

# *Problemas experimentales de física*

**Valdés Castro Pablo**  
**Valdés Castro Rolando**

*Facultad de Física.*  
*Instituto Superior Pedagógico*  
*"Enrique José Varona".*  
*Ciudad Libertad.*  
*Marianao.*  
*Ciudad de la Habana.*  
*Cuba.*

## ***Resumen***

Los problemas experimentales reúnen las virtudes de los problemas de "lápiz y papel" y de las prácticas de laboratorio; ellos pueden ser utilizados para introducir conocimientos teóricos sobre una base experimental y también para aplicar en la práctica dichos conocimientos. El propósito de este artículo es analizar la importancia de tales problemas y mostrar algunos ejemplos de ellos.

## ***Summary***

The experimental problems have the merits of the "pencil and paper" problems and of the laboratory works as well; they could be used to introduce theoretical knowledges on experi-

mental basis and also to apply these in practice. The object of this article is to analyse the relevance of such problems and to show some examples of them.

## ***1. Introducción***

Es suficiente observar algunas clases de física, u hojear varios libros de texto y trabajos de Didáctica de la Física para percatarse de que las tres actividades que básicamente se realizan durante la enseñanza de esta ciencia son: el tratamiento de conocimientos teóricos, la resolución de tareas o problemas y las prácticas de laboratorio.

La resolución de tareas se ha analizado, prioritariamente, teniendo en cuenta que es un medio eficaz para

consolidar y profundizar los conocimientos introducidos, desarrollar habilidades y hábitos, y familiarizar a los alumnos con determinadas aplicaciones prácticas. Ella se considera una de las vías más efectivas para evaluar el nivel de comprensión de los conceptos y leyes físicas (Bugaev 1989, Butikov, Bikov y Kondratiev 1989, Kapitza 1985).

Sin embargo, mayor importancia aún puede tener hacer este análisis desde la perspectiva de aproximarse a un modelo de enseñanza-aprendizaje en que las tres actividades antes mencionadas queden implicadas en un todo coherente (Gil, Carrascosa, Furió y Mtnez-Torregrosa 1991), cuyo elemento unificador es el planteamiento y la resolución de problemas.

Los problemas experimentales tienen gran interés en relación con esta última cuestión; no obstante, apenas han encontrado reflejo en la enseñanza de la física. Con el término de problema los profesores habitualmente designan cualquier tarea, se conozca o no de antemano la vía para su solución, además, generalmente sobreentienden que son "de lápiz y papel". Por otra parte, en las colecciones de los libros de texto no suelen incluirse problemas experimentales.

## **2. Concepto de problema y problemas experimentales**

Psicólogos e investigadores en Didáctica (Galperin 1982, Rubinstein 1966, Gil, Carrascosa, Furió y Mtnez-

Torregrosa 1991, Razumovski 1987, Valdés 1981) coinciden en que una de las características de la actividad científico-investigativa que debe ser plasmada en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física -quizás la principal- es el planteamiento y la resolución de problemas.

¿Qué impulsa al hombre a recorrer las diferentes etapas de la actividad científico-investigativa?

Tal impulso aparece cuando los conocimientos que se poseen son insuficientes, o bien para comprender la situación que se analiza, o bien para realizar determinadas acciones (ya sean teóricas o prácticas), y al propio tiempo se percibe la posibilidad de encontrar una salida a la situación. El estado psicológico que surge en estas circunstancias es lo que se denomina *situación problemática*. Ella incita a buscar la solución del problema, el cual es la conciencia, acotamiento y fijación, por ejemplo con ayuda del lenguaje, de la situación problemática.

El surgimiento de la situación problemática depende de la experiencia de los estudiantes. La solución de cierta tarea puede requerir conocimientos que poseen unos alumnos, pero otros no; además, es posible que ella represente algo realizable para algunos e inalcanzable para otros. De este modo, no toda pregunta o tarea obligatoriamente constituye un problema, aunque los problemas siempre se expresan por medio de preguntas o tareas.

Los problemas *experimentales* reúnen las características de todo problema. Ellos exigen realizar acciones similares que los de lápiz y papel,

pero además, requieren ejecutar otras, de carácter teórico-práctico, también de gran valor en la actividad científico-técnica contemporánea: decidir y argumentar la instalación que se utilizará; seleccionar los instrumentos de medición y determinar el modo de codificar los resultados de las observaciones y mediciones; montar las instalaciones de acuerdo con las condiciones concretas existentes; efectuar mediciones de diferentes magnitudes, evaluar la influencia de las principales fuentes de errores, estimarlos; etc.

Los problemas experimentales tienen otras ventajas: contribuyen a relacionar la teoría con la actividad práctica de los alumnos; elevan la confianza de ellos en la aplicabilidad de los conocimientos científicos que se asimilan en la escuela, ayudan a concretar valores característicos de diferentes magnitudes, trasladan el interés natural que suscitan las situaciones prácticas al contexto docente.

Atendiendo a la etapa del proceso de conocimiento en que se encuentran los alumnos durante el estudio de determinada temática, los problemas experimentales pueden dividirse en dos tipos fundamentales.

1. Problemas cuya solución exige *desentrañar la esencia de objetos y fenómenos* y, en consecuencia, introducir nuevos conceptos:

–Revelar la estructura de objetos o el mecanismo de fenómenos (estructura molecular de la sustancia, composición de colores de la luz “blanca”, mecanismo de la difusión en gases y líquidos, etc.);

–Establecer relaciones de dependencia fundamentales, cualitativas o cuantitativas, entre diferentes aspectos de los fenómenos estudiados; (leyes de la dinámica, de Boyle-Mariotte y de Gay-Lussac, leyes de Ohm y de Poulliet, leyes de la reflexión y la refracción de la luz, etc.).

2. Problemas que requieren aplicar los conceptos introducidos:

–Reproducir y observar fenómenos que luego deben ser explicados.

–Determinar valores de magnitudes (intensidad de campo gravitatorio, presión atmosférica, coeficiente de fricción entre dos superficies, índice de refracción de alguna sustancia, etc.);

–Diseñar y construir dispositivos o instalaciones de carácter técnico (dinamómetro, dilatómetro, regulador de temperatura, alarma de fuego, interruptor optoelectrónico, etc.).

Los problemas del primer tipo pueden considerarse primarios, o principales, ya que durante su solución se asimilan las características esenciales (necesarias y suficientes) de los conceptos que se introducen, y con ello se crean las premisas para resolver infinidad de otros problemas, tanto experimentales del segundo tipo, como de lápiz y papel relacionados con la temática en cuestión.

Pero por importantes que sean los problemas experimentales del primer tipo, el proceso de enseñanza-aprendi-

zaje no puede limitarse a ellos. Los conocimientos recién abordados deben luego profundizarse y consolidarse mediante la resolución de problemas del segundo tipo. En este caso, lo que fundamentalmente se asimila es un nuevo proceder y no nuevos conocimientos acerca de la esencia de los objetos y fenómenos. Los alumnos ganan *experiencia* (acumulan conocimientos diversos, desarrollan habilidades y hábitos), y son conducidos a un nuevo nivel de *generalización*. Precisamente, una de las condiciones principales para que se produzca la transferencia de la solución de unos problemas a otros, es un elevado grado de generalización y abstracción (Rubinstein 1966, Talízina 1987).

### **3. Ejemplos de problemas experimentales de física**

En los libros de texto de física abundan los problemas de lápiz y papel, o tareas que pueden ser transformadas en ellos (Gil, Carrascosa, Furió y Mtnez-Torregrosa 1991). Se han publicado libros exclusivamente dedicados a tales problemas (Bujovtsev, Krivchenkov, Miakishev y Saraeva 1979, MINED 1987, Sena 1988) y en cambio, como ya hemos señalado, son raros los libros de texto o de colecciones de problemas que incluyen tareas experimentales.

El tratamiento que sobre una base experimental se hace de conceptos y leyes en diversos libros de texto, puede servir de punto de partida para la elab-

boración de problemas experimentales del primer tipo; el arte del maestro a la hora de abordar la situación física, determina si ésta deriva o no en un problema para los alumnos. Una fuente importante para el planteamiento de problemas de ambos tipos son las prácticas de laboratorio tradicionales.

Si bien el planteamiento de problemas experimentales del primer tipo entraña para los maestros ciertas dificultades, mayores aún parecen ser éstas cuando se trata de problemas del segundo tipo. Como resultado de las Olimpiadas Internacionales de Física se ha confeccionado una magnífica colección de tales problemas (Vega 1991); no obstante, la solución de muchos de ellos resulta en extremo difícil para la mayoría de los estudiantes de la escuela media, ya que fueron elaborados para ser utilizados en competencias cuyos participantes están entre los alumnos más sobresalientes de diversos países.

A continuación se dan algunos ejemplos de problemas experimentales del segundo tipo, en particular, de *determinación de valores de magnitudes*; ellos han sido utilizados exitosamente durante el trabajo con estudiantes de Educación Media y de Formación del Profesorado de Física. Junto con el planteamiento de los problemas se incluye la relación de instrumentos y materiales necesarios para la solución. Sin embargo, los estudiantes no tienen por qué conocer dichos materiales desde un inicio, los pueden “seleccionar” durante el análisis de la situación. En los materiales está plasmado cierto proceder, y por

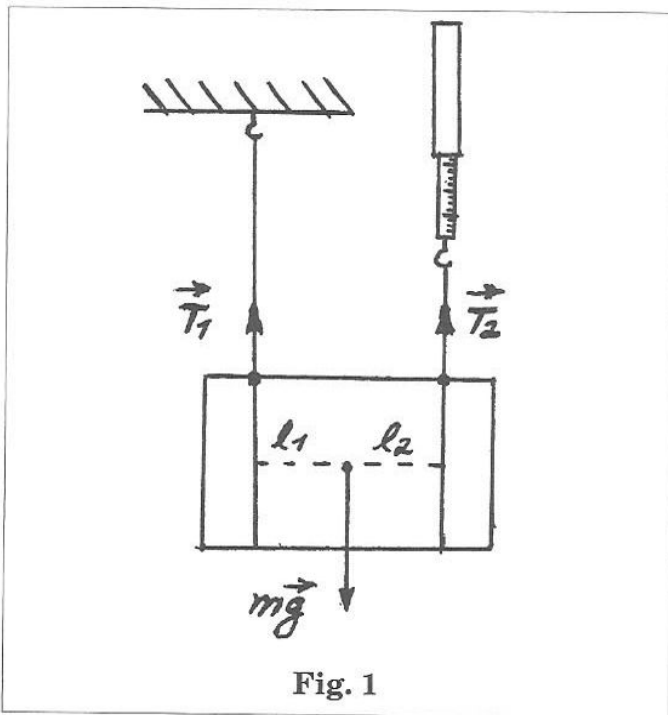
eso desempeñan un papel similar que los datos en los problemas de lápiz y papel: acotan de antemano la situación y, en consecuencia, limitan las posibilidades de los estudiantes para reflexionar (Gil, Furió, Carrascosa y Mtnez-Torregrosa 1991).

**Problema 1.** Determine la masa de un bloque cuyo peso es algo mayor que el límite superior de la escala del dinamómetro dado.

Materiales: bloque, dinamómetro, hilo.

Solución.

Se suspende el bloque con ayuda de dos trozos de hilo, como se muestra en la figura 1.



Si los momentos de las fuerzas que actúan sobre el bloque se expresan respecto a un eje que pasa por su centro de gravedad y el bloque se encuentra en posición horizontal, entonces la condición de equilibrio puede escribirse:

$$T_1 l_1 - T_2 l_2 = 0$$

En el caso que las direcciones de los hilos equidisten del centro de gravedad del bloque

$$T_1 = T_2 = T$$

Por otra parte,

$$T_1 + T_2 - mg = 0$$

de donde

$$m = 2T/g$$

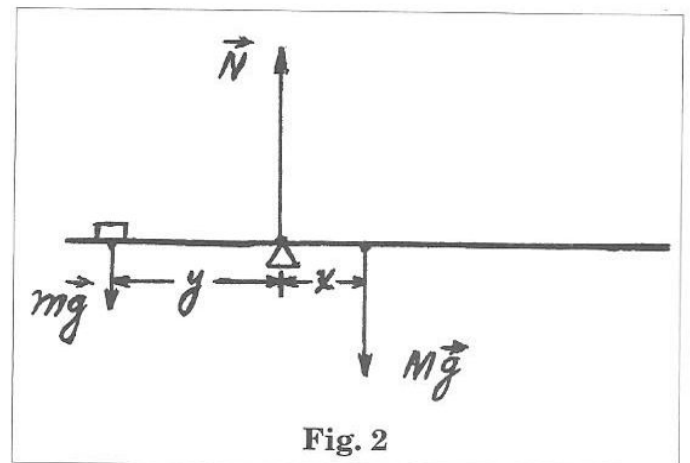
donde  $T$  es la lectura del dinamómetro.

**Problema 2.** Determine la masa de la regla dada. Evalúe el error del resultado.

Materiales: regla graduada, cuerpo de masa conocida, lápiz.

Solución.

La regla se sitúa sobre el lápiz de tal modo que su centro de gravedad quede desplazado respecto al punto de apoyo, y luego se equilibra con ayuda del cuerpo de masa conocida (Ver fig. 2).



La condición de equilibrio puede escribirse del modo siguiente:

$$Mgx = mgy$$

donde  $M$  es la masa de la regla y  $m$  la masa conocida.

De aquí que

$$M = my/x$$

Por tanto, la masa de la regla puede determinarse midiendo  $y$  y  $x$ .

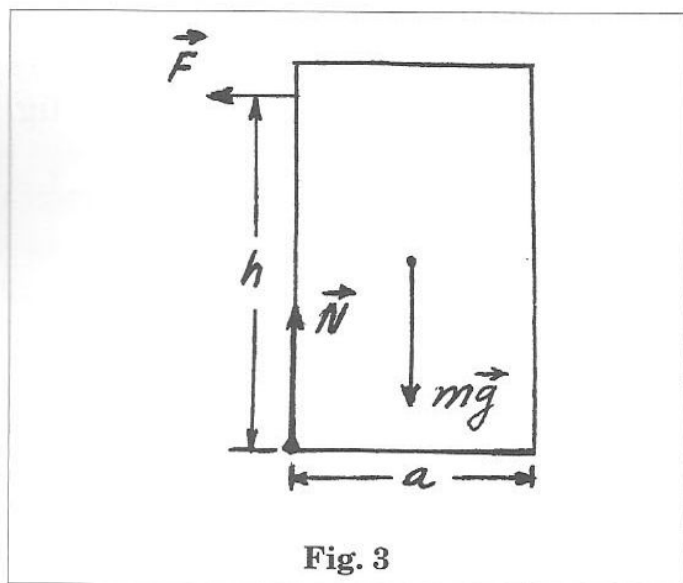
*Nota:* Es posible obtener un mejor resultado si se varía el punto de apoyo de la regla y se registra un conjunto de pares de valores de  $x$  y  $y$ . El gráfico de  $y$  vs.  $x$  es una línea recta de pendiente  $M/m$ .

**Problema 3.** Estime el coeficiente de fricción estático entre un bloque y una superficie horizontal. Evalúe el error del resultado.

Materiales: bloque, regla, lápiz.

Solución.

Se sitúa el bloque sobre la superficie horizontal y con la punta del lápiz se le aplica una fuerza  $F$ , paralela a dicha superficie (Ver fig. 3).



La fuerza máxima con que el bloque aún se mantiene en equilibrio es

$$F = \mu N \quad (1)$$

donde  $\mu$  es el coeficiente de fricción estático.

El punto de aplicación de la fuerza

por encima del cual el bloque voltea se determina por la condición:

$$\mu N h = m g a / 2 \quad (2)$$

de donde

$$\mu = a / 2 h$$

Para encontrar  $h$  se desplaza continuamente de abajo hacia arriba el punto de aplicación de la fuerza, hasta que el bloque voltee.

**Problema 4.** Estime el valor de la presión atmosférica.

Materiales: dardo terminado en ventosa, dinamómetro, hilo, superficie pulimentada, regla graduada.

Solución.

Se presiona fuertemente la ventosa contra la superficie pulimentada y luego, por medio del dinamómetro se tira del dardo aumentando poco a poco la fuerza ejercida.

Sean:

$A$  – el área del círculo de contacto entre la ventosa y la superficie pulimentada en el momento que ésta se separa.

$F$  – la lectura del dinamómetro al separarse la ventosa.

Entonces  $P_a = F/A$  es un valor estimado de la presión atmosférica.

**Problema 5.** Determine el valor de la presión atmosférica. Evalúe el error del resultado.

Materiales: Tubo de vidrio de aproximadamente 1.5m de longitud y 4-5mm de diámetro interior; recipiente con agua, de aproximadamente 0.5m de profundidad; regla graduada; marcador.

Solución.

Se introduce el tubo de vidrio en el recipiente con agua (Ver fig. 4a) y se marca el nivel de la superficie libre de ésta en su interior. A continuación se tapa el extremo libre del tubo con un dedo. La presión del aire que ocupa la longitud  $l_1$  del tubo es:

$$P_1 = P_a \quad (1)$$

donde  $P_a$  es la presión atmosférica.

Si ahora se extrae el tubo del recipiente, manteniendo el extremo tapado, la presión del aire desciende, y es (ver fig. 4b):

$$P_2 = P_a - pgh \quad (2)$$

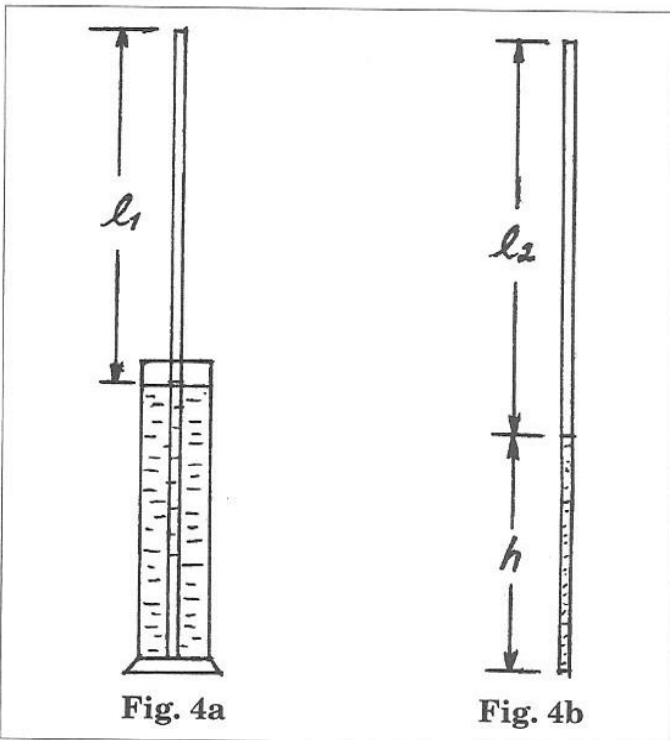
donde  $p$  es la densidad del agua y  $g$  la aceleración de la gravedad.

Si se admite que las variaciones de presión y volumen del aire encerrado en el tubo de vidrio cumplen con la ley de Boyle, entonces

$$P_1 l_1 = P_2 l_2 \quad (3)$$

Sustituyendo 1 y 2 en 3 se obtiene:

$$P_a = pgh l_2 / (l_2 - l_1)$$



**Problema 6.** Determine el valor de la resistencia eléctrica dada. Evalúe el error del resultado.

Materiales: Resistor de resistencia desconocida, resistor de resistencia conocida, voltímetro que no puede ser considerado ideal, fuente de alimentación de resistencia interna despreciable, conductores de conexión.

Solución.

Se monta el circuito según el esquema de la figura 5a.

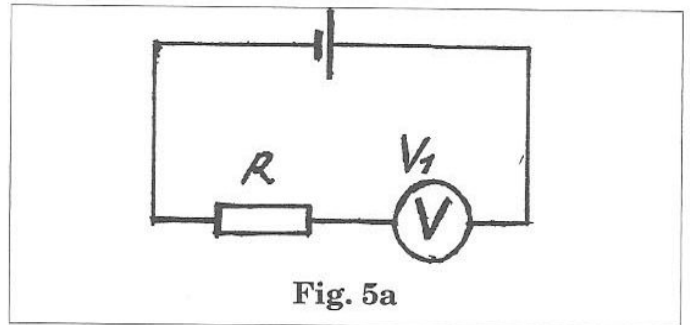


Fig. 5a

La intensidad de la corriente es:

$$I = V_1 / R_v = V_r / R$$

donde  $V_1$  es la lectura del voltímetro,  $R_v$  su resistencia interna,  $R$  el valor de la resistencia conocida y  $V_r$  el voltaje entre los extremos de ésta.

De la igualdad anterior:

$$R_v = R V_1 / (E - V_1) \quad (1)$$

donde  $E$  es la fem de la fuente, la cual se mide conectando sus terminales directamente al voltímetro.

A continuación se monta el circuito representado en la figura 5b.

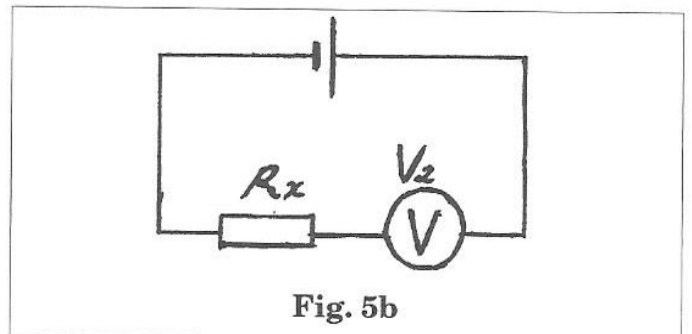


Fig. 5b

En este caso se obtiene:

$$R_x = R_v(E - V_2)/V_2 \quad (2)$$

donde  $R_x$  es el valor de la resistencia desconocida

Sustituyendo la ecuación 1 en la 2:

$$R_x = (E - V_2)/V_2 \cdot RV_1/(E - V_1)$$

*Nota:* Es conveniente que los valores seleccionados de  $R$  y  $R_x$  sean próximos al valor de la resistencia interna del voltímetro. Por ejemplo, si ésta es de  $3 \text{ k}\Omega$ ,  $R$  y  $R_x$  pudieran ser de  $1$  y  $2 \text{ k}\Omega$ , respectivamente.

**Problema 7.** *Determine el índice de refracción del material de que está constituido el cuerpo dado. Evalúe el error del resultado.*

**Materiales:** Cuerpo transparente, regla graduada, marcador.

Solución.

Mediante un lápiz se realiza un trazo en una hoja de papel. El cuerpo se coloca, apoyado en uno de sus bordes, sobre el trazo, el cual se observa desde el aire (Ver fig. 6). Bajando la cabeza, se encuentra una posición del ojo para

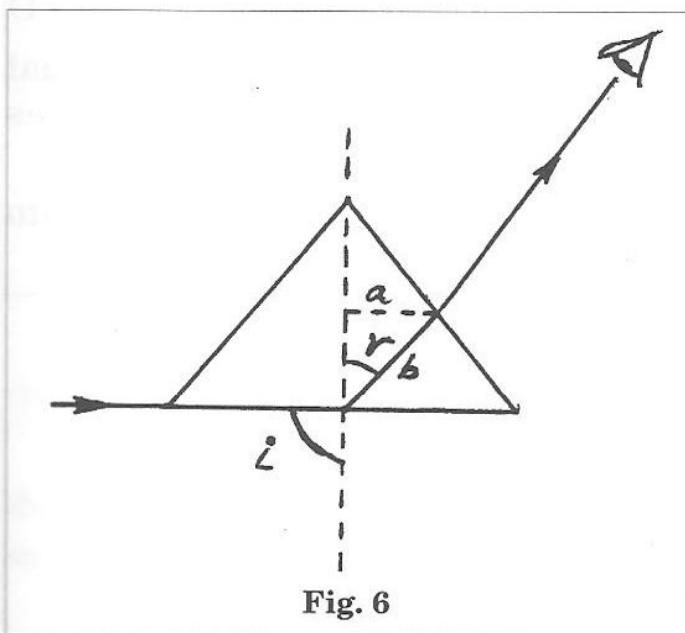


Fig. 6

la cual el trazo deja de ser visible; entonces se realiza una marca en el cuerpo que indique el punto de intersección de éste con la visual.

Según la ley de Snell:

$$n_a \cdot \text{sen } i = n_c \cdot \text{sen } r$$

donde  $n_a$  y  $n_c$  son los índices de refracción del aire y del material del cuerpo, respectivamente.

Asumiendo que el índice del aire es 1 y que el trazo deja de verse para un ángulo de incidencia, de los rayos que parten de él e inciden en el cuerpo, de  $90^\circ$ , obtenemos:

$$1 = n_c \cdot \text{sen } r$$

de donde

$$n_c = 1/\text{sen } r = b/a$$

Por consiguiente, para determinar  $n_c$  es suficiente con medir  $b$  y  $a$ .

**Problema 8.** *Investige cómo depende el período de las oscilaciones pequeñas ( $T$ ) de una regla apoyada sobre un cilindro, de su longitud ( $L$ ) y del diámetro del cilindro ( $D$ ).*

**Materiales:** Conjunto de reglas de diferentes longitudes, conjunto de cilindros (latas de conserva, poleas) de diferentes diámetros, cronómetro, papel milimetrado.

Solución.

Se construyen tablas de  $T$  vs.  $L$  ( $D = \text{const.}$ ) y  $T$  vs.  $D$  ( $L = \text{const.}$ ). En el papel milimetrado se ensayan diversos gráficos, correspondientes a posibles relaciones de dependencia. Se encuentra que los gráficos de  $T$  vs.  $L$  y de  $T$  vs.  $1/\sqrt{D}$  son líneas rectas que pasan por el origen de coordenadas. Por consiguiente,



$$T = k L / \sqrt{D}$$

donde  $k$  es una constante de proporcionalidad.

Es posible hallar esa ecuación teóricamente. Sin embargo, su deducción puede resultar complicada para la mayoría de los estudiantes de la escuela media.

Cuando la regla se desplaza de su posición de equilibrio, el toque producido por la fuerza de gravedad tiende a hacerla regresar a dicha posición (Ver fig. 7).

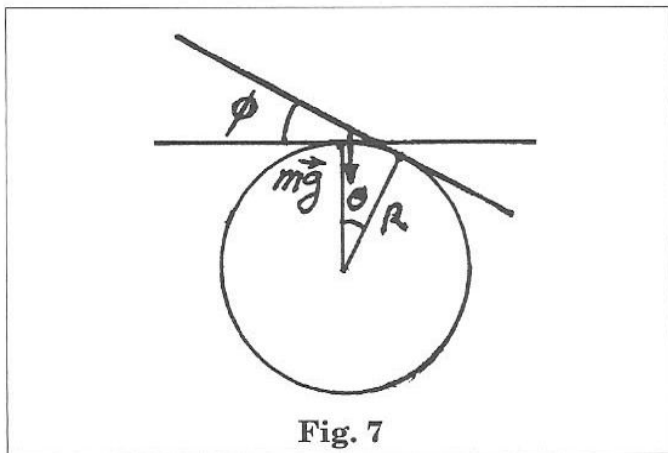


Fig. 7

El toque de la fuerza de gravedad respecto a un eje que pasa por el punto de apoyo  $O$  es:

$$\pi = -mgR\Theta \sin\Phi = -mgR\Theta \cos\Theta$$

Si las oscilaciones son "pequeñas".

$$\pi \approx mgR\Theta \quad (1)$$

El momento de inercia de la regla respecto al eje que pasa por el punto  $O$  es

$$I = 1/12 mL^2 + m(R\Theta)^2$$

No obstante, si las reglas son suficientemente largas y las oscilaciones pequeñas

$$1/12 mL^2 \gg m(R\Theta)^2$$

de donde

$$I \approx 1/12 mL^2 \quad (2)$$

Sustituyendo 1 y 2 en la ecuación fundamental de la dinámica de la rotación, obtenemos:

$$d^2\Theta/dt^2 + 6gD\Theta/L^2 = 0$$

y de aquí

$$T = 2\pi/\sqrt{6g} \cdot L/\sqrt{D}$$

#### 4. Conclusión

Los problemas experimentales tienen el mérito de todo problema: impulsan la actividad investigativa de los estudiantes, orientan la imaginación y el pensamiento de ellos, conduciéndolos a niveles superiores de desarrollo, educan una actitud positiva hacia el proceso del conocimiento. Pero los problemas experimentales reúnen además las virtudes, tanto de los problemas de lápiz y papel (realización de acciones intelectuales) como de las prácticas de laboratorio tradicionales (desarrollo de habilidades y hábitos experimentales). Ellos pueden ser utilizados, o para *introducir nuevos conocimientos teóricos* sobre una base experimental, o para *aplicar en la práctica* dichos conocimientos, y en este sentido constituyen un importante elemento unificador de las tres actividades básicas que se realizan en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física: tratamiento de conocimientos teóricos, resolución de tareas y prácticas de laboratorio.

#### Bibliografía

BUGAEV, A., 1989. Metodología de la enseñanza de la física en la escuela

- media (Pueblo y Educación: La Habana).
- BUTIKOV, E., BIKOV, A. y KONDRATIEV, A., 1989. La física en ejemplos y tareas (Nauka: Moscú) (en idioma ruso).
- GALPERIN, P., 1982. INTRODUCCION A LA PSICOLOGIA (Pueblo y Educación: La Habana).
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIO, C. Y MTNEZ-TORREGROSA, J., 1991. La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria (Horsori: Barcelona).
- KAPITZA, P., 1985. Experimento, Teoría, Práctica. Artículos y conferencias (Mir: Moscú).
- MINED, 1987. Física. Décimo grado. Orientaciones metodológicas para la resolución de problemas (Pueblo y Educación: La Habana).
- MINED, 1987. Física. Onceno grado. Orientaciones metodológicas para la resolución de problemas (Pueblo y Educación: La Habana).
- RAZUMOVSKI, V., 1987. Desarrollo de las capacidades creadoras de los estudiantes en el proceso de enseñanza de la física (Pueblo y Educación: La Habana).
- RUBINSTEIN, S., 1966. El proceso del pensamiento (Universitaria: La Habana).
- TALIZINA, N., 1988. Psicología de la enseñanza (Progreso: Moscú).
- VALDES, P., 1981. Activación de la actuación cognoscitiva de los alumnos durante el estudio de la física en los grados 7º y 8º de la escuela media de la República de Cuba. Tesis de doctorado.
- VEGA, F., 1991. Olimpiadas internacionales de física 1967-1990 (Corporación Universitaria Antonio Nariño: Bogotá).