

OLIMPIADA ARGENTINA DE FISICA 2001

OAF'2001

PRUEBA TEÓRICA - 17 de Octubre de 2001

- Escriba su nombre en todas las hojas y enumere las mismas.
- Recuerde que no se puede utilizar calculadoras programables ni ningún otro material que no esté incluido en la prueba, aparte de los útiles de escritura.
- Antes de empezar a resolver un problema lea cuidadosamente TODO el enunciado del mismo.
- Ud. dispone de 4 (cuatro) horas para realizar la prueba.

Nombre:

Número de hojas entregadas:

PROBLEMA 1: El pez toxotes jaculator en acción

El “pez arquero” (toxotes jaculator) es un ejemplar muy particular de la fauna ictícola. Consigue su alimento cazando insectos (moscas, mosquitos u otros insectos de tamaño semejante) de una forma muy curiosa. El pez, una vez que identificó su presa (detenida sobre una hoja, por ejemplo), le escupe una gota de agua de masa m , que hace que el insecto caiga al agua, donde se lo come.

- La posición de la imagen del insecto, vista por el pez está sobre la normal n (ver figura). Calcule el ángulo θ_0 entre la normal a la superficie y la recta OM' que pasa por el punto O y la imagen M' del insecto .
- Calcule la altura h_i respecto del nivel del agua, a la que se encuentra la imagen M' del insecto, si este está a una altura $h=1\text{m}$.
- Calcule la variación porcentual de h_i si θ varía de 0° a 20° . Use solo una cifra significativa para expresar su resultado.
- El pez arquero lanza las gotas siempre a la misma velocidad inicial. Si la altura máxima a la que pueden llegar las gotas es $H=3\text{m}$, calcule la velocidad v_0 a la que lanza las gotas (desprecie el frenado de las gotas por causa de la viscosidad del aire).

Una mejor aproximación para resolver el punto d) es considerar el efecto de la fuerza de roce de las gotas con el aire:

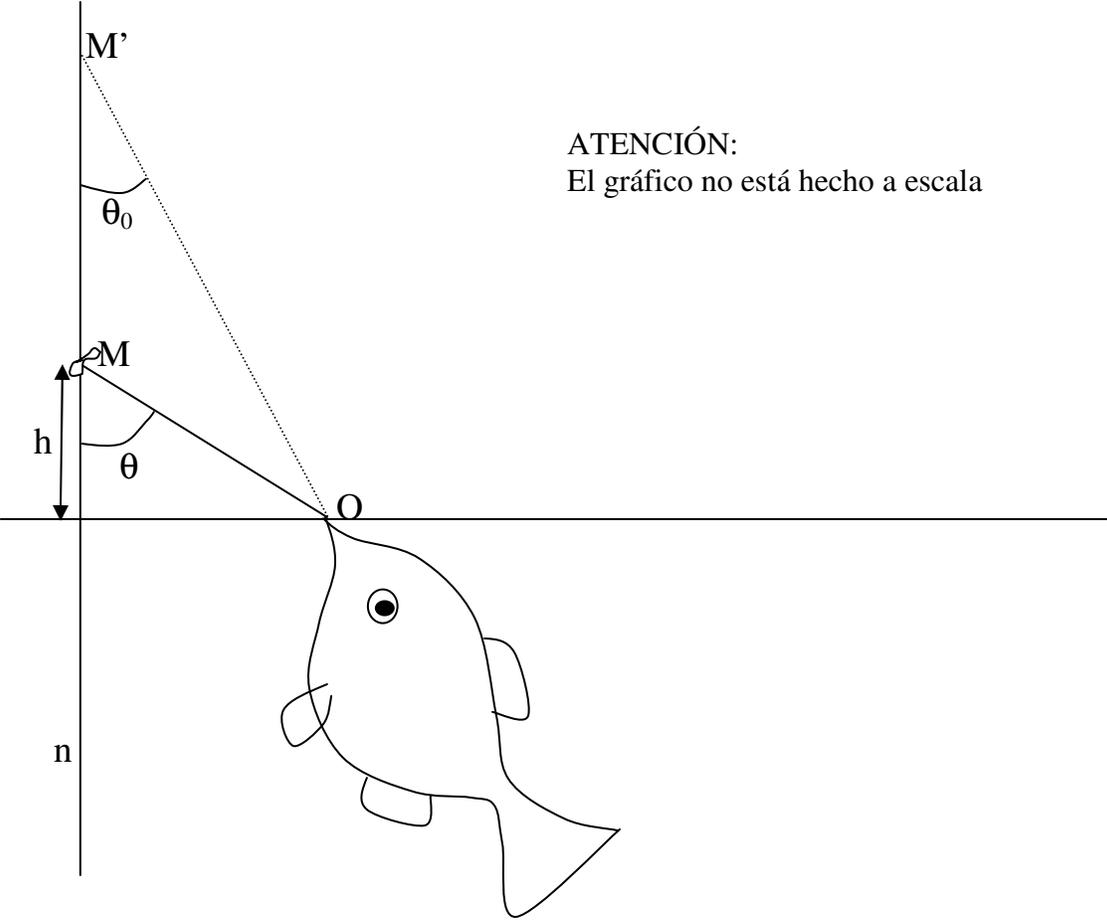
- Considere que la fuerza de rozamiento viscoso de la gota con el aire es F_r . Esta fuerza apunta siempre en el sentido opuesto al del movimiento. Cuando el valor de F_r es *mucho menor que* P (donde P es el peso de la gota) el efecto de la fuerza de roce, desde que sale la gota hasta que se detiene en el punto más alto de la trayectoria, se puede considerar como una fuerza de roce constante dada por $F_r = c v_0 / 2$ donde v_0 es la velocidad inicial de la gota. Calcule el valor de v_0 .

Datos:

Aceleración de la gravedad: $g = 10\text{m/s}^2$
Indice de refracción del agua : $n_{\text{agua}} = 1.33$
Indice de refracción del aire: $n_{\text{aire}} = 1$

$H = 3\text{m}$;
 $m = 6.5 \times 10^{-2}\text{g}$;
 $c = 8.2 \times 10^{-6} \text{ kg/s}$;
 $\theta = 15^\circ$.

ATENCIÓN:
El gráfico no está hecho a escala



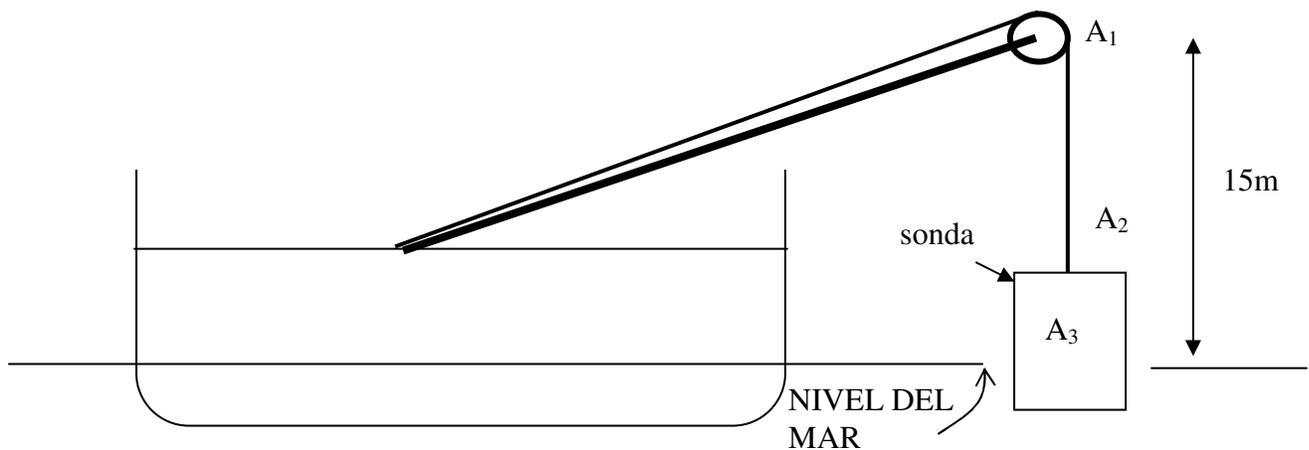
PROBLEMA 2: Una misión en alta mar

Un buque oceanográfico parte en una misión para medir la concentración de oxígeno diluido en el agua de mar, en una región del océano Atlántico en el rango de 0 a 2000 metros de profundidad.

La sonda de que se dispone está construida con acero, debido a que las presiones que debe soportar son muy altas. Ella tiene forma cilíndrica de radio $R=0.25\text{m}$ y de altura $L=1\text{m}$. Su masa es $M=500\text{kg}$. El enganche entre la sonda y el cable para levantarla es un acople roscado. Todo el acople, una vez enroscado, queda incluido dentro del cilindro de la sonda y su masa está incluida en la masa de la sonda.

Una vez preparada la sonda se la transfiere a la grúa que la va a sumergir hasta los 2000m de profundidad. El cable de acero, de 1.5cm de diámetro, tiene una densidad de 5500kg/m^3 .

En la figura se muestra el esquema de la grúa del barco.



El punto A_1 es el punto a partir del cual el cable no hace contacto con la polea y está a 15m sobre el nivel del mar. A_2 es el punto donde termina el cable y empieza la sonda, mientras A_3 indica el centro geométrico de la sonda el cual coincide con su centro de masa.

Si la sonda desciende con velocidad constante:

- Calcule la fuerza que está haciendo el cable en A_2 cuando A_3 está a un metro sobre el nivel del mar.
- Calcule la fuerza que está haciendo el cable en A_2 cuando A_3 está a un metro por debajo del nivel del mar.
- Calcule la fuerza que hace el cable en A_1 cuando A_3 está a 2000m por debajo del nivel del mar.

Una vez terminadas las mediciones se empieza a enrollar el cable. Cuando A_3 está a medio metro por debajo del nivel del mar, el diámetro de la bobina en la que está enrollado el cable es $D=64\text{cm}$ y el eje de la bobina está a nivel del mar.

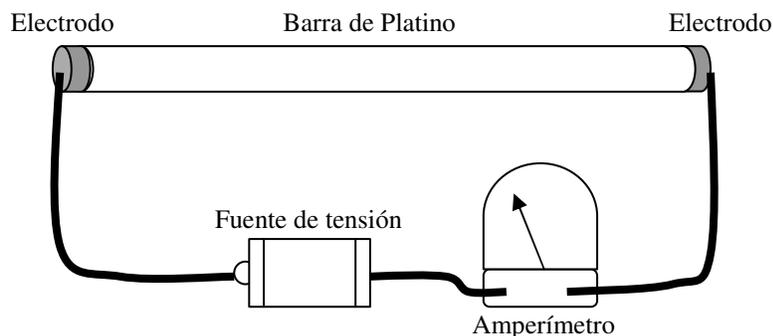
- d) Grafique la fuerza que hace el cable en el punto A_2 desde que A_3 está a 0.5m por debajo del nivel del mar hasta que A_3 está a 1.5m sobre el nivel del mar.
- e) Calcule el trabajo realizado por el motor que enrolla el cable, para llevar A_3 desde 0.5m por debajo del nivel del mar hasta 1.5 m por encima del nivel del mar. Desprecie el rozamiento en los ejes de todas las poleas.

PROBLEMA 3: Control de calidad

Una importante joyería adquiere barras de platino para ser utilizadas en la construcción de joyas. Las barras, del denominado platino 950 (lo cual significa una aleación que posee en su contenido un 95% de platino), son cilindros de 1 m de longitud y 1 cm de diámetro. El gerente de la firma recibe información de que posiblemente están siendo víctimas de una estafa, pues le estarían proveyendo barras de oro blanco de 18 kilates (aleación de oro y níquel) bañadas en platino. Esta duda induce al directorio de la empresa a introducir un control de calidad en la recepción de la materia prima. Este tipo de control no es fácil de implementar, pues como la densidad de ambos metales preciosos es muy similar, sería necesario hacer un análisis químico a todas las barras lo cual implica destruir una parte de las barras de platino, contratar personal especializado y demorar el ingreso del material por el tiempo que insume este análisis. Si el baño de platino tiene un espesor de 1 mm tampoco sería útil un análisis por difracción de rayos X y/o fluorescencia de rayos X. Ante este sombrío panorama la empresa decide contratarlo a Ud. para que proponga una solución al problema, tarea en la que nosotros trataremos de guiarlo dentro de lo posible. Como primera tarea Ud. recopila información sobre ambos metales para tratar de profundizar su conocimiento sobre ellos. De toda la información obtenida se destacan los siguientes datos:

<i>Propiedad</i>	<i>Platino 950</i>	<i>Oro blanco 18 K</i>
Densidad (g/cm ³)	19,25	19,20
Conductividad ($\Omega \cdot \text{cm}$) ⁻¹	94339,6	454545,5
Costo (U\$/g)	14,8	8,4

De los datos recopilados resalta la notoria diferencia que existe entre la conductividad eléctrica de ambos metales y esto lo lleva a Ud. a proponer que el control de la materia prima se realice mediante la medición de la resistencia eléctrica de las barras. Esta medición se puede hacer utilizando el siguiente dispositivo:

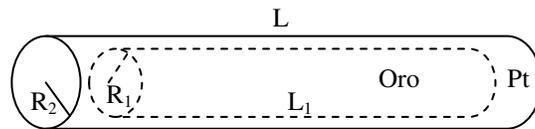


(Los electrodos son para asegurar un buen contacto eléctrico en los extremos, tienen longitud despreciable y su resistencia eléctrica también es despreciable, comparada con la resistencia del material en estudio).

Al escuchar su propuesta, un gerente de la joyería propone como alternativa un método más simple, operativamente, basado en pesar las barras y detectar las barras adulteradas a partir del peso de las mismas.

A continuación nosotros le indicaremos qué cálculos debe realizar para confeccionar el informe en el cual Ud. demostrará la viabilidad de su propuesta.

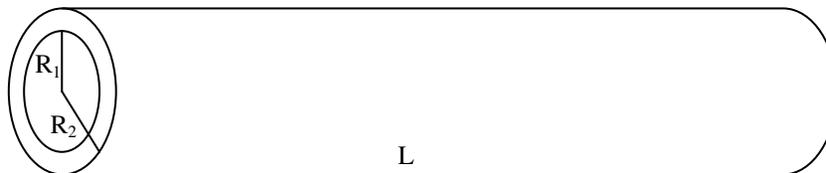
- Calcule el peso de una barra de platino no adulterada.
- Calcule el peso de una barra de platino adulterada como la mostrada en la figura.



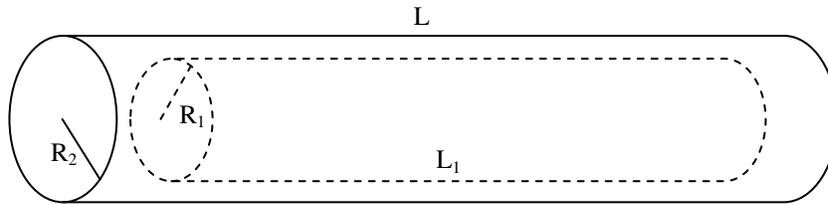
Suponga que las dimensiones son $R_1 = 0,4 \text{ cm}$; $R_2 = 0,5 \text{ cm}$; $L = 1 \text{ m}$ y $L_1 = 0,98 \text{ m}$.

- Suponiendo que las barras de platino son construidas con una variación en su longitud menor al 0,5 %, determine si es posible detectar las barras adulteradas a partir del peso de las mismas.
- Calcule el perjuicio económico que le ocasionaría a la joyería cada barra falsa, si fueran como las que corresponden a las dimensiones del punto b).
- Encuentre una expresión para la resistencia de una barra de platino sólida de radio R y longitud L . Para ello Ud. puede utilizar la expresión $J = \sigma E$; donde J es la densidad de corriente en el material (corriente por unidad de área de la sección transversal de la barra); σ es la conductividad eléctrica del material y E es la intensidad del campo eléctrico dentro del material. En nuestro caso el campo eléctrico en el interior de la barra es constante y su valor es V/L ; donde V es la diferencia de potencial que se aplica a los extremos de la barra y L es la longitud de la barra.
- Encuentre, como primera aproximación al problema real, una expresión para la resistencia de una barra de oro blanco de radio R_1 bañada en su superficie lateral por una capa de platino de espesor d como se muestra en la figura.

$$R_2 - R_1 = d$$



- g) Finalmente, encuentre una expresión para la resistencia de una barra de oro blanco, de longitud L_1 y radio R_1 , totalmente recubierta por platino (en su superficie lateral y bases) como se muestra en la figura. Note que el espesor en las bases no es necesariamente idéntico al espesor en la superficie lateral.



- h) Calcule la precisión que debe tener el sistema de medición de resistencias para poder detectar las barras fraudulentas, suponiendo que las dimensiones sean $R_1 = 0,4 \text{ cm}$; $R_2 = 0,5 \text{ cm}$; $L = 1 \text{ m}$ y $L_1 = 0,98 \text{ m}$.

OLIMPIADA ARGENTINA DE FISICA 2001

OAF'2001

PRUEBA EXPERIMENTAL- 15 de Octubre de 2001

- Escriba su nombre en todas las hojas y enumere las mismas.
- Recuerde que no se puede utilizar calculadoras programables ni ningún otro material que no esté incluido en la prueba, aparte de los útiles de escritura.
- Antes de empezar a trabajar en la prueba experimental, lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- Ud. dispone de 4 (cuatro) horas para realizar la prueba.

Nombre:

Número de hojas entregadas:

Elementos

Se lista seguidamente los materiales y aparatos experimentales disponibles para la realización del experimento.

1. Fuente de tensión de 10 – 12 Voltios.
2. Calefactor montado sobre base.
3. Voltímetro digital (indicado en la Figura 1 con V).
4. Amperímetro (indicado en la Figura 1 con A).
5. Cilindro hueco de aluminio con superficie pulida.
6. Termocupla (hierro constantan).
7. Un recipiente térmico aislado.
8. Hielo y agua.
9. Un voltímetro digital (indicado mV en la Figura 1).
10. Tabla de calibración de la termocupla.
11. Cables para las conexiones eléctricas.
12. Vela y fósforos para el ennegrecido del cilindro.
13. Varilla soporte.

DETERMINACION DE LA CONSTANTE DE STEFAN-BOLTZMANN

Consideraciones teóricas

La potencia térmica P_{rad} emitida como radiación por un objeto con una superficie exterior de área S a la temperatura absoluta T_E , en un ambiente a temperatura absoluta T_O , está dada por la siguiente fórmula:

$$P_{rad}(T_E) = e \cdot \sigma \cdot S \cdot (T_E^4 - T_O^4)$$

donde σ es la constante de Stefan-Boltzmann y e es una constante llamada de emisividad. Para un cuerpo que absorbe toda la energía que le llega en forma de radiación es $e=1$ (cuerpo negro) y para un cuerpo que refleja toda la energía que le llega en forma de radiación es $e=0$ (reflector ideal).

Por otro lado, un objeto a temperatura mayor que la del ambiente disipa energía térmica a través de mecanismos no radiativos: conducción y convección del aire circundante P_{conv} .

En el caso de la disipación por convección, la potencia perdida por el cuerpo está dada, en principio, por la siguiente formula:

$$P_{conv} = k \cdot (T_P - T_O)$$

donde k es una constante, T_P es la temperatura del objeto y T_O es la del ambiente.

En base a los diferentes procesos físicos descritos, pueden formularse dos métodos experimentales para la determinación de la constante de Stefan-Boltzmann.

1. Método de la potencia constante:

En este método, se calienta el cilindro pulido y el cilindro ennegrecido mediante un calefactor eléctrico, al que se le entrega una potencia P_{elect} dada por:

$$P_{elect} = V \cdot I$$

donde V es la diferencia de potencial entre los terminales de la resistencia calefactora e I es la corriente eléctrica que circula por la misma.

Luego de algún tiempo, durante el cual circula corriente por el calefactor, la temperatura del cilindro (pulido o del ennegrecido según sea el caso) no cambia mas en el tiempo; esto es, se ha alcanzado un estado estacionario. En este estado, toda la potencia eléctrica que se entrega para calentar el cilindro es disipada al medio ambiente, o sea:

$$P_{elect} = P_{conv} + P_{rad}$$

donde se han despreciado las pérdidas por conducción.

Si se indica con T_P la temperatura alcanzada en el estado estacionario por el cilindro pulido y se lo supone un reflector ideal ($e=0$) se tiene:

$$P_{elect} = k.(T_P - T_O)$$

Por otro lado, si T_E es la temperatura alcanzada en el estado estacionario por el cilindro ennegrecido:

$$P_{elect} = k.(T_E - T_O) + P_{rad}(T_E)$$

Eliminando la constante k se obtiene:

$$P_{rad}(T_E) = \frac{(T_P - T_E).P_{elect}}{(T_P - T_O)}$$

Suponiendo que el cilindro ennegrecido se comporta como un cuerpo negro ($e=1$) y usando la expresión de la ley de Stefan-Boltzmann $P_{rad}(T_E) = \sigma.S.(T_E^4 - T_O^4)$, resulta para σ la expresión:

$$\sigma = \frac{(T_P - T_E).P_{elect}}{S.(T_E^4 - T_O^4).(T_P - T_O)}$$

2. Método de las dos temperaturas.

En este método se utiliza solamente un cilindro ennegrecido.

En una primera parte del experimento se calienta el cilindro entregando al calefactor eléctrico una potencia P_1 dada por:

$$P_1 = V_1.I_1$$

Esto se prolonga hasta alcanzarse el estado estacionario. Si T_1 es la temperatura del cilindro en dicho estado, se cumple que:

$$P_1 = k.(T_1 - T_O) + \sigma.S.(T_1^4 - T_O^4)$$

En la segunda parte se calienta el cilindro entregando al calefactor eléctrico una potencia diferente, P_2 . Si T_2 es la temperatura del cilindro en el estado estacionario, se cumple que:

$$P_2 = k.(T_2 - T_O) + \sigma.S.(T_2^4 - T_O^4)$$

Eliminando la constante k entre las dos ecuaciones anteriores, se obtiene para σ :

$$\sigma = \frac{(T_2 - T_O).P_1 - (T_1 - T_O).P_2}{S.[(T_1^4 - T_O^4).(T_2 - T_O) - (T_2^4 - T_O^4).(T_1 - T_O)]}$$

Trabajo Experimental

Se propone determinar la constante de Stefan-Boltzmann mediante los métodos descritos arriba, debiéndose incluir en el informe los siguientes ítems:

1. Una descripción del procedimiento experimental.
2. Tabla de los valores de las magnitudes medidas
3. Valor obtenido de la constante de Stefan-Boltzmann.
4. Errores y sus causas.

Para esto, se dispone del dispositivo experimental que se describe en Figura 1.

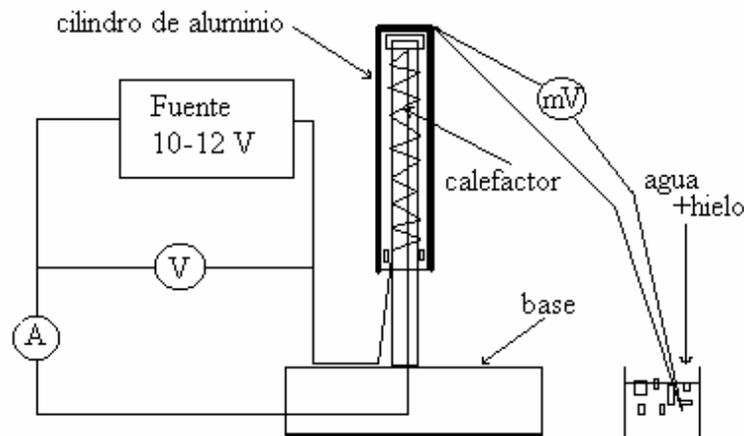


Figura 1: Dispositivo Experimental

El tamaño del cilindro es de 60 mm de longitud y 12.5 mm de diámetro externo. La determinación de la temperatura del cilindro de aluminio se realizará mediante la termocupla que está fija permanentemente al mismo (ver Apéndice I). Las mediciones de diferencia de potencial eléctrico y corriente eléctrica se realizarán mediante multímetros (ver Apéndice II).

Puntos a tener en cuenta

- Para una correcta determinación de la temperatura debe garantizarse una buena temperatura de referencia; esto es, que la temperatura de la punta fría se encuentre efectivamente a 0°C , lo cual se obtiene con hielo fundente en agua.
- Debido a la sensibilidad de la medición, un leve cambio en las condiciones del entorno del cilindro puede afectar significativamente el resultado de la experiencia. Deben mantenerse constantes, dentro de lo posible, las condiciones del ambiente que rodea el cilindro.
- El ennegrecimiento del cilindro debe ser suficiente como para que no se transparente la superficie pulida.
- La temperatura del cilindro puede alcanzar valores suficientemente altos como para provocar quemaduras ($>300^{\circ}\text{C}$). Por ello es conveniente, durante el desarrollo de la experiencia, tomar las precauciones necesarias para evitar tocar el cilindro con las manos. Si, como parte del trabajo es necesario quitar el cilindro del soporte, siga el

siguiente procedimiento: **apague la fuente y aguarde quince minutos o hasta que el indicador de temperatura señale menos de sesenta grados centígrados.**

LUEGO DE ANALIZAR Y COMPRENDER EL ENUNCIADO, PLANIFIQUE CUIDADOSAMENTE LOS PASOS A SEGUIR.

Apéndice I

La Termocupla

La termocupla es un dispositivo que permite la determinación indirecta de la temperatura.

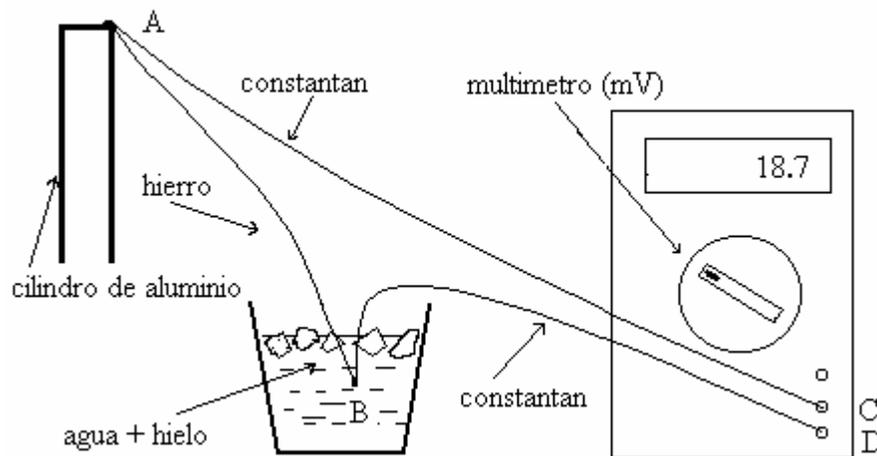


Figura 2

Como se muestra en la figura 2 consta de un par de alambres unidos eléctricamente entre sí. La diferencia de temperatura entre el extremo A (caliente) y el B (referencia a 0°C) genera una diferencia de potencial eléctrico entre los terminales C y D. Mediante la tabla de calibración apropiada se puede encontrar la temperatura correspondiente a los mV medidos.

Para un buen funcionamiento del dispositivo es indispensable tener la punta fría en contacto con agua con hielo en fusión.

Apéndice II

El multímetro

Una breve introducción

Durante el desarrollo de la experiencia se deberán emplear multímetros para la determinación de diferencias de potencial y corriente eléctrica en la alimentación del calefactor. En la Figura 3 se esquematiza un multímetro como los provistos, indicando las escalas que se emplearán durante la experiencia.

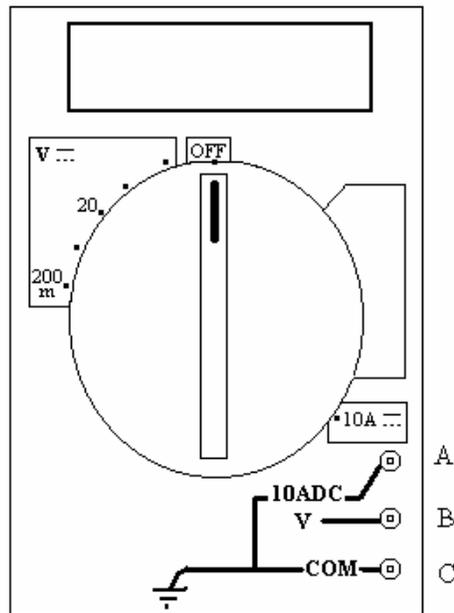


Figura 3

- Multímetro como amperímetro: El multímetro que se emplee como amperímetro debe conectarse en serie con la fuente y el calefactor y deberán conectarse los terminales en los enchufes C (común) y A, girando el selector hasta la posición indicada 10A.
- Multímetro como voltímetro: El multímetro que se emplee en la medición de la diferencia de potencial aplicada sobre el calefactor deberá conectarse en paralelo con el mismo y deberán conectarse los terminales correspondientes en los enchufes C (común) y B. El selector deberá estar en la posición indicada 20V.
- Multímetro como milivoltímetro: El multímetro que se emplee en la medición de la diferencia de potencial sobre la termocupla deberá conectarse a los terminales libres de la misma, girando el selector hasta la posición indicada 200m.

ESTAS CONECCIONES DEBERAN REALIZARSE CON ANTERIORIDAD AL ENCENDIDO DE LA FUENTE DE TENSION.

AL FINALIZAR, DESCONECTE EL INSTRUMENTO Y GIRE EL SELECTOR HASTA LA POSICION INDICADA OFF

Table A.5 (Continued)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
280	15.217	15.273	15.328	15.383	15.439	15.494	15.550	15.605	15.661	15.716	15.771	280
290	15.771	15.827	15.882	15.938	15.993	16.048	16.104	16.159	16.214	16.270	16.325	290
300	16.325	16.380	16.436	16.491	16.547	16.602	16.657	16.713	16.768	16.823	16.879	300
310	16.879	16.934	16.989	17.044	17.100	17.155	17.210	17.266	17.321	17.376	17.432	310
320	17.432	17.487	17.542	17.597	17.653	17.708	17.763	17.818	17.874	17.929	17.984	320
330	17.984	18.039	18.095	18.150	18.205	18.260	18.316	18.371	18.426	18.481	18.537	330
340	18.537	18.592	18.647	18.702	18.757	18.813	18.868	18.923	18.978	19.033	19.089	340
350	19.089	19.144	19.199	19.254	19.309	19.364	19.420	19.475	19.530	19.585	19.640	350
360	19.640	19.695	19.751	19.806	19.861	19.916	19.971	20.026	20.081	20.137	20.192	360
370	20.192	20.247	20.302	20.357	20.412	20.467	20.523	20.578	20.633	20.688	20.743	370
380	20.743	20.798	20.853	20.909	20.964	21.019	21.074	21.129	21.184	21.239	21.295	380
390	21.295	21.350	21.405	21.460	21.515	21.570	21.625	21.680	21.736	21.791	21.846	390
400	21.846	21.901	21.956	22.011	22.066	22.122	22.177	22.232	22.287	22.342	22.397	400
410	22.397	22.453	22.508	22.563	22.618	22.673	22.728	22.784	22.839	22.894	22.949	410
420	22.949	23.004	23.060	23.115	23.170	23.225	23.280	23.336	23.391	23.446	23.501	420
430	23.501	23.556	23.612	23.667	23.722	23.777	23.833	23.888	23.943	23.999	24.054	430
440	24.054	24.109	24.164	24.220	24.275	24.330	24.386	24.441	24.496	24.552	24.607	440
450	24.607	24.662	24.718	24.773	24.829	24.884	24.939	24.995	25.050	25.106	25.161	450
460	25.161	25.217	25.272	25.327	25.383	25.438	25.494	25.549	25.605	25.661	25.716	460
470	25.716	25.772	25.827	25.883	25.938	25.994	26.050	26.105	26.161	26.216	26.272	470
480	26.272	26.328	26.383	26.439	26.495	26.551	26.606	26.662	26.718	26.774	26.829	480
490	26.829	26.885	26.941	26.997	27.053	27.109	27.165	27.221	27.276	27.332	27.388	490
500	27.388	27.444	27.500	27.556	27.612	27.668	27.724	27.780	27.836	27.892	27.949	500
510	27.949	28.005	28.061	28.117	28.173	28.229	28.286	28.342	28.398	28.455	28.511	510
520	28.511	28.567	28.624	28.680	28.736	28.793	28.849	28.906	28.962	29.019	29.075	520
530	29.075	29.132	29.188	29.245	29.301	29.358	29.415	29.471	29.528	29.585	29.642	530
540	29.642	29.698	29.755	29.812	29.869	29.926	29.983	30.039	30.096	30.153	30.210	540
550	30.210	30.267	30.324	30.381	30.439	30.496	30.553	30.610	30.667	30.724	30.782	550
560	30.782	30.839	30.896	30.954	31.011	31.068	31.126	31.183	31.241	31.298	31.356	560
570	31.356	31.413	31.471	31.528	31.586	31.644	31.702	31.759	31.817	31.875	31.933	570
580	31.933	31.991	32.048	32.106	32.164	32.222	32.280	32.338	32.396	32.455	32.513	580
590	32.513	32.571	32.629	32.687	32.746	32.804	32.862	32.921	32.979	33.038	33.096	590
600	33.096	33.155	33.213	33.272	33.330	33.389	33.448	33.506	33.565	33.624	33.683	600
610	33.683	33.742	33.800	33.859	33.918	33.977	34.036	34.095	34.155	34.214	34.273	610
620	34.273	34.332	34.391	34.451	34.510	34.569	34.629	34.688	34.748	34.807	34.867	620
630	34.867	34.926	34.986	35.046	35.105	35.165	35.225	35.285	35.344	35.404	35.464	630
640	35.464	35.524	35.584	35.644	35.704	35.764	35.825	35.885	35.945	36.005	36.066	640
650	36.066	36.126	36.186	36.247	36.307	36.368	36.428	36.489	36.549	36.610	36.671	650
660	36.671	36.732	36.792	36.853	36.914	36.975	37.036	37.097	37.158	37.219	37.280	660
670	37.280	37.341	37.402	37.463	37.525	37.586	37.647	37.709	37.770	37.831	37.893	670
680	37.893	37.954	38.016	38.078	38.139	38.201	38.262	38.324	38.386	38.448	38.510	680
690	38.510	38.572	38.633	38.695	38.757	38.819	38.882	38.944	39.006	39.068	39.130	690
700	39.130	39.192	39.255	39.317	39.379	39.442	39.504	39.567	39.629	39.692	39.754	700
710	39.754	39.817	39.880	39.942	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319	40.382	710
720	40.382	40.445	40.508	40.571	40.634	40.697	40.760	40.823	40.886	40.950	41.013	720
730	41.013	41.076	41.139	41.203	41.266	41.329	41.393	41.456	41.520	41.583	41.647	730
740	41.647	41.710	41.774	41.837	41.901	41.965	42.028	42.092	42.156	42.219	42.283	740
750	42.283	42.347	42.411	42.475	42.538	42.602	42.666	42.730	42.794	42.858	42.922	750
760	42.922											760

Table A.5 Thermoelectric Voltages for Iron-Constantan Thermocouples with the Reference Junction at 0°C (32°F)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
-210	-8.096	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076	-8.096	-210
-200	-7.890	-7.707	-7.729	-7.750	-7.771	-7.791	-7.811	-7.831	-7.851	-7.871	-7.890	-200
-190	-7.659	-7.476	-7.498	-7.519	-7.540	-7.561	-7.581	-7.602	-7.622	-7.642	-7.662	-190
-180	-7.402	-7.219	-7.241	-7.262	-7.283	-7.303	-7.323	-7.344	-7.364	-7.384	-7.404	-180
-170	-7.122	-6.939	-6.961	-6.982	-7.003	-7.023	-7.044	-7.064	-7.084	-7.104	-7.124	-170
-160	-6.821	-6.638	-6.660	-6.681	-6.702	-6.722	-6.743	-6.763	-6.783	-6.804	-6.824	-160
-150	-6.499	-6.316	-6.338	-6.359	-6.380	-6.401	-6.421	-6.442	-6.462	-6.483	-6.503	-150
-140	-6.159	-5.976	-5.998	-6.019	-6.040	-6.060	-6.081	-6.101	-6.122	-6.142	-6.162	-140
-130	-5.801	-5.618	-5.640	-5.661	-5.682	-5.702	-5.723	-5.743	-5.764	-5.784	-5.804	-130
-120	-5.426	-5.243	-5.265	-5.286	-5.306	-5.327	-5.347	-5.368	-5.388	-5.408	-5.428	-120
-110	-5.056	-4.873	-4.895	-4.916	-4.936	-4.957	-4.977	-4.998	-5.018	-5.038	-5.058	-110
-100	-4.682	-4.499	-4.521	-4.542	-4.562	-4.583	-4.603	-4.624	-4.644	-4.664	-4.684	-100
-90	-4.215	-4.032	-4.054	-4.074	-4.095	-4.115	-4.136	-4.156	-4.176	-4.196	-4.216	-90
-80	-3.785	-3.602	-3.624	-3.644	-3.665	-3.685	-3.706	-3.726	-3.746	-3.766	-3.786	-80
-70	-3.344	-3.161	-3.183	-3.203	-3.224	-3.244	-3.264	-3.284	-3.304	-3.324	-3.344	-70
-60	-2.892	-2.709	-2.731	-2.751	-2.772	-2.792	-2.812	-2.832	-2.852	-2.872	-2.892	-60
-50	-2.431	-2.248	-2.270	-2.290	-2.311	-2.331	-2.351	-2.371	-2.391	-2.411	-2.431	-50
-40	-1.960	-1.777	-1.799	-1.819	-1.839	-1.859	-1.879	-1.899	-1.919	-1.939	-1.959	-40
-30	-1.481	-1.298	-1.320	-1.340	-1.360	-1.380	-1.400	-1.420	-1.440	-1.460	-1.480	-30
-20	-0.995	-0.812	-0.834	-0.854	-0.874	-0.894	-0.914	-0.934	-0.954	-0.974	-0.994	-20
-10	-0.501	-0.318	-0.340	-0.360	-0.380	-0.400	-0.420	-0.440	-0.460	-0.480	-0.500	-10
0	0.000	-0.030	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451	-0.501	0
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.201	0.251	0.301	0.351	0.401	0.451	0.501	0
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.813	0.864	0.915	0.966	1.017	10
20	1.019	1.070	1.121	1.172	1.223	1.274	1.325	1.376	1.427	1.478	1.529	20
30	1.536	1.587	1.638	1.689	1.740	1.791	1.842	1.893	1.944	1.995	2.046	30
40	2.058	2.111	2.163	2.214	2.265	2.316	2.367	2.418	2.469	2.520	2.571	40
50	2.585	2.638	2.691	2.742	2.793	2.844	2.895	2.946	2.997	3.048	3.099	50
60	3.115	3.168	3.221	3.272	3.323	3.374	3.425	3.476	3.527	3.578	3.629	60
70	3.649	3.702	3.753	3.804	3.855	3.906	3.957	4.008	4.059	4.110	4.161	70
80												