: $\sigma = 7 \times 10^{-8}\ \Omega$ m, densidad $\rho = 8$ g/cm^3 y calor específico $c = 0{,}109$ cal/g ºC). Vale decir que todo el generador es equivalente a una fuente en serie con una resistencia y un solenoide ideal (sin resistencia). La fuente de corriente continua está construida de manera tal que el voltaje resultante entre ella y la caída de potencial en la resistencia siempre es de 220 V (V_{AB} = 220 V, como se muestra en la figura 4). Este generador posee además un sistema de refrigeración capaz de disipar una potencia de $1{,}663 \times 10^6$ W.

Figura 4



La siguiente es una lista de los artefactos eléctricos que existen en cada vivienda y sus respectivas características:

APARATO	CONSUMO (a 220V)	VOLTAJE MIN/MAX
1 heladera	400 W	210 – 250 V
10 bombitas de luz	100 W (c/u)	210 – 250 V
1 lavavajilla	1500 W	210 – 250 V
1 plancha	900 W	210 – 280 V
1 TV	70 W	210 – 230 V

Los valores del consumo correponden a la potencia que cada aparato requiere al funcionar a un voltaje de 220 V; la columna VOLTAJE MIX/MAX corresponde al rango de voltajes para los cuales cada aparato puede funcionar.

a) Suponiendo que todos los electrodomésticos tienen un comportamiento totalmente resistivo dibuje:

- Un diagrama equivalente a la red eléctrica, correspondiente a cada casa;
- Un diagrama que represente la red eléctrica de la comunidad incluyendo el generador.

b) Calcule la corriente que entrega el generador mientras todos los artefactos eléctricos funcionan en las 40 casas.

c) ¿Cuánto tiempo transcurrirá hasta que la temperatura en el generador se haya elevado en 40 ºC?

Un cierto día todos los vecinos acordaron bajar las llaves interruptoras de sus casas exactamente a las 21:15 hs, cuando todos los aparatos estaban funcionando. Sin embargo la familia López se olvidó de lo acordado y a la hora prevista continuaron realizando sus tareas habituales. Los demás vecinos, cortaron la energía eléctrica de sus casas, con diferencias de pocos segundos entre ellos, a la hora prestablecida.

d) A los López se les quemó sólo el T.V. Fue entonces que Don López, para explicar lo ocurrido a sus hijos, supuso que la corriente disminuyó linealmente, en aproximadamente 15 s, desde el valor calculado en el punto **b** hasta el valor correspondiente a la corriente que circulaba por la instalación eléctrica de su propia casa. Calculó entonces el voltaje al que estuvieron conectados sus aparatos mientras caía la corriente. Comparando sus resultados con las especificaciones de los aparatos, no logró explicar lo ocurrido. Repita estos cálculos.

NOTA: Al producirse en un intervalo Δt una variación Δi de la corriente que circula por el solenoide, se agrega (en valor y signo) en el circuito de la red eléctrica una fuerza electromotriz dada por $\varepsilon = -4\pi 10^{-9}\, S \dfrac{N^2 \Delta i}{L \Delta t}$, donde S es la sección transversal del solenoide; N y L son el número de vueltas y la longitud total del mismo. Empleando *cm* y *s* como unidad de longitud y tiempo respectivamente ε resulta en voltios.

e) Posteriormente obtuvo en la central eléctrica una copia del registro gráfico de la corriente que circulaba por la red, mientras se producía el apagón (que se muestra en la figura 5). Con esta información realizó cálculos que le permitieron entender lo ocurrido. ¿Podría Usted explicar por qué se quemó el TV de la familia López? Justifique su respuesta con nuevos cálculos.

La figura 6 es una repetición de la figura 5 con una escala de tiempos ampliada.

Utilizando la figura 6 grafique, cualitativamente, en la grilla provista, la variación del voltaje en los bornes del generador como función del tiempo.

Figura Nº 5

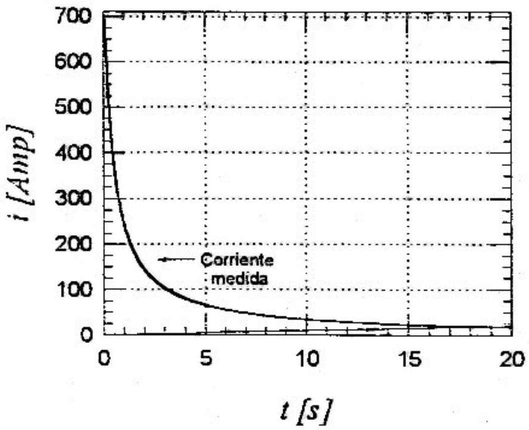
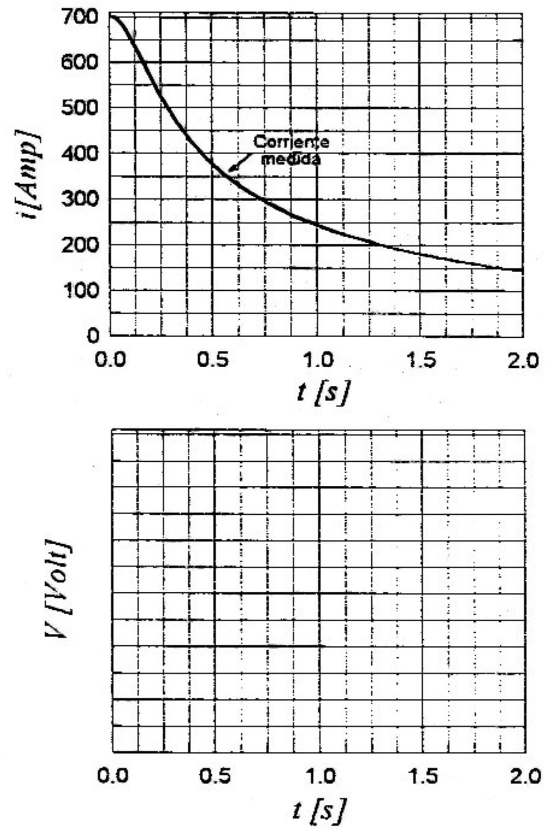


Figura Nº 6



PRUEBA EXPERIMENTAL.

Fuerza de Rozamiento Viscoso en Fluidos

1. Introducción:

La fuerza de rozamiento viscoso sobre una esfera de radio *r* que se mueve en el seno de un fluido de densidad δ es:

$$F = 6\,\pi\,r\,\eta\,v \qquad (1)$$

donde *v* es la velocidad de la esfera y η es el <u>coeficiente de viscosidad dinámica</u> del fluido. La ecuación (1) es válida cuando $2r\,v\,\delta/\eta << 1$. Por otro lado, una partícula que se mueve en el seno del fluido bajo la acción de la fuerza de la gravedad alcanza un régimen estacionario en el cual su velocidad es constante. Dicha velocidad se conoce con el nombre de *velocidad terminal*. Podemos definir también un parámetro de interés llamado <u>viscosidad cinemática</u>, $\gamma = \eta/\delta$.

En este experimento nos proponemos medir la viscosidad cinemática relativa de un co-polímero (líquido amarillento) respecto a la de la glicerina (líquido transparente). Además se determinará la dependencia de la velocidad terminal de esferas de acero con sus radios.

2. Lista de Materiales:

- Probeta de acrílico con soporte metálico y aguja hipodérmica con dos líquidos.
- Imán.
- (8) Esferas de acero de 1.00, 1.50, 2.00, 3.00, 3.25, 3.50, 3.75 y 4.00 mm de radio.
- Pinza metálica.
- Escuadra.
- Cronómetro.
- Varilla de madera.
- Hojas de papel blanco y milimetrado.

3. Procedimiento Experimental

i) Determinación de la viscosidad cinemática relativa de un co-polímero respecto a la de la glicerina.

Dentro de la probeta de su equipo experimental hay dos líquidos de distintas densidades y distintas viscosidades. Por la aguja hipodérmica que la probeta posee ensamblada , y con ayuda de la jeringa provista, Ud. podrá introducir burbujas de aire dentro de la glicerina. Para ello, **antes de conectar la jeringa a la aguja**, retire el émbolo hasta cargarla con 0.03 cm^3 de aire. Luego conectela a la aguja y con un movimiento rápido del émbolo hacia adentro Ud. logrará formar la burbuja de aire deseada.

Mida el tiempo que la burbuja emplea en transitar el espacio entre las dos marcas hechas sobre la probeta en la región de la glicerina y entre las dos marcas en la región del co-polímero. Ud. podrá determinar así la velocidad terminal de las burbujas en ambos líquidos.

Utilizando la segunda ley de Newton, se obtiene la viscosidad cinemática relativa, τ, como el cociente entre la velocidad terminal v_g (en la glicerina) y la velocidad terminal v_c (en el co-polímero):

$$\tau = \frac{\gamma_c}{\gamma_g} = \frac{v_g}{v_c}$$

Se requiere:

a) Determinar τ con su error según el procedimiento indicado anteriormente.
b) Describir detalladamente el método utilizado en la obtención de errores.

Nota: Tenga presente que no es necesario esperar que las burbujas alcancen la superficie superior (en contacto con el aire) para largar otra burbuja. Esto le permitirá ahorrar tiempo.

ii) Determinación de la dependencia de la velocidad terminal de esferas de acero que se mueven en un fluido, con el radio de las mismas.

Con la pinza provista coloque la esfera de mayor diámetro en el soporte metálico que posee la probeta en su parte superior. Observe que no haya burbujas de aire adheridas a la esfera. Una vez comprobado esto, guíe, con ayuda de la varilla de madera de su equipamiento, la esfera hasta el orificio central del soporte. Dejela caer por ese orificio. Mida el tiempo que tarda la esfera en recorrer el intervalo indicado en su probeta en la zona del líquido amarillento.

Una vez determinado el tiempo de caída extraiga la esfera de la probeta con ayuda del imán. Ud. podrá rescatar del fondo de la probeta la esfera de acero, tantas veces como considere necesario. Esto le permitirá realizar estadística con sus mediciones. Realice la medición de los tiempos de caída para las restantes esferas, siguiendo con las de mayor diámetro, repitiendo el procedimiento indicado arriba.

Se solicita:

a) Determinar la velocidad terminal con su error para cada esfera. Listar en una tabla los valores de los radios y las velocidades terminales para cada esfera.
b) Construir una tabla que contenga el logaritmo natural (*ln*) del radio de las esferas y el logaritmo natural de las velocidades terminales correspondientes. Grafique $\ln v$ en función de $\ln r$.
c) Trazar las rectas tangentes a la curva obtenida en b) en los puntos correspondientes a $r = 1.5$ mm y $r = 3.5$ mm. Determinar los valores de la pendientes de las rectas así construidas.
d) A partir de la curva experimental obtenida, ¿podría indicar en qué rango de valores del radio de las esferas sería válida la ecuación (1)? Justifique su respuesta.

Atención: Nunca deje más de una esfera de acero en el fondo de la probeta.