REVISTA BOLIVIANA DE FÍSICA **42**, 29–43, 2023
ISSN 1562–3823. INDEXADA EN: SCIELO, LATINDEX, PERIÓDICA

11ra OLIMPIADA CIENTÍFICA ESTUDIANTIL PLURINACIONAL BOLIVIANA – ETAPA NACIONAL 27ma OLIMPIADA BOLIVIANA DE FÍSICA – EXAMEN DE PRESELECCIÓN PARA LA XXVIII OLIMPIADA IBEROAMERICANA DE FÍSICA

11th BOLIVIAN PLURINATIONAL SCIENTIFIC OLYMPIAD – NATIONAL STAGE 27th BOLIVIAN PHYSICS OLYMPIAD – PRESELECTION TEST FOR THE XXVIII IBEROAMERICAN PHYSICS OLYMPIAD

MAMANI E.[a†], SANJINÉS D.[b], RALJEVIC M.[c], & SUBIETA V.[d]
Carrera de Física, Universidad Mayor de San Andrés,
c. 27 Cota-Cota, Casilla de Correos 8635, La Paz, Bolivia
https://doi.org/10.53287/kmfm8230re78x

RESUMEN

Se reporta los exámenes con soluciones correspondientes a los eventos indicados en el título: para la Olimpiada Científica Estudiantil Plurinacional Boliviana se aplicaron en cada departamento y de manera presencial (diciembre 2022) exámenes para los cursos 3ro, 4to y 5to de secundaria. Hubo 18 ganadores con medallas de oro, plata y bronce de un total de 66 participantes clasificados. Para la Olimpiada Boliviana de Física se aplicó de manera virtual (5/06/2023) un examen de preselección para elegir a la delegación boliviana que acudirá a la XXVIII Olimpiada Iberoamericana de Física que tendrá lugar en Costa Rica en septiembre de 2023. Hubo 4 estudiantes seleccionados de un total de 13 estudiantes convocados. Sobre la relevancia del programa de la Olimpiada Boliviana de Física y la Olimpiada Boliviana de Astronomía y Astrofísica como incentivo al estudio de la física en Bolivia se puede consultar el artículo publicado en la *Rev. Bol. Fis.* **39** (2021). En este artículo se reporta sólo los exámenes del área de física del programa referido.

Palabras clave: Olimpiadas de Física – Enseñanza de la Física

ABSTRACT

We report the tests and solutions corresponding to the Olympiad events referred to in the Article title. For the Bolivian Plurinational Scientific Olympiad 3rd, 4th and 5th grade secondary school students took presential traditional tests in each Bolivian department in December 2022. Of the 66 classified students, a total of 18 medals (gold, silver, bronze) were awarded. For the Bolivian Physics Olympiad, a preselection test was taken by 13 shortlisted students of whom 4 were selected to conform the delegation for the XXVIII Ibero-American Physics Olympiad held in Costa Rica in September 2023. The relevance of the Bolivian Physics Olympiad and the Bolivian Astronomy and Astrophysics Olympiad program, as an incentive for the study of physics in Bolivia, can be consulted in the *Rev. Bol. Fis.* **39** (2021). In the present article we report only those tests corresponding to the physics section of the program.

Subject headings: Physics Olympiads – Physics Education

[a]https://orcid.org/0000-0002-3484-8582
[b]https://orcid.org/0000-0001-6832-9513
[c]https://orcid.org/0000-0003-4496-316X
[d]https://orcid.org/0000-0002-2609-993X
[†]Email: evaristomamanicarlo@gmail.com

11ª OLIMPIADA CIENTÍFICA ESTUDIANTIL PLURINACIONAL BOLIVIANA - ETAPA NACIONAL

26a OLIMPIADA BOLIVIANA DE FÍSICA
3ro SECUNDARIA

LLENAR OBLIGATORIAMENTE TODOS LOS CAMPOS

APELLIDO PATERNO — APELLIDO MATERNO

NOMBRES — Nº CÉDULA DE IDENTIDAD — DEPARTAMENTO

UNIDAD EDUCATIVA — DISTRITO EDUCATIVO

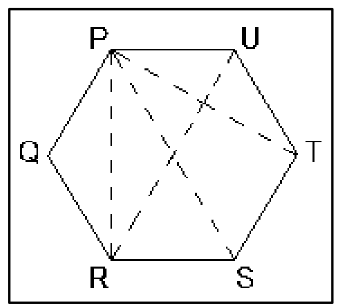
CÓDIGO DE PRUEBA — COPIA ESTE CÓDIGO EN TODAS TUS HOJAS (PREGUNTAS Y RESPUESTAS)

CÓDIGO DE PRUEBA — **NO USAR EL REVERSO DE LA HOJA**

DURACIÓN DE LA PRUEBA: 2 horas para la prueba teórica y 1 hora para la prueba experimental.
MATERIAL PERMITIDO: Regla graduada en mm, calculadora científica, hojas adicionales para cálculos. No se permite la consulta de textos, apuntes, formularios o consultas por internet.

PRUEBA TEÓRICA

1. Un cubito de aluminio flota en mercurio a temperatura ambiental. Si se eleva la temperatura en una cantidad ΔT, deducir si el cubito flotará más o se hundirá más. El coeficiente de dilatación lineal del aluminio es $\alpha = 24\times10^{-6}\ {}^{\circ}C^{-1}$, y el coeficiente de dilatación volumétrica del mercurio es $\gamma = 18\times10^{-5}\ {}^{\circ}C^{-1}$.



2. Considere el hexágono regular PQRSTU de la figura adjunta. Calcule el resultado de $\overrightarrow{PR}+\overrightarrow{PS}+\overrightarrow{UP}+\overrightarrow{TP}$ en términos de $\overrightarrow{PQ}$.

3. Dados los vectores $\mathbf{A} = 4\mathbf{i} - 8\mathbf{j}$ y $\mathbf{B} = 4\mathbf{i} + 8\mathbf{j}$, encontrar el vector $\mathbf{R}$ tal que $2\mathbf{R} - 4\mathbf{A} = \mathbf{B}$.

4. Un joven en un barco mira las ondas en un lago que pasan con una pausa de medio segundo entre cada cresta, si a una onda le toma 1,5 s pasar los 4,5 m de longitud de su barco, calcule su velocidad, frecuencia, período y la longitud de onda.

PRUEBA EXPERIMENTAL

Colisión de dos cuerpos sobre una superficie plana con fricción

Dos cuerpos idénticos puntuales chocan sobre una superficie plana horizontal. El proyectil (P) se impulsa con una velocidad inicial y choca contra el blanco (B) en reposo. Después de la colisión (B) se dispersa hacia el lado izquierdo del plano y (P) se dispersa hacia el lado derecho, deteniéndose cada cuerpo por la fricción en las posiciones indicadas por los puntos; cada par de puntos correspondientes a cada colisión se indican por los mismos números. En el gráfico se muestra los resultados de 7 colisiones; debes medir las distancias en mm del blanco (L_B) y del proyectil (L_P) para cada par de puntos con respecto a la línea segmentada, así como sus distancias D_B y D_P con respecto a (B). Estas mediciones las anotarás en las primeras cuatro columnas de la tabla a continuación. A manera de ejemplo se incluye en la tabla y en el gráfico un caso de datos (que pueden variar según la escala con la que se imprima el gráfico).

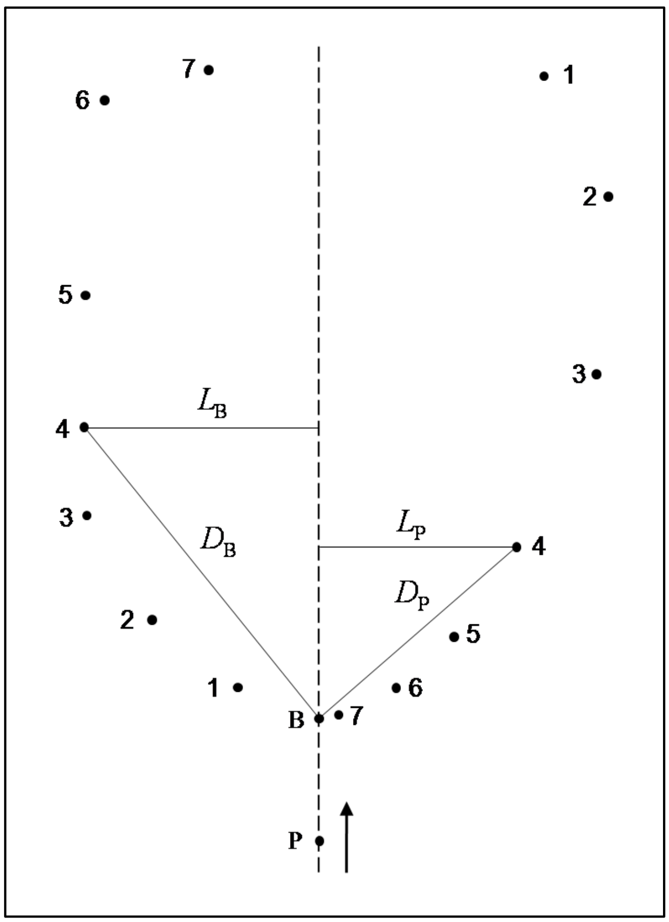
nº de colisión i	L_B	L_P	D_B	D_P	$x_i = \frac{D_B}{D_P}$	$y_i = \left(\frac{L_B}{L_P}\right)^2$	$z_i = \frac{x_i}{y_i}$
ejemplo	36	31	58	41	1.41	1.35	1.04
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

En las tres últimas columnas de la tabla debes usar tu calculadora para obtener los valores que se indican de x_i, y_i, z_i. Finalmente, obtendrás el promedio $\overline{z}$ y error $\Delta\overline{z}$ de los $N = 7$ valores de z_i y lo anotarás en el cuadro al final de esta página.

Las fórmulas que usarás son:

$$\overline{z} = \frac{\sum z_i}{N}$$

$$\Delta\overline{z} = \frac{1}{N}\sqrt{\sum\left(z_i - \overline{z}\right)^2}$$



Promedio $\overline{z}$ y error $\Delta\overline{z}$:

1. SOLUCIONES DEL EXAMEN DE TERCERO DE SECUNDARIA

1.1. *Prueba teórica*

1. El volumen final V de un cuerpo que se dilata por efecto de un incremento de temperatura ΔT a partir de un volumen inicial V_0 es $V = V_0(1+\gamma\Delta T)$; en el caso del aluminio $\gamma = 3\alpha$ es su coeficiente de dilatación volumétrica. Luego, el incremento de volumen es $\Delta V = V - V_0 = V_0\gamma\Delta T$. Así, si suponemos que los volúmenes iniciales de aluminio y mercurio son iguales, el cociente de sus respectivos incrementos de volumen es

   $$\Delta V_{Al}/\Delta V_{Hg} = 3\alpha/\gamma = 72\times 10^{-6}/180\times 10^{-6} < 1,$$

   de donde concluimos que el mercurio se dilata más que el aluminio, es decir, se vuelve menos denso que el aluminio dilatado. Luego, por el principio de Arquímedes, se concluye que el cubito de aluminio se hunde más en el mercurio.

2. Dado que el polígono es un hexágono regular, se cumple que $2\overline{PQ} = \overline{UR}$, $\overline{TS} = \overline{PQ}$. De los triángulos PRU y PST se tiene que $\overline{UP}+\overline{PR} = \overline{UR}$ y $\overline{TP}+\overline{PS} = \overline{TS}$, respectivamente. Luego,

   $$\begin{aligned}&\overline{PR}+\overline{PS}+\overline{UP}+\overline{TP}\\ &=(\overline{UP}+\overline{PR})+(\overline{TP}+\overline{PS})\\ &=\overline{UR}+\overline{TS}=2\overline{PQ}+\overline{PQ}=3\overline{PQ}.\end{aligned}$$

3. $\mathbf{R}$ se despeja como $\mathbf{R} = (\mathbf{B}+4\mathbf{A})/2$. Sustituyendo valores:

   $$\mathbf{R} = (4\mathbf{i}+8\mathbf{j})/2+2(4\mathbf{i}-8\mathbf{j}) = 10\mathbf{i}-12\mathbf{j}.$$

4. El periodo de la onda es $T = 0.5$ s. Su frecuencia y velocidad son $f = 1/T = 2$ Hz y $v = 4.5/1.5 = 3$ m/s, respectivamente. Finalmente, su longitud de onda es $\lambda = v/f = 1.5$ m.

1.2. *Prueba experimental*

nº de colisión i	L_B	L_P	D_B	D_P	$x_i = \frac{D_B}{D_P}$	$y_i = \left(\frac{L_B}{L_P}\right)^2$	$z_i = \frac{x_i}{y_i}$
ejemplo	36	31	58	41	1.41	1.35	1.04
1	12	35	13	116	0.11	0.12	0.92
2	26	45	30	93	0.32	0.33	0.97
3	36	43	48	68	0.71	0.70	1.01
4	36	31	58	41	1.41	1.35	1.04
5	36	21	75	24	3.13	2.94	1.06
6	33	12	102	13	7.85	7.56	1.04
7	17	3	103	3	34.33	32.11	1.07

Promedio $\bar{z} = 1.02$. Error del promedio $\Delta\bar{z} = 0.02$.

11ª OLIMPIADA CIENTÍFICA ESTUDIANTIL PLURINACIONAL BOLIVIANA - ETAPA NACIONAL

26a OLIMPIADA BOLIVIANA DE FÍSICA
4to SECUNDARIA

LLENAR OBLIGATORIAMENTE TODOS LOS CAMPOS

APELLIDO PATERNO | APELLIDO MATERNO

NOMBRES | Nº CÉDULA DE IDENTIDAD | DEPARTAMENTO

UNIDAD EDUCATIVA | DISTRITO EDUCATIVO

CÓDIGO DE PRUEBA | COPIA ESTE CÓDIGO EN TODAS TUS HOJAS (PREGUNTAS Y RESPUESTAS)

CÓDIGO DE PRUEBA

NO USAR EL REVERSO DE LA HOJA

DURACIÓN DE LA PRUEBA: 2 horas para la prueba teórica y 1 hora para la prueba experimental.
MATERIAL PERMITIDO: Regla graduada en mm, calculadora científica, hojas adicionales para cálculos. No se permite la consulta de textos, apuntes, formularios o consultas por internet.

PRUEBA TEÓRICA

1. Un cubito se desliza sobre un plano inclinado a 45º.El coeficiente de fricción estático entre el cubito y el plano es $\mu_s = 0.25$. Calcular los valores de la fuerza horizontal necesaria para mantener al cubito en reposo.

2. Calcule la aceleración centrípeta del planeta Tierra en su trayectoria alrededor del Sol. Para ello suponga que dicha trayectoria es circular. La distancia media entre el Sol y la Tierra es tal que a la luz le toma 8 minutos en recorrer esa distancia. La velocidad aproximada de la luz es 300.000 km/s.

3. Una piedra atada a una cuerda de 2 m gira como un péndulo cónico. Calcule el ángulo formado entre la cuerda y el eje de rotación vertical si la velocidad angular de la piedra es $\sqrt{10}$ rad/s.

4. Con el fin de encontrar la aceleración de un cuerpo, un estudiante mide la velocidad inicial v_i y la velocidad final v_f y determina la diferencia $v_f - v_i$. Los datos que obtiene en dos experimentos diferentes se muestran en la siguiente tabla (todos los errores son del 1%):

	v_i (m/s)	v_f (m/s)
Experimento 1	14.0	18.0
Experimento 2	19.0	19.6

a) Calcular los errores absolutos de las cuatro mediciones
b) Determinar $v_f - v_i$ y su error absoluto para cada experimento
c) Calcular el error relativo y porcentual de los dos valores de $v_f - v_i$

(LA PRUEBA EXPERIMENTAL ES LA MISMA QUE LA DE 3RO. DE SECUNDARIA)

2. SOLUCIONES DEL EXAMEN DE CUARTO DE SECUNDARIA

2.1. *Prueba teórica*

1. El diagrama de cuerpo libre se muestra en la figura adjunta. **F** es la fuerza horizontal aplicada para equilibrar al cubito. **W** es el peso, $N = W\cos\phi + F\,\mathrm{sen}\,\phi$ es la magnitud de fuerza normal y $F_f = \mu_S N$ es la máxima magnitud de la fuerza de fricción. Cuando **F** tiene un valor mínimo $\mathbf{F}_{min}$, el cubito tiende a deslizarse hacia abajo y $\mathbf{F}_f$ está orientada hacia arriba del plano inclinado; cuando **F** tiene un valor máximo $\mathbf{F}_{max}$, el cubito tiende a deslizarse hacia arriba y $\mathbf{F}_f$ está orientada hacia abajo del plano inclinado (línea segmentada). La condición de equilibrio a lo largo del plano inclinado para el caso de $\mathbf{F}_{min}$ es

$$W\,\mathrm{sen}\,\phi = F_{min}\cos\phi + \mu_S(W\cos\phi + F_{min}\,\mathrm{sen}\,\phi),$$

de donde se despeja

$$F_{min} = W\frac{\mathrm{sen}\,\phi - \mu_S\cos\phi}{\cos\phi + \mu_S\,\mathrm{sen}\,\phi}.$$

De manera similar, La condición de equilibrio a lo largo del plano inclinado para el caso de $\mathbf{F}_{max}$ es

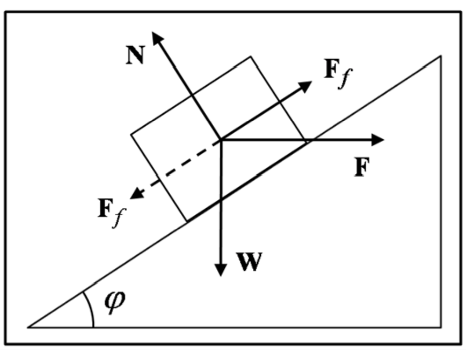
$$W\,\mathrm{sen}\,\phi + \mu_S(W\cos\phi + F_{max}\,\mathrm{sen}\,\phi) = F_{max}\cos\phi,$$

de donde se despeja

$$F_{max} = W\frac{\mathrm{sen}\,\phi + \mu_S\cos\phi}{\cos\phi - \mu_S\,\mathrm{sen}\,\phi}.$$

Sustituyendo $\mu_S = 0.25$ y $\phi = 45$, se tiene finalmente que los valores de la magnitud de **F** varían en el intervalo $F_{min} < F < F_{max}$:

$$0.6W < F < 1.67W.$$



2. La expresión para la aceleración centrípeta es $a_c = v^2/r$, donde $v = 2\pi R/T$ es la velocidad media de la Tierra cuando su trayectoria anual (T = 1 año) se aproxima por una órbita circular de radio $R = ct$, que es la distancia que recorre la luz entre el Sol y la Tierra en un tiempo t = 8 min. Combinando la anteriores expresiones se tiene que $a_c = 4\pi^2 ct/T = 6\times10^3$ m/s^2.

3. Definimos el eje Y como el eje de rotación vertical del péndulo; la piedra se encuentra sobre el eje X (perpendicular al eje Y) en algún instante, entonces para diferentes instantes consecutivos el eje X gira en torno al eje Y, por lo tanto la piedra está sujeta a una fuerza centrípeta tal que $F_x = ma_c$, donde F_x es la componente horizontal (perpendicular a Y) de la tensión T: $F_x = T\,\mathrm{sen}\,\theta$ y $a_c = \omega^2 R$, donde $R = L\,\mathrm{sen}\,\theta$ es la distancia de la piedra al eje Y y L = 2 m. A lo largo del eje Y la piedra está en equilibrio: $F_y = T\cos\theta - mg = 0$. Combinando las anteriores expresiones se obtiene $\cos\theta = g/(\omega^2 L)$, cuya evaluación numérica da $\theta = 60.66$.

4. Los errores relativo (ϵ_r) y absoluto (ϵ_a) se relacionan por $\epsilon_a = \bar{x}\epsilon_r$, donde $\bar{x}$ es el valor medio. El error porcentual es $\epsilon_p = \epsilon_r \times 100\,\%$. Las soluciones están en la tabla de la figura adjunta.

		Exp. 1	Exp. 2
(a)	ϵ_{ai}	0.14	0.19
	ϵ_{af}	0.18	0.196
(b)	$v_f - v_i$	4.0	0.6
	ϵ_a	0.32	0.386
(c)	$v_f - v_i$	4.0	0.6
	ϵ_a	0.32	0.386
	ϵ_r	0.08	0.643
	ϵ_p	8 %	64.3 %

2.2. *Prueba experimental*

(La solución de la prueba experimental es la misma que la de 3ro. de secundaria).

11ª OLIMPIADA CIENTÍFICA ESTUDIANTIL PLURINACIONAL BOLIVIANA - ETAPA NACIONAL

26a OLIMPIADA BOLIVIANA DE FÍSICA
5to SECUNDARIA

LLENAR OBLIGATORIAMENTE TODOS LOS CAMPOS

APELLIDO PATERNO | APELLIDO MATERNO

NOMBRES | Nº CÉDULA DE IDENTIDAD | DEPARTAMENTO

UNIDAD EDUCATIVA | DISTRITO EDUCATIVO

CÓDIGO DE PRUEBA COPIA ESTE CÓDIGO EN TODAS TUS HOJAS (PREGUNTAS Y RESPUESTAS)

CÓDIGO DE PRUEBA **NO USAR EL REVERSO DE LA HOJA**

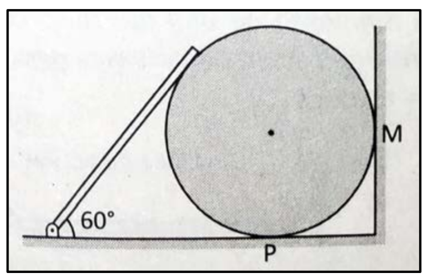
DURACIÓN DE LA PRUEBA: 2 horas para la prueba teórica y 1 hora para la prueba experimental.
MATERIAL PERMITIDO: Regla graduada en mm, transportador, calculadora científica, hojas adicionales para cálculos. No se permite la consulta de textos, apuntes, formularios o consultas por internet.

PRUEBA TEÓRICA

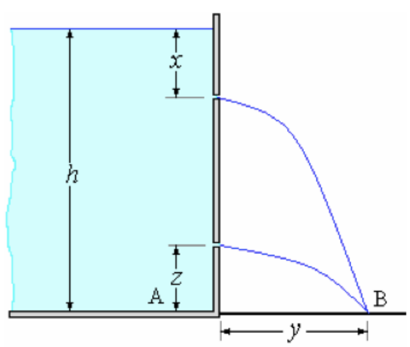
1. Una pelota de fútbol tiene una masa de 0.40 kg e inicialmente se mueve hacia la izquierda a 20 m/s, luego se patea y adquiere una velocidad con magnitud de 30 m/s y dirección de 45° hacia arriba y a la derecha. Calcule el impulso de la fuerza neta y la fuerza neta media, suponiendo que el choque dura 0.01 s.

2. Una bala de 10 g se dispara horizontalmente con una rapidez de 200 m/s contra un bloque de 90 g que está inicialmente en reposo. Después de la colisión la bala queda incrustada en el bloque y éste se desliza sobre una superficie plana; la fuerza de fricción sobre el bloque es 10 N. Calcule la distancia que recorre el bloque.

3. Considere una esfera sólida de 10 kg apoyada en los puntos P y M. Sobre la esfera reposa una barra homogénea de 20 kg (figura adjunta). Determine el cociente de las reacciones en el piso y en la pared (todas las superficies son lisas).



4. En la pared vertical de un depósito de agua de altura h hay dos pequeños orificios (figura adjunta). Uno está a la distancia x debajo de la superficie, y el otro está a una altura z sobre el fondo. Los chorros de agua se encuentran en el suelo en el mismo punto (B). Determine si $x > z$, $x < z$ o $x = z$.



PRUEBA EXPERIMENTAL

Colisión de dos cuerpos sobre una superficie plana con fricción

Dos cuerpos idénticos puntuales chocan sobre una superficie plana horizontal. El proyectil (P) se impulsa con una velocidad inicial y choca contra el blanco (B) en reposo. Después de la colisión (B) se dispersa hacia el lado izquierdo del plano y (P) se dispersa hacia el lado derecho, deteniéndose cada cuerpo por la fricción en las posiciones indicadas por los puntos; cada par de puntos correspondientes a cada colisión se indican por los mismos números. En el gráfico se muestra los resultados de 7 colisiones; debes medir los ángulos (en grados) de cada par de puntos con respecto a la línea segmentada, así como sus distancias (en mm) con respecto a (B). Estas mediciones las anotarás en las primeras cuatro columnas de la tabla a continuación. A manera de ejemplo se incluye en la tabla y en el gráfico el caso de la colisión $i = 4$. A manera de ejemplo se incluye en la tabla y en el gráfico un caso de datos (que pueden variar según la escala con la que se imprima el gráfico).

nº de colisión i	ángulo de B (φ_B)	ángulo de P (φ_P)	distancia de B (D_B)	distancia de P (D_P)	$x_i = \log\left(\frac{D_B}{D_P}\right)$	$y_i = \log\left(\frac{\sin\varphi_P}{\sin\varphi_B}\right)$
ejemplo	40º	50º	54	42	0.15	0.08
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

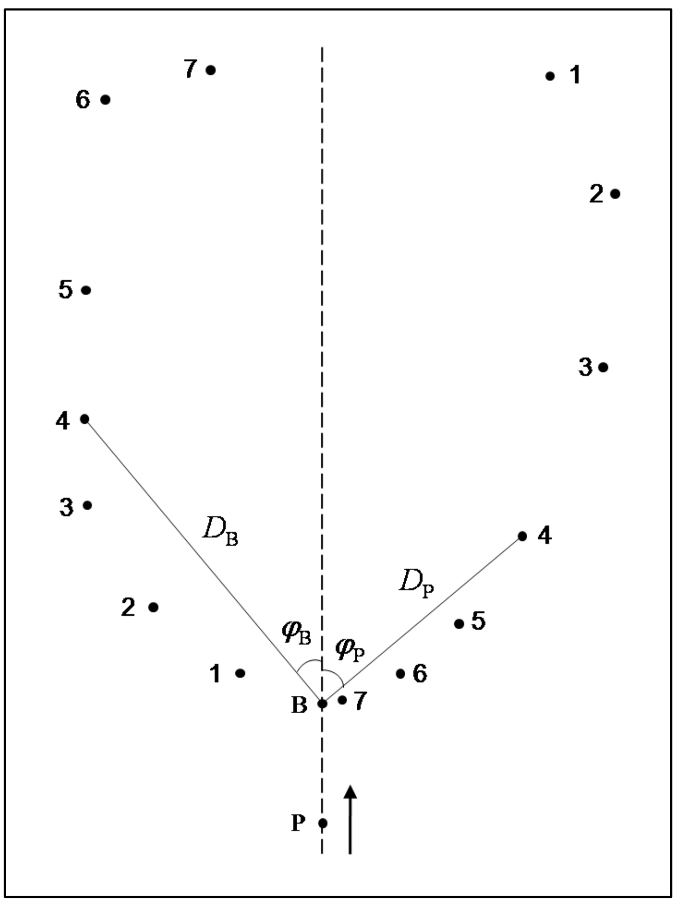
En las dos últimas columnas de la tabla debes realizar los cálculos que se indican para obtener los valores de x_i, y_i. Luego debes realizar en tu calculadora una interpolación lineal con los $N = 7$ valores de (x_i, y_i) calculados en la tabla. Finalmente, debes obtener la pendiente m de la recta $y(x) = mx + b$ y anotar tu resultado al final de esta página.

Las fórmulas involucradas en este cálculo son:

$$m = \frac{N\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N\sum x_i^2 - \left(\sum x_i\right)^2}$$

$$b = \frac{\sum y_i - m\sum x_i}{N}$$

Puedes usarlas directamente en el caso de que tu calculadora no contenga la función de interpolación lineal (conocida también como ajuste o regresión lineal).



Pendiente de la recta $y(x)$:

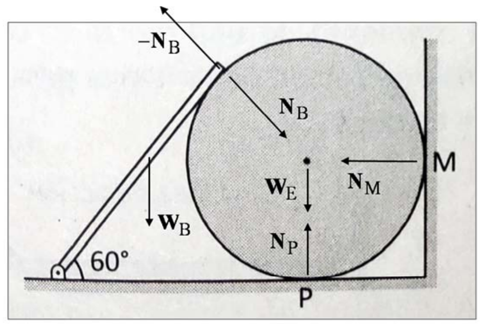
3. SOLUCIONES DE QUINTO DE SECUNDARIA

3.1. *Prueba teórica*

1. El impulso $\Delta\mathbf{p} = \mathbf{p}_f - \mathbf{p}_0$ es la variación del momentum lineal. Las componentes de las velocidades inicial y final son: $v_{x0} = -20$ m/s, $v_{y0} = 0$ m/s, $v_{xf} = v_{yf} = 30\cos 45 = 21.2$ m/s. Luego, las componentes de $\Delta\mathbf{p}$ son: $\Delta p_x = p_{xf} - p_{x0} = m(v_{xf} - v_{x0}) =$ 16.5 kg m/s, $\Delta p_y = p_{yf} - p_{y0} = m(v_{yf} - v_{y0}) = 8.5$ kg m/s. La magnitud de $\Delta\mathbf{p}$ es $\Delta p = \sqrt{\Delta p_x^2 + \Delta p_y^2} =$ 18.56 kg m/s. La magnitud de la fuerza media es $F = \Delta p/\Delta t = 1856$ N.

2. La colisión entre la bala (b) y el bloque (B) es inelástica pues se pierde energía por fricción, pero las fuerzas de fricción son internas y se cancelan vectorialmente, por lo que se conserva el momentum total. Así: $m_b v_b = (m_b + m_B)v_f$, de donde se evalúa la velocidad final del bloque con la bala incrustada: $v_f = 20$ m/s. Por otra parte, por el teorema de trabajo-energía, la energía cinética inicial del bloque con la bala incrustada se pierde totalmente por fricción después de recorrer una distancia D: $(m_b + m_B)v_f^2/2 = F_f\, D$, de donde se evalúa la distancia $D = 20$ m.

3. Ya que las superficies son lisas, las fuerzas que actúan sobre la esfera $(\mathbf{W}_E, \mathbf{N}_B, \mathbf{N}_M, \mathbf{N}_P)$ convergen en el centro de tal forma que la condición de equilibrio se expresa por las ecuaciones escalares $W_E + N_B\cos 60 = N_P$ y $N_B \operatorname{sen} 60 = N_M$. Asimismo, ya que la barra de longitud L está en equilibrio, las fuerzas que provocan el torque nulo con respecto al pivote del piso son $\mathbf{W}_B$ y $\mathbf{N}_B$, de tal forma que $(W_B\cos 60/2 - N_B)L = 0$. No se incluye la fuerza de reacción del pivote sobre la barra pues no se necesita. Combinando las expresiones anteriores se encuentra que $N_P/N_M = (8W_E/W_B + 1)/\sqrt{3} = 5/\sqrt{3} =$ 2.87.



4. Si v_1 es la velocidad de salida del fluido por el orificio superior y t_1 es el tiempo que tarda un elemento del fluido en alcanzar el punto B, entonces $y = v_1 t_1$. Luego, por la ley de Torricelli, $v_1 = \sqrt{2gx}$. Así, ya que $h - x = gt_1^2/2$, entonces $h - x = gy^2/(2v_1^2) = y^2/(4x)$. De manera similar, para el orificio inferior se tiene: $y = v_2 t_2$, $v_2 = \sqrt{2g(h-z)}$, $z = gt_2^2/2$, así que $z = gy^2/(2v_2^2) = y^2/(4(h-z))$. Combinando las anteriores expresiones se tiene finalmente que $x(h-x) = z(h-z)$, de donde $x = z$.

3.2. *Prueba experimental*

nº de colisión i	ángulo de B (φ_B)	ángulo de P (φ_P)	distancia de B (D_B)	distancia de P (D_P)	$x_i = \log\left(\frac{D_B}{D_P}\right)$	$y_i = \log\left(\frac{\sin\varphi_P}{\sin\varphi_B}\right)$
ejemplo	40°	50°	54	42	0.15	0.08
1	69°	20°	14	108	-0.89	-0.44
2	60°	30°	31	95	-0.49	-0.24
3	50°	40°	49	71	-0.16	-0.08
4	40°	50°	60	42	0.15	0.08
5	30°	60°	77	25	0.49	0.24
6	20°	69°	104	14	0.87	0.44
7	10°	78°	104	3	1.54	0.75

Pendiente de la recta $y(x)$: 0.49.

EXAMEN DE PRESELECCION
OLIMPIADA IBEROAMERICANA DE FISICA 2023

Nombre:…………………………………………………….**C.I.**:……………………..

1. Un péndulo simple oscila con un periodo $T = 2\pi\sqrt{L/g}$, donde L es la longitud y g es la aceleración de la gravedad. Se realizó un experimento en el que se midió la longitud $L = 1.043 \pm\ 0.001$ m y el tiempo de 5 oscilaciones completas (14 veces): 10.49 s, 10.45 s, 10.75 s, 10.46 s, 10.61 s, 10.67 s, 10.22 s, 10.11 s, 10.26 s, 9.89 s, 10.75 s, 10.60 s, 10.45 s, 10.29 s.

a) Calcular el valor promedio, la desviación estándar y el error estadístico de la serie de datos reportada.
b) La apreciación del instrumento con la que se midió el tiempo de estas 5 oscilaciones es 0.01 s. De acuerdo a los cálculos realizados en (a) escribir el resultado final del tiempo de las 5 oscilaciones.
c) Del resultado obtenido en (b) y aplicando propagación de errores, calcular el periodo T de cada oscilación con su respectivo error.
d) Con el valor del periodo T, la longitud L y aplicando propagación de errores, calcular el valor de la aceleración de la gravedad con su respectivo error.

2. Dos barras se cruzan formando un ángulo 2α (ver Fig. 2) y se mueven con velocidades iguales v perpendiculares a sí mismas. ¿Cuál será la velocidad del punto de cruce de las barras?

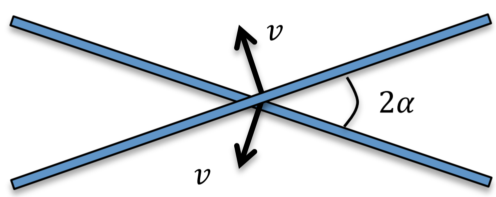


Fig. 2. Problema 2

3. Sobre una cuña, cuyo plano forma un ángulo α con la horizontal, colocaron el cuerpo A (ver Fig. 3). Calcule la aceleración horizontal de la cuña para que el cuerpo A caiga libremente en dirección vertical hacia abajo.

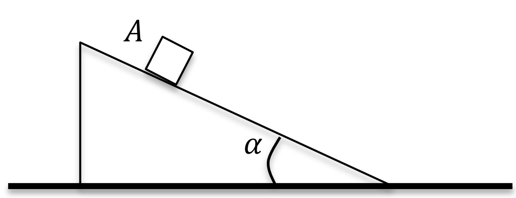


Fig. 3. Problema 3

4. Una bobina que consta de un eje cilíndrico y dos discos iguales rueda sin deslizarse con velocidad constante v sobre una tabla horizontal (ver Fig. 4). Los radios del eje y de los discos son r y $R > r$, respectivamente. ¿Qué velocidades tienen los puntos A y B que se encuentran sobre la circunferencia de uno de los discos?

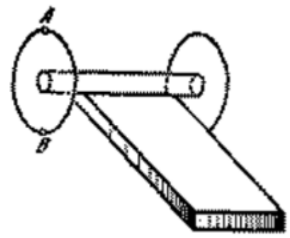


Fig. 4. Problema 4

5. En un cilindro macizo de masa m se enrolla una cuerda con masa despreciable (ver Fig. 5). Calcular la fuerza mínima F y el ángulo α con los que se debe jalar la cuerda para que el cilindro, girando, se mantenga en su lugar. Considere el coeficiente de fricción entre el cilindro y la superficie horizontal igual a μ.

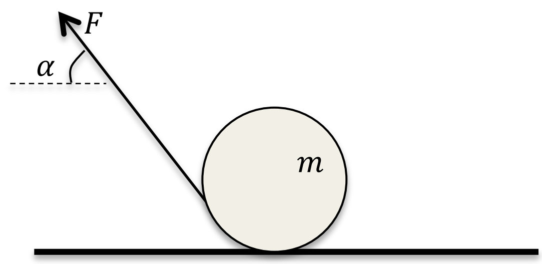


Fig. 5. Problema 5

6. Dos condensadores planos con capacitancias C_1 y C_2 están cargados con voltajes V_1 y V_2, respectivamente ($V_1 \neq V_2$). Luego se conectan estos condensadores en paralelo. Calcule si la energía final del sistema aumentará, disminuirá o se mantendrá constante.

7. Considere un sistema masa-resorte en una dimensión que oscila con una amplitud x_0. Calcule el cociente de los tiempos que le toma al oscilador recorrer una pequeña distancia Δx cuando éste se encuentra a una distancia x de la posición de equilibrio y cuando x es muy pequeña.

8. Se mezcla en un recipiente 10 g de hielo a –20°C con 50 g de agua a 80°C. La temperatura final de la mezcla es 51.6°C. Calcule el calor latente de solidificación del agua.

9. Un automóvil recorre una distancia D a velocidad $v > 0$ constante y luego frena con una aceleración $a < 0$ hasta detenerse. Calcule el valor de v necesario para que el tiempo total de movimiento del automóvil sea mínimo.

10. Se lanza una piedra con una velocidad v y un ángulo φ (respecto a la horizontal). ¿En cuánto tiempo la velocidad formará un ángulo $\alpha < \varphi$?

11. Dos cuerpos de masas m_1 y m_2 yacen sobre una superficie horizontal sin fricción y están unidos por un hilo que soporta una tensión máxima T. Si a los

cuerpos se les aplica fuerzas dependientes del tiempo $F_1 = \alpha t$ y $F_2 = 2\alpha t$, respectivamente y en sentidos opuestos, calcule el instante en que el hilo se romperá.

12. Un automóvil con velocidad inicial v sube por la ladera cubierta de hielo de una montaña. Si la inclinación de la ladera con respecto a la horizontal es α, tal que el coeficiente cinético de fricción entre las llantas y la ladera es menor que $\tan\alpha$, calcule hasta qué altura llegará el automóvil (con respecto al lugar donde inició el ascenso).

13. Un cubo de madera de arista 0.5 m flota en un lago de tal manera que 2/3 de su volumen están sumergidos. Calcule el trabajo necesario para hundir la totalidad del cubo.

14. Tres partículas con cargas eléctricas q_1, q_2 y q_3 están unidas por dos hilos de longitud L a lo largo de una recta. Calcule las tensiones de los hilos.

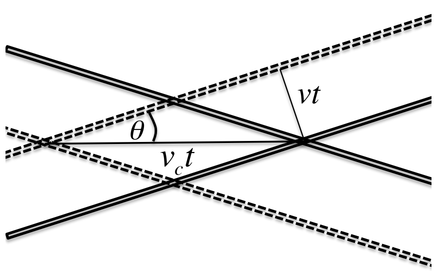
15. Considere una sucesión infinita de cargas eléctricas puntuales con valores alternados $\pm Q$, alineadas sobre una recta y separadas entre sí por una distancia mínima D. Si alguna de estas cargas se extrae de la sucesión, calcule el valor del potencial eléctrico en el sitio donde estaba la carga.

Los problemas 2–14 se extrajeron de Savchenko O. Ya., *Problemas de Física* (MIR, Moscú, 1989).

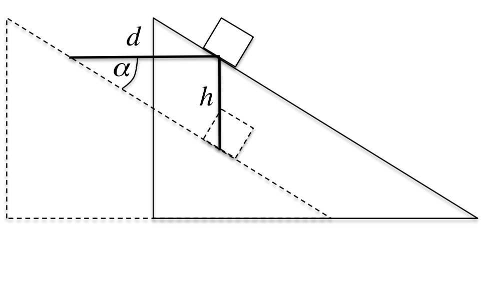
4. SOLUCIONES DEL EXAMEN DE PRESELECCIÓN PARA LA OLIMPIADA IBEROAMERICANA DE FÍSICA 2023

1. a) Aplicando las fórmulas conocidas para el tratamiento estadístico de datos, para 5 oscilaciones se obtiene: promedio, $\bar{t} = 10.428571$ s; desviación estándar: $\sigma = 0.241360937$ s; error estadístico, $\epsilon = 0.064506$ s.
b) El tiempo reportado de 5 oscilaciones considerando la apreciación del instrumento es $t = \bar{t} \pm \epsilon = 10.429 \pm 0.065$ s.
c) El periodo para una oscilación es $T = t/5 = 2.086 \pm 0.013$ s.
d) El periodo es $T = 2\pi\sqrt{L/g}$, de donde se despeja la aceleración de la gravedad, $g = 4\pi^2 L/T^2$. Por propagación de errores de tiene que:
$$\begin{aligned}\Delta g =& \frac{4\pi^2}{T^2}\Delta L + \frac{8\pi^2 L}{T^3}\Delta T = g\frac{\Delta L}{L} + 2g\frac{\Delta T}{T}\\ =& 9.463\left(\frac{0.001}{1.043} + 2\frac{0.013}{2.086}\right) = 0.127 \text{ s.}\end{aligned}$$
Luego, el valor experimental de la aceleración de la gravedad se reporta finalmente como
$$g = (9.46 \pm 0.13) \text{ m/s}^2.$$

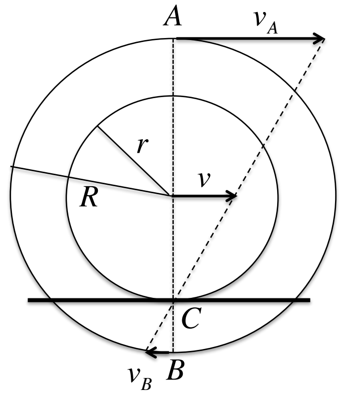
2. Sea t un instante posterior al instante inicial y v_c la velocidad del punto de cruce de las barras (ver figura adjunta). Luego, del triángulo formado se tiene que $\operatorname{sen}\theta = vt/(v_c t)$, o bien, $v_c = v/\operatorname{sen}\theta$.



3. Consideremos un instante t posterior al inicio del movimiento: el cuerpo A en caída libre recorre la distancia $h = gt^2/2$. Durante el mismo intervalo de tiempo, la cuña con aceleración a se desplaza horizontalmente la distancia $d = at^2/2$. Para que el cuerpo A caiga libremente en la dirección vertical estando en contacto todo el tiempo con la cuña, necesariamente se cumple $\tan\alpha = h/d$, o bien, $a = g\cot\alpha$.

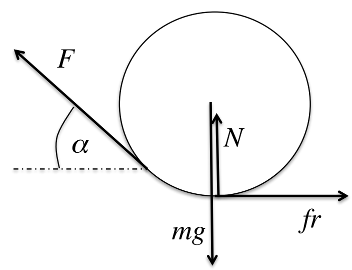


4. La vista lateral de la bobina es:



Como la bobina rueda sin deslizar, por el punto C pasa el eje instantáneo de rotación, así, el punto A tiene una velocidad $v_A = v(R + r)/r$ y la velocidad del punto B es $v_B = v(R - r)/r$.

5. Las fuerzas que actúan sobre el cilindro son:



Como el cilindro no tiene movimiento de traslación, de la segunda ley de Newton se tiene:
$$fr - F\cos\alpha = 0,$$
$$F\operatorname{sen}\alpha + N - mg = 0.$$
Además, la fuerza de rozamiento cinético entre la superficie y el cilindro está dada por
$$fr = \mu N.$$
Resolviendo el sistema de ecuaciones para F, se tiene:
$$F = \frac{\mu m g}{\cos\alpha + \mu\operatorname{sen}\alpha} = \frac{\mu m g}{A\cos(\alpha - \theta)},$$
donde $A = \sqrt{1+\mu^2}$ y $\theta = \tan^{-1}\mu$. Por lo tanto, la fuerza mínima con que se debe jalar de la cuerda es $F_{\min} = \mu m g/\sqrt{1+\mu^2}$.

6. La energía total de los condensadores antes de conectarlos en paralelo es $U_0 = \left(C_1 V_1^2 + C_2 V_2^2\right)/2$. Después de la conexión la capacitancia equivalente es $C_{eq} = C_1 + C_2$; este condensador equivalente tiene una la carga total $C_1 V_1 + C_2 V_2$. Luego, la energía total después de la conexión será

$U_f = (C_1V_1 + C_2V_2)^2 / (2(C_1 + C_2))$. La diferencia de energías es

$$U_0 - U_f = \frac{C_1C_2}{2(C_1 + C_2)}(V_1 - V_2)^2 > 0.$$

Luego, vemos que la energía eléctrica total del sistema disminuye. Esto se debe a que no se tomó en cuenta la energía disipada en forma de calor cuando la carga eléctrica se transmite entre los condensadores a través de los hilos.

7. Sean $\Delta x/\Delta t$ y $\Delta x/\Delta t'$ las aproximaciones para las velocidades del cuerpo cuando éste se halla lejos y cerca, respectivamente, de la posición de equilibrio ($x = 0$). Por conservación de la energía se tiene que

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}Kx_0^2 &= \frac{1}{2}Kx^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)^2, \\ &\cong 0 + \frac{1}{2}m\left(\frac{\Delta x}{\Delta t'}\right)^2,\end{aligned}$$

de donde se despejan

$$\begin{aligned}\Delta x/\Delta t &= \sqrt{K(x_0^2 - x^2)/m}, \\ \Delta x/\Delta t' &= \sqrt{Kx_0^2/m}.\end{aligned}$$

Combinando las anteriores se obtiene

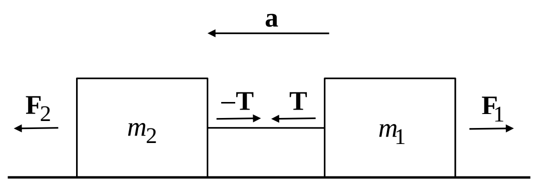
$$\frac{\Delta t}{\Delta t'} = \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 - x^2}}.$$

8. La cantidad de calor transferida para que un cuerpo de masa m gramos cambie su temperatura en ΔT grados centígrados es $Q = mc\Delta T$ calorías, donde c es el calor específico del cuerpo. Para el agua, $c_a = 1$ cal/(g ºC), y para el hielo podemos aproximar $c_h \cong 0.5$ cal/(g ºC). Así, la masa $m_1 = 50$ g de agua a 80 ºC se enfría hasta 51.6 ºC, cediendo entonces $Q_1 = 50 \times (80 - 51.6) = 1420$ cal que absorberá la masa $m_2 = 10$ g, inicialmente de hielo, para que eleve su temperatura hasta 0 ºC, se funda a 0 ºC y luego, ya en estado líquido, alcance 51.6 ºC. Esto es: $Q_1 = Q_2 + m_2L + Q_3$, donde $Q_2 = m_2c_h\Delta T = 10 \times 0.5 \times (0 - (-20)) = 100$ cal, y $Q_3 = m_2c_a\Delta T = 10 \times 1 \times (51.6 - 0) = 516$ cal. De aquí se despeja el calor latente de fusión del hielo, $L = (1420 - 100 - 516)/10 \cong 80$ cal/g, que es igual al calor latente de solidificación del agua.

9. Sean t_1 y t_2 los tiempos durante los cuales el automóvil avanza con velocidad constante y frena, respectivamente. Luego, el tiempo total hasta detenerse es $T = t_1 + t_2$. Ya que $vt_1 = D$ y $v - |a|t_2 = 0$, entonces $T = D/v + v/|a|$. El valor mínimo de T se halla estableciendo que $dT/dv = -D/v^2 + 1/|a| = 0$, de donde se despeja $v = \sqrt{D|a|}$.

10. Como en todo tiro parabólico, las componentes horizontal y vertical de la velocidad son $v_x(t) = v_0 \cos\phi$ y $v_y(t) = v_0 \operatorname{sen}\phi - gt$. El ángulo α que forma $\mathbf{v}(t)$ con la horizontal se determina por $v_y/v_x = \tan\alpha$, de donde se despeja $t = (v_0/g)(\operatorname{sen}\phi - \cos\phi\tan\alpha)$.

11. Las magnitudes de $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$ son $F_1 = \alpha t$ y $F_2 = 2\alpha t$.



Del diagrama de cuerpo libre se tiene que:

$$\begin{aligned}2\alpha t - T &= m_2 a, \\ T - \alpha t &= m_1 a,\end{aligned}$$

de donde se despeja la magnitud de la aceleración:

$$a = 2\alpha m_1 t - m_1 T = m_2 T - \alpha m_2 t.$$

Luego, cuando la magnitid de la tensión T alcanza su valor máximo, el tiempo es

$$t = \left(\frac{m_1 + m_2}{2m_1 + m_2}\right)\frac{T}{\alpha}.$$

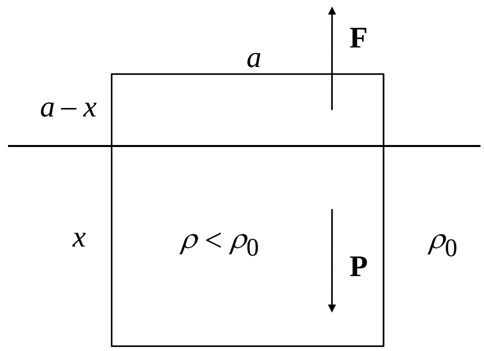
12. Ya que el coeficiente de fricción μ_k es menor que $\tan\alpha$ entonces se sabe que el automóvil resbalará sobre la ladera y que la componente del peso hacia abajo es mayor que la fuerza de fricción hacia arriba, entonces el automóvil ascenderá sólo hasta cierta altura, se detendrá y luego resbalará hacia abajo. Así, éste es un movimiento acelerado rectilíneo (tomamos la dirección positiva hacia arriba de la ladera) cuyas ecuaciones son:

$$\begin{aligned}D &= v_0 T - aT^2/2, \\ v_0 &= aT,\end{aligned}$$

donde D es la distancia que el automóvil avanza hacia arriba hasta detenerse después de un tiempo T. La aceleración dirigida hacia abajo es $a = g\operatorname{sen}\alpha - \mu_k g\cos\alpha$. La altura H es la proyección vertical de la distancia D, $H = D\operatorname{sen}\alpha$. Combinando las expresiones anteriores se obtiene

$$H = \frac{v_0^2/2g}{1 - \mu_k\cot\alpha}.$$

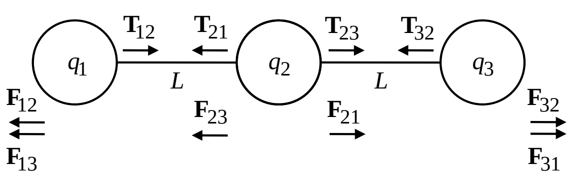
13. En equilibrio, cuando $x = x_0$, se cumple $\mathbf{F}+\mathbf{P} = 0$. Si $x > x_0$, entonces las magnitudes de $\mathbf{F}$ y $\mathbf{P}$ satisfacen $F > P$ con $F = a^2x\rho_0 g$ y $P = a^3\rho g$. Evaluando esta última relación en equilibrio, $F = P$, se obtiene $3\rho = 2\rho_0$.



Así, para hundir el cubo, el valor de x debe variar de x_0 hasta a. Luego, de la definición de trabajo, se tiene que

$$\begin{aligned} W &= \int_{x_0}^{a} (F - P)\, dx \\ &= \int_{x_0}^{a} (a^2 x \rho_0 g - a^3 \rho g)\, dx \\ &= \frac{a^4 g \rho_0}{18} = 34.06 \text{ J}. \end{aligned}$$

14. Ya que todas las fuerzas electrostáticas $\mathbf{F}_{ij}$ y tensiones $\mathbf{T}_{ij}$ son recíprocas con magnitudes iguales y sentidos opuestos, se cumple $\mathbf{F}_{ij} = -\mathbf{F}_{ji}$ y $\mathbf{T}_{ij} = -\mathbf{T}_{ji}$ $(i, j = 1, 2, 3)$. Para que el sistema esté en equilibrio es necesario que las cargas sean positivas.



Del diagrama de cuerpo libre para cada carga se tiene las relaciones para las magnitudes de las fuerzas electrostáticas:

$$\begin{aligned} F_{12} = F_{21} &= \frac{Kq_1q_2}{L^2}, \\ F_{13} = F_{31} &= \frac{Kq_1q_3}{4L^2}, \\ F_{23} = F_{32} &= \frac{Kq_2q_3}{L^2}. \end{aligned}$$

Luego, las tensiones son:

$$\begin{aligned} T_{12} = F_{12} + F_{13} &= \frac{Kq_1q_2}{L^2} + \frac{Kq_1q_3}{4L^2} = \frac{Kq_1}{4L^2}(4q_2 + q_3), \\ T_{23} = F_{13} + F_{23} &= \frac{Kq_1q_3}{4L^2} + \frac{Kq_2q_3}{L^2} = \frac{Kq_3}{4L^2}(4q_2 + q_1). \end{aligned}$$

15. La distribución de cargas en torno al sitio de donde se extrae una carga (de cualquier signo) es simétrica en torno a ese sitio, sólo varía el signo del potencial total de la distribución sobre el sitio: $+|V|$ si la carga extraída en negativa y $-|V|$ si la carga extraída es positiva. Luego, de la definición del potencial de una carga puntual $Q > 0$:

$$\begin{aligned} \pm\frac{|V|}{2} &= \frac{KQ}{d} - \frac{KQ}{2d} + \frac{KQ}{3d} - \frac{KQ}{4d} + \ldots, \\ \pm\frac{|V|d}{2KQ} &= 1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \ldots = \ln 2, \\ \pm|V| &= \frac{2KQ}{d} \ln 2. \end{aligned}$$

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses respecto a la publicación de este documento.