

F I S I C A

II. MECANICA Y FLUIDOS

La Segunda Reunión de Física tuvo lugar del 7 al 14 de octubre de 1956, en Madrid, y en ella tomaron parte los siguientes Catedráticos: don José Esteve Pastor, del Instituto de Badajoz; doña Amelia Garrido Mareca, de Palencia; don Severiano Goig Botella, del «Luis Vives», de Valencia; don Emilio Moreno Alcañiz, de Zaragoza; don Antonio Mingarro Satué, del «Cervantes», de Madrid; don Eduardo Nagore Gómez, de Alcoy; don José Luis Ortín Bellido, de Reus; don Juan Reyes Fernández, de Ceuta; don Ramón Roca Giner, de Cuenca; don Raimundo Rodríguez Rebollo, de Cáceres; don Francisco Ruiz Alba, del Femenino de Málaga; don Angel Sáez Melón, del «Ramiro de Maeztu», de Madrid; don Miguel Zúñiga Solano, del Femenino de Bilbao. También intervinieron los Inspectores de Enseñanza Media don José Gassiot Llorens, don José Piza, don Francisco Poggio, don Eduardo del Arco Alvarez y don Aurelio de la Fuente Arana.

Se dedicó la Reunión a hacer una revisión de las prácticas que se consideran fundamentales en cada uno de los dos Grados: Elemental y Superior, para el estudio de la Mecánica y Flúidos, así como la proposición de cuestiones que puedan presentarse a los alumnos en las pruebas mensuales en los Centros o en los exámenes de Curso o de Grado.

Fruto de esta Segunda Reunión son las presentes notas.

MEDIDA DE MAGNITUDES - APARATOS DE MEDIDA

GRADO ELEMENTAL

Prácticas *

Se pondrá de manifiesto la necesidad de que la unidad de medida sea constante, proporcionada y homogénea con la magnitud que se trata de medir.

Hágase ver a los alumnos la imposibilidad de medir una longitud de unos pocos milímetros, con un metro dividido en cms.

Improvisese un metro con una tira de goma convenientemente dividida en centímetros y hágase medir una longitud

determinada a diferentes alumnos; compárense los resultados. Repítase la misma experiencia con un metro no elástico. Háganse las observaciones oportunas.

Como ejercicios prácticos pueden realizarse los siguientes:

a) Longitudes:

Manejo del doble decímetro y cinta métrica. Trazado de perpendiculares en el patio, utilizando la cinta métrica y el triángulo pitagórico. Medir longitudes y perímetros con el curvímetro.

b) Superficies:

Medida de superficies regulares utili-

zando las fórmulas de Geometría. Medida de superficies irregulares con papel milimetrado o por pesada. Comprobación de que las áreas de figuras semejantes son proporcionales a los cuadrados de sus líneas homólogas.

c) Volúmenes:

Determinación de volúmenes de cuerpos regulares por medición de longitudes y utilizando las fórmulas de Geometría. Id. de cuerpos irregulares por desplazamiento de líquidos en probetas graduadas. Compruébense las fórmulas geométricas que dan los volúmenes de los cuerpos, determinando éstos por desplazamiento. Manejo de frascos aforados, buretas, pipetas y probetas. Interpretación de las escalas. Comprobar el factor $1/3$, en la relación de volúmenes de conos y pirámides con cilindros y prismas de la misma base y altura, mediante figuras huecas llenas de agua.

d) Tiempos.

Medida de tiempos con un cronómetro.

Cuestiones

1. ¿Cómo se puede medir la superficie de una habitación con un doble decímetro?

2. Hallar el volumen de un terrón de azúcar de forma irregular.

3. ¿Cómo se puede medir, no directamente, la longitud de un rollo de alambre?

4. ¿Cómo construirías un cuenta-kilómetros?

5. ¿Cómo determinarías el perímetro de una moneda?

6. ¿Cómo podrías determinar fácilmente el volumen que resulta al excavar en una de las caras de un sólido de forma cúbica, una hemiesfera?

7. ¿Cómo podrías medir la altura del aula, no pudiendo hacer la medida directamente?

8. ¿Cómo determinarías el volumen interior de un cuerpo irregular, por ejemplo un frasco?

9. ¿Cómo podrías determinar el volumen ocupado por el vidrio de un frasco?

10. ¿Se puede determinar el volumen de un cuerpo, sin utilizar ningún instrumento para medir longitudes?

GRADO SUPERIOR

Prácticas

Medida de longitudes utilizando el nonius. Medida de ángulos con un nonius angular. Medida de longitudes utilizando el calibrador.

Determinar el espesor de un cubre y de un portaobjetos, diámetro de alambres, etc. utilizando el tornillo micrométrico.

Determinar el radio de una lente o de un espejo esférico, con el esferómetro.

Errores absoluto y relativo: su determinación.

Construcción de un nonius para una precisión determinada.

Error de paralaje en las lecturas.

Cuestiones

1. ¿Por qué en Física no se define el metro patrón como la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre que pasa por París?

2. Si el metro patrón se perdiese, ¿se podría volver a construir de nuevo?

3. ¿Qué unidades de longitud conoces que se utilizan para medir magnitudes muy pequeñas?

4. ¿Qué unidades de longitud conoces que se utilizan para medir magnitudes muy grandes?

5. ¿Cómo determinarías el radio de la Tierra, basándote en la definición geográfica del metro?

6. Conociendo la distancia que sobre la superficie de la Tierra separa a dos puntos determinados, ¿cómo determina-

rías el ángulo que forman las verticales en esos dos puntos?

7. En general, ¿con qué se puede medir con más precisión el espesor de un cuerpo, con un calibre o con un torni-

llo micrométrico? Razona la contestación.

8. ¿Podrías indicar cómo un tocadiscos se podría convertir en un aparato para medir tiempos?

M O V I M I E N T O

Las prácticas sobre esta materia tienen por objeto que los alumnos aprendan a medir las magnitudes fundamentales que intervienen en todo movimiento (longitud y tiempo) y a calcular las magnitudes derivadas que lo definen (velocidad y aceleración).

GRADO ELEMENTAL

Estudio de un movimiento uniforme

Se utiliza un tren eléctrico de juguete (basta la máquina sola); se mide de una vez para todas la longitud del circuito, y con ayuda de un cronómetro se mide el tiempo que tarda la máquina en dar una, dos o más vueltas, repitiendo varias veces cada medida del tiempo. Los alumnos se ejercitarán en disparar y detener el cronómetro y en leer sus indicaciones. El Profesor aprovechará la ocasión para hacerles observar el significado e importancia de los errores personales. Se tabularán las medidas efectuadas y las velocidades calculadas.

Actuando sobre el transformador se experimenta sucesivamente con distintas velocidades.

Se construyen las gráficas espacio-tiempo para cada movimiento y se destaca el significado del coeficiente angular de las rectas representativas.

Si no se dispusiera de un tren eléctrico (juguete hoy muy frecuente), también se puede operar con una máquina de cuerda. Los chicos observan que la velocidad no es ahora constante, sino que va disminuyendo en cada vuelta, y

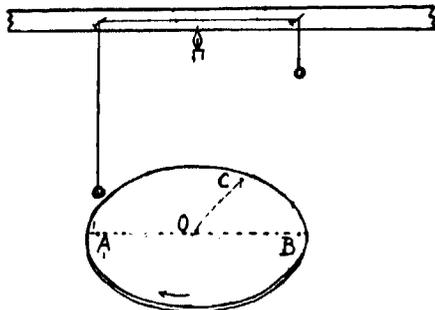
calcularán la velocidad media en la primera vuelta, en la segunda, etc. Si se les propone medir la velocidad media considerando arcos cada vez más pequeños (media vuelta, un cuarto de vuelta, etc.) llegarán a captar el concepto de velocidad instantánea al mismo tiempo que se dan cuenta de la creciente importancia de los errores personales en la medida del tiempo.

Prácticas de los alumnos

Cálculo de la velocidad media de un globo que asciende en el laboratorio hasta el techo; de un balón de fútbol al que se le dé un puntazo en el patio; de la corriente de un río, etc.

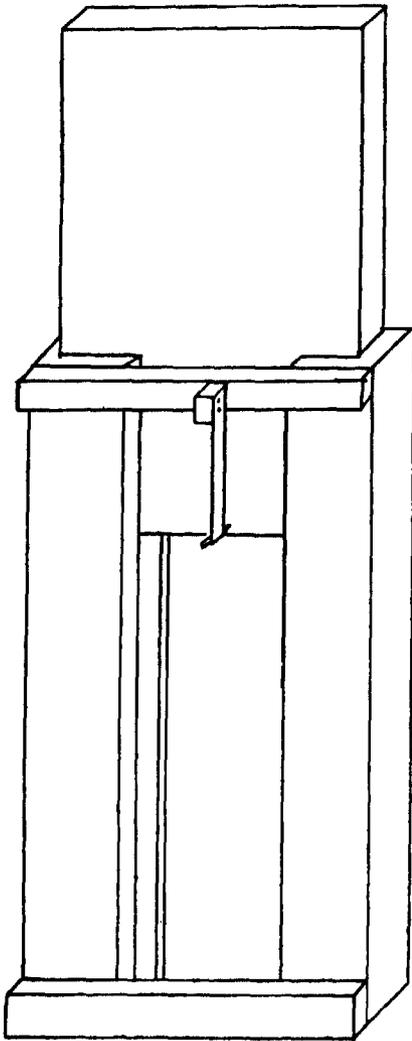
GRADO SUPERIOR

Medida de la aceleración debida a la gravedad



Se propone el experimento descrito en el número 2 de esta Revista. Este expe-

rimento puede hacerse todavía más sencillo disponiendo las cosas como se indica en la figura anterior. Pendientes de los extremos de un hilo se colocan dos pequeñas bolas para que caigan sobre los extremos de un diámetro, empleando doble tiempo una que otra; para lo cual hay que situar la primera a cuádruple distancia que la segunda. La marca producida por la bola



más próxima al disco es la A; si que hubiera producido la otra bola, de haber estado el disco quieto, sería la B; pero debido al movimiento se produce la huella en C. El tiempo correspondiente al ángulo BOC es la diferencia de los tiempos de caída, que, como el uno es doble del otro, representa también el tiempo de caída de la bola más próxima. Previamente se ha medido la velocidad angular del disco por el tiempo que tarda en dar un cierto número de vueltas. Con los datos se calcula «g». La experiencia se repite variando las alturas de las bolas (conservando la relación de 1 a 4), y los discos de papel se entregan a los alumnos para que calculen el valor de «g».

Proporcionalidad entre los espacios y los cuadrados de los tiempos.

Se dispone un bastidor como en la figura adjunta. Los largueros verticales, acanalados, guían en su caída a una pesada tabla (es mejor lastrarla con una barra de hierro en su borde inferior), que cae como una guillotina, y sobre la cual inscribe su movimiento un lapicero sujeto en el extremo de un fleje de acero que vibra, o mejor aún, de un timbre eléctrico. La práctica se repite cubriendo cada vez la tabla con un papel blanco y entregando éste a un grupo de alumnos para que efectúen medidas y deduzcan consecuencias.

Registro gráfico del movimiento de un proyectil.

Se propone el mismo experimento descrito en el número 2 de esta Revista.

QUESTIONES

1. Calcular las relaciones existentes entre las siguientes unidades de velocidad: km/h, cm/mi, m/sg.
2. Definir la unidad de velocidad de un sistema de unidades que tuviera como unidades fundamentales de longitud el centímetro y de tiempo la hora.
3. ¿Qué unidades de velocidad le parecen más adecuadas para expresar la velocidad de un caracol, de un proyectil, de la luz?

4. Definir el nudo como unidad de velocidad.

5. El 1.º de marzo la estatura de un niño era de 103 centímetros, y el 1.º de septiembre del año siguiente midió 106 centímetros. ¿Con qué velocidad creció?

6. En el interior de un vagón, que se mueve con movimiento uniforme y rectilíneo, dejamos caer libremente desde el techo una bola. Dibujar aproximadamente la trayectoria razonando la contestación.

7. Un móvil con movimiento uniforme ha recorrido los $\frac{3}{4}$ de un trayecto en x horas. ¿Cuánto tiempo emplearía en recorrer el trayecto completo?

8. ¿Cómo puede un viajero sin mirar cerciorarse de si el tren acelera y en qué sentido?

9. El máximo alcance sobre un plano

horizontal se consigue cuando se dispara con un ángulo de 45° . Demostrarlo.

10. Demostrar que la aceleración de un cuerpo que se desliza, sin rozamiento, sobre un plano inclinado vale $g \cdot \text{sen } \alpha$, siendo α el ángulo que forma el plano con el horizonte.

11. Un cuerpo se desliza libremente desde el punto más alto de una superficie esférica. ¿En qué punto la abandona?

12. El golpeteo que se nota viajando en un tren se produce al pasar simultáneamente las ruedas de un mismo eje sobre las uniones de los carriles. Conociendo la longitud de éstos deducir el tiempo (en segundos) durante el cual el número de golpes indica el número de kilómetros por hora a que marcha el tren.

FUERZAS: SU MEDIDA · DINAMOMETROS: CONSTRUCCION

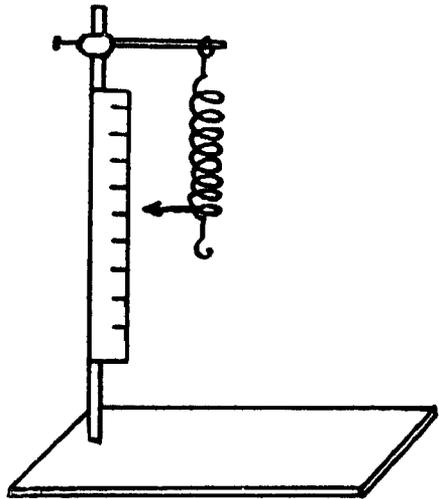
GRADO ELEMENTAL

Prácticas.

La medida de fuerzas se hará por medio de dinamómetros contruidos por los alumnos. Para ello se utiliza un resorte en espiral o un hilo de goma suspendido paralelamente a una regla vertical graduada. En el extremo del muelle o hilo se colocará un índice que señalará su posición sobre la escala y un pequeño gancho para suspender pesos.

Colgando un peso del gancho se lee el alargamiento producido. Sustituyendo este peso por otro igual, se observará que los alargamientos son iguales. Quitando el peso y tirando del gancho con la mano, hasta producir alargamiento igual a los anteriores, estableceremos que la fuerza aplicada es igual al peso que ha reemplazado. De esta forma el peso y la fuerza quedan cuantitativamente identificados. Colóquense dos pesos iguales entre sí y midamos el alargamiento. Reemplacemos los dos pesos por otro que produzca igual alargamiento (o tiremos con la mano has-

ta producir igual alargamiento), y diremos que el peso o la fuerza, en este



caso, es doble que cada uno de los pesos colocados inicialmente.

GRADO SUPERIOR

Con el artificio anterior se comprueba la ley de Hooke, para lo cual se colo-

can pesos distintos y se miden los alargamientos obtenidos y se tabulan los resultados obtenidos de la siguiente forma:

<u>Peso</u>	<u>Alargamiento</u>	<u>Peso/alargamiento</u>
-------------	---------------------	--------------------------

Hágase observar la constancia de la relación P/A para una serie de determinaciones. Repítase la práctica con otros resortes o hilos de goma, anotando los

resultados. Compruébese que la constante de proporcionalidad F/A no es la misma en los distintos resortes o hilos.

COMPOSICION Y DESCOMPOSICION DE FUERZAS

GRADO ELEMENTAL

Prácticas.

Graduación de dinamómetros.

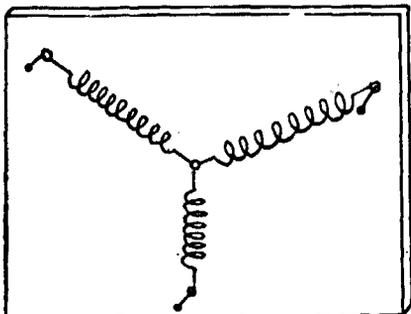
a) De resortes en espiral. b) De hilos de goma. c) De flexión, con láminas de acero.

Composición de fuerzas.

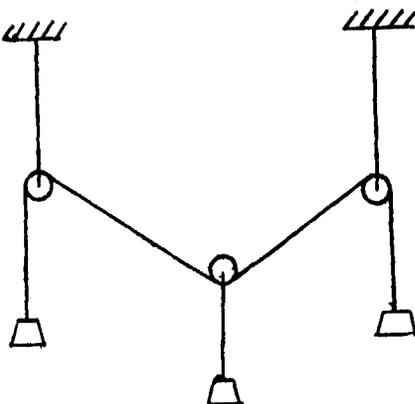
No se considera necesario hacer prácticas de composición de fuerzas de la misma dirección, por ser intuitiva.

Fuerzas angulares.

Si se dispone del equipo Torres Quevedo, hágase la práctica M BB 10. Si



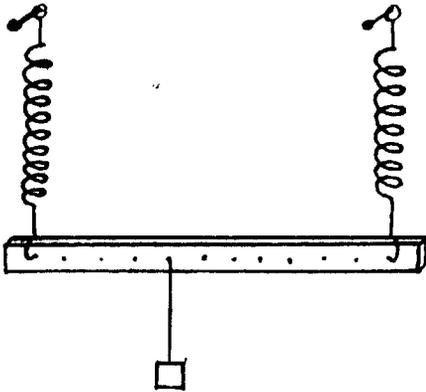
no se dispone del mismo, se puede hacer utilizando tres dinamómetros de resorte en espiral o tres hilos de goma, que hayan sido calibrados como se in-



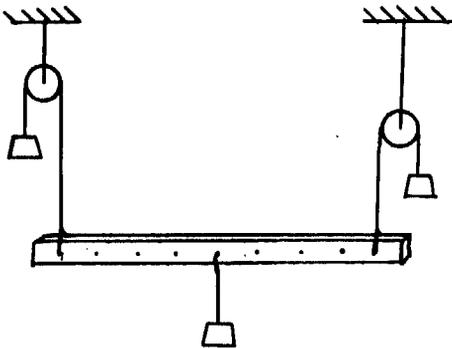
dicó anteriormente; se unen los tres ganchos de los dinamómetros entre sí o se unen tres de los extremos de las gomas; las anillas de los dinamómetros o los otros tres extremos de las gomas se fijan con tres clavos sobre un tablero de madera; se leen las indicaciones de los dinamómetros o se miden las longitudes de las gomas; se dibujan sobre el tablero (se ha podido colocar previamente sobre el tablero un papel) las direcciones de los dinamómetros o de las gomas; se desmonta el dispositivo, y sobre las tres direcciones marcadas se llevan longitudes proporcionales a las indicaciones medidas. Se comprueba fácilmente el paralelogramo de fuerzas. En lugar de dinamómetros, se puede uti-

Fuerzas paralelas.

Con el equipo Torres Quevedo puede hacerse la práctica M BB 31. Si no se dispone del mismo, se puede realizar



esta práctica de la siguiente forma: Se dispone de una regleta de madera de unos 50 centímetros de longitud, con agujeros a lo largo de la misma y a distancias regulares; por ejemplo: un centímetro. Se suspende la regleta de los ganchos de dos dinamómetros, que,



a su vez, se cuelgan de dos puntos fijos, procurando que estén paralelos. De cualquiera de los agujeros que quedan

entre los dinamómetros se suspende un peso conocido. Se leen las indicaciones de los dinamómetros, y conociendo las distancias de estos al peso central, se comprueban las leyes de composición de fuerzas paralelas. Pueden sustituirse los dinamómetros por gomas calibradas o por unas cuerdecitas que pasen por unas poleas, provistas de pesos.

GRADO ELEMENTAL

Cuestiones.

1. Díganse los elementos del peso de un cuerpo, considerado como fuerza.

2. Dibujar el esquema de las fuerzas que intervienen en el movimiento de una barca, que se mueve por medio de una pértiga que se va apoyando en el fondo del agua.

3. Cuando se pretende parar un cuerpo en movimiento ha de aplicarse una fuerza. ¿Cuál ha de ser el sentido de ésta respecto al movimiento?

4. Comprimiendo con la mano un muelle, se nota que éste tiende a abrir la mano. ¿Por qué?

5. En los extremos de un cable se aplican fuerzas F iguales y contrarias. Un dinamómetro colocado en medio del cable, ¿qué marcaría?

6. Pónganse algunos ejemplos de fenómenos físicos, donde intervenga la composición y descomposición de fuerzas.

7. Sobre un cuerpo actúan tres fuerzas, y el cuerpo está en reposo. Si se conoce la dirección de dos de las fuerzas, ¿puedes dibujar la dirección de la tercera? Dibújese un esquema.

8. Sobre una barca de vela actúa el viento en dirección normal a la barca. Explica con un esquema cómo es que la barca puede ir hacia adelante.

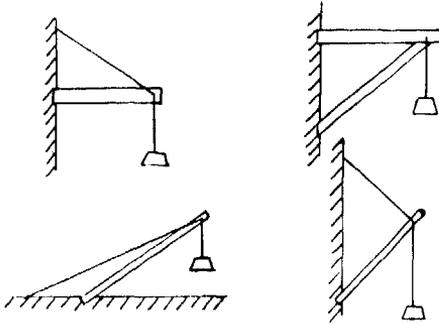
GRADO SUPERIOR

1. Cuando se separa un péndulo de

su posición de equilibrio y luego se suelta la masa pendular, describe un movimiento circular que se dice es debido al peso de ella; teniendo en cuenta que la dirección del peso es la vertical, ¿cómo se explica dicho movimiento?

2. Pónganse ejemplos en los que el efecto de dos fuerzas no puede ser sustituido por el de una sola.

3. En los esquemas siguientes, que están en equilibrio, dibújense las direcciones de las fuerzas que en ellos intervienen.



4. Si sobre un cuerpo actúan varias fuerzas, ¿qué condiciones han de cumplirse para que el cuerpo esté en equilibrio?

5. Citar algún ejemplo de cuerpos que estando en equilibrio no están en reposo. En estos casos actúan fuerzas. Y si actúan, ¿cómo son?

6. En el sistema de unidades C. G. S., ¿en qué unidades se mide el peso de los cuerpos? ¿Y en sistema Giorgi?

7. El momento de la resultante de un sistema de dos fuerzas es nulo. ¿Estas dos fuerzas necesariamente han de ser iguales y de sentidos opuestos? Explíquese la respuesta.

8. La resultante general de un sistema de fuerzas es cero. El cuerpo sobre el cual están aplicadas, ¿necesariamente está en reposo? Explíquese la respuesta.

9. Una fuerza única produce un movimiento de traslación y un par de fuerzas uno de rotación. ¿Cómo se explica que al aplicar una fuerza a un cuerpo que tiene un punto fijo se produzca una rotación?

P E N D U L O

GRADO SUPERIOR

Prácticas.

Con hilo y bolitas de diferentes tamaños se construyen péndulos, y con ayuda de un cronómetro se miden los tiempos que tarda en oscilar un número determinado de oscilaciones:

- a) Variando la longitud del péndulo.
- b) Utilizando bolitas de masas diferen-

tes. c) Variando la amplitud. Se pueden comprobar las leyes del péndulo, sacando las consecuencias adecuadas en cada caso.

Determinese el período de pequeñas oscilaciones, midiendo la duración de 5, 10, 15 ó 20 oscilaciones, y compruébese que son isócronas.

Hágase construir a los alumnos péndulos cuyos períodos se hayan fijado previamente.

Utilizando un péndulo formado por una bolita de acero, de peso aproximado a un gramo, y un hilo muy fino (se fijó la bolita al hilo con un poco de papel celofán), cuya longitud se variaba, se obtuvieron los siguientes valores:

<i>Longitud del hilo</i>	<i>Número de oscilaciones</i>	<i>Tiempo en segundos</i>	<i>Valor obtenido para g</i>
1 metro	20	40	9,86
1 metro	20	40 1/5	9,86
2 metros	10	28 1/5	9,72
2 metros	10	28 2/5	9,77
2 metros	20	56	10,06

Sustituyendo la bolita anterior por otra que pesó 10 gramos, los resultados fueron:

2 metros	40	114	9,71
2 metros	10	28 3/5	9,63 (a)
2 metros	10	29	9,38 (b)

Los valores de (a) están obtenidos con amplitudes muy pequeñas, unos 5 centímetros de separación de la posición de equilibrio, y los (b) con separaciones de unos 30 centímetros.

Los valores obtenidos son todos ellos muy aceptables y la comprobación de las leyes del péndulo quedan perfectamente comprobadas.

Questiones.

1. ¿Dónde oscilará más de prisa un péndulo, en el Polo o en el Ecuador? Explíquese la respuesta.

2. Un péndulo metálico, ¿tiene el mismo período en verano que en invierno?

Si es distinto, ¿cómo podríamos conseguir la igualdad?

3. El período de oscilación de un péndulo, ¿dónde es mayor, en la orilla del mar o en lo alto de una montaña?

4. ¿Qué efecto produce la resistencia del aire en el período de oscilación de un péndulo?

MAQUINAS SIMPLES

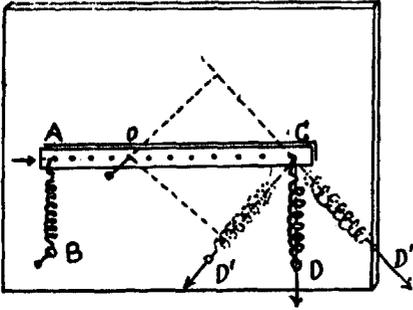
GRADO ELEMENTAL

Se considera como ejercicio práctico fundamental el estudio de la palanca y se puede utilizar como material el mismo que se utilizó en el estudio de las fuerzas.

Una reglita de madera, de longitud 50 ó 60 centímetros y de unos 5 milímetros de grueso, que va provista a su largo y a distancias regulares de agujeros (2 centímetros) se fija, por medio de un

clavo, que pasa por uno de sus agujeros, el 0 por ejemplo, a un tablero de madera. En otro agujero, hacia uno de los extremos, se engancha un dinamómetro, cuyo otro extremo se fija sobre el tablero, de manera que cuando forma ángulo de 90° con la varilla marque una fuerza determinada; en otro agujero, hacia el otro extremo, se coloca otro dinamómetro, y se tira de él hasta que el ángulo del primero con la varilla sea de 90°, y se anota la indicación marcada por ambos dinamómetros. Se varía la

dirección de tracción del segundo dinamómetro (posiciones CD' , CD'' ...), manteniendo constante el ángulo de 90° BAO del primero con la varilla. Compruébese que el producto de la indicación del segundo dinamómetro por la distancia al punto O de su dirección es siempre igual



al producto de la indicación del primer dinamómetro por la distancia OA. Se puede establecer claramente el concepto de brazo y el de momento de una fuerza. Repítase la experiencia, variando los puntos de enganche de los dinamómetros y variando las direcciones de tracción de ambos dinamómetros; tabúlense los resultados y compruébese la ley de la palanca.

Cuestiones.

1. Dibujar palancas indicando en cada caso dónde se encuentran los elementos de cada una.
2. La polea se considera como una palanca. ¿Dónde se encuentran sus elementos?
3. Si en la polea fija la potencia es igual a la resistencia, ¿qué ventaja tiene el utilizar poleas para mover cuerpos?
4. Una barra de hierro, según como se disponga, puede ser palanca de primero, segundo o tercer género. ¿De qué clase la haremos para conseguir la máxima ventaja?
5. ¿En qué clase de palanca el cami-

no recorrido por la potencia es menor que el recorrido por la resistencia?

6. Explica qué quiso decir Arquímedes con su frase «Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo».

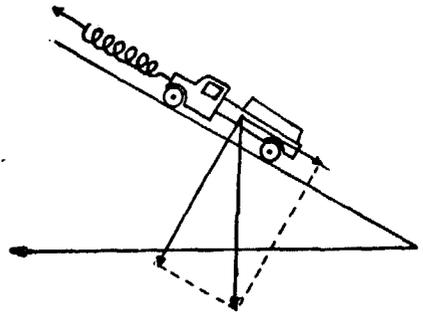
7. Con una palanca dada se quiere levantar un peso determinado. ¿La dirección en que se aplica la potencia tiene alguna importancia en el valor de la potencia necesaria para levantar el peso? Explicalo.

8. Una barra de hierro se utiliza como palanca. ¿Qué ángulo ha de formar la dirección de la potencia aplicada con la barra para que el efecto conseguido sea el máximo? Los puntos de apoyo y de aplicación de la potencia y resistencia han sido fijados previamente.

9. ¿En qué dirección ha de ser aplicada la potencia de una palanca para que su efecto sea nulo?

GRADO SUPERIOR

Se considera como ejercicio práctico fundamental el plano inclinado. Si se dispone del equipo Torres Quevedo hágase la práctica M BC 21. Si no se dispone del mismo, se puede utilizar una regla de madera como plano inclinado, un pequeño automóvil de juguete (al que



se le quita la cuerda, para que las ruedas queden libres) y un dinamómetro, y se disponen estos elementos como se ve

en la figura. El automóvil se lastra y se pesa; se coloca en el plano inclinado, tirando de él con el dinamómetro, y se anota la indicación de éste; se repite la experiencia variando el ángulo de inclinación y se comprueba que el cociente entre la indicación del dinamómetro y

1 peso del sistema móvil es igual al seno del ángulo de inclinación; arrástrase con el dinamómetro el automóvil sobre el plano inclinado una distancia, que se mide, así como la altura vertical que se ha elevado y compruébese que el cociente altura/longitud es igual al cociente anterior.

Para una inclinación fijada del plano, cámbiase el lastre y compruébese que el cociente entre la indicación del dinamómetro y el peso del sistema móvil es siempre constante e igual al seno del ángulo de inclinación.

Con el plano inclinado se puede estudiar el rozamiento. Para ello se dispondrá de varios cuerpos que tengan una superficie plana: se toma uno de ellos y por esta superficie se apoya sobre el plano. Se aumenta el ángulo de inclinación hasta que se inicie el movimiento; mídase este ángulo y su tangente es el coeficiente de rozamiento. Si no hubiese rozamiento, por la ley del plano, ya se ha visto que para que no se moviese el cuerpo, sería preciso aplicar en sentido opuesto una fuerza que fuese igual al peso por el seno del ángulo, ésta es la fuerza de rozamiento que se opone al movimiento y que naturalmente es igual a la fuerza normal al plano por la tangente del ángulo de inclinación, en el momento de iniciarse el movimiento. Colóquense cuerpos distintos y determínese el coeficiente de rozamiento. Cámbiense las superficies en contacto y obsérvese que para el mismo cuerpo se obtienen siempre valores iguales para el ángulo de deslizamiento. Hágase observar que el coeficiente de rozamiento es independiente, para cada sustancia, del peso del cuerpo y del tamaño de la superficie de contacto.

CUESTIONES

1. ¿Por qué las carreteras que suben a una montaña son largas y dan vueltas y revueltas?

2. ¿Por qué un automóvil, cuando sube una cuesta, pone una marcha de menor velocidad que cuando va por el llano?

3. Dos grupos de muchachos tiran de los extremos de una cuerda y uno de ellos arrastra al otro, ¿se realiza algún trabajo?

Explíquese la respuesta.

4. Explíquese por qué con un destornillador es fácil sacar un tornillo que no puede sacarse directamente con la mano.

5. ¿Qué fuerza es la que se opone a que un tornillo pueda ser sacado de su fuerza?

6. Cítense casos en que las fuerzas de rozamiento representan un inconveniente.

7. Cítense casos en que las fuerzas de rozamiento son necesarias.

8. ¿Por qué es difícil andar por una pista de hielo?

9. La energía correspondiente al trabajo de las fuerzas de rozamiento, ¿en qué se convierte?

10. Con una cuerda se puede soportar, como máximo, sin que se rompa, un peso de F kgs. Con una polea móvil de ramas paralelas, para levantar un peso de $2F$ kgs. sin que se rompa la fuerza de F kgs.

Según esto, ¿con la cuerda anterior y una polea móvil se podrá levantar un peso de $2F$ kgs. sin que se rompa la cuerda? Justifíquese la respuesta que se dé.

CASA TORRECILLA

MATERIAL PARA LABORATORIOS
PRODUCTOS QUIMICOS - Barquillo, 43 - Madrid



L A B A L A N Z A

EXPERIENCIA DE CATEDRA

Material

Balanza tipo granatario, sin vitrina; caja de pesas.

Examen de la balanza

Desmontar los platillos, los estribos y la cruz; observar la figura y paralelismo de las aristas de las cuchillas y la igualdad aproximada de los brazos. Volver a montar los platillos y observar la movilidad de su suspensión. Nivelar la balanza; dispararla en vacío y observar las oscilaciones del fiel para determinar el cero. Observar los valores de las pesas y su colocación en la caja. Dibujar un esquema de la balanza y de la caja de pesas.

Pesada simple

Colocar en el platillo de la izquierda un cuerpo (sobre capsulita o vidrio de reloj), equilibrar colocando ordenadamente pesas en el platillo de la derecha. Hacer observar los detalles operativos: la manera cuidadosa de disparar la balanza, el uso de pinzas para coger las pesas, etc.

Sensibilidad de la balanza

Determinar la pesa más pequeña que desplaza sensiblemente el equilibrio. ¿Cuál es la sensibilidad? ¿Cuál es el límite superior del error absoluto de la pesada? ¿Cómo se escribe correctamente el peso obtenido? ¿Qué significa la última cifra?

Precisión de la pesada

Calcular la precisión (error relativo) conociendo la sensibilidad.

Exactitud de la balanza

Intercambiar objeto y pesas. ¿Ha cambiado la posición de equilibrio? Deducir

si el granatario es exacto o no y si puede utilizarse para efectuar correctamente pesadas simples. Si el granatario es suficientemente sensible se observará su inexactitud. Deducir en este caso el verdadero peso del cuerpo y la relación entre las longitudes de los brazos.

Pesada por sustitución (tara constante en un platillo)

Comparar este resultado con el de la pesada simple. ¿Es la exactitud una condición indispensable en una balanza?

Fidelidad

Sin cambiar de platillos, modificar la situación de las pesas y del objeto, ¿cambia la posición de equilibrio? Si el granatario es bueno y los platillos están suspendidos mediante estribos, los alumnos observarán que la pesada es reproducible. Con un granatario que tenga las cuchillas oxidadas y que los platillos no pendan con suficiente movilidad, observarán los alumnos que el peso de un objeto depende de la posición de las pesas y del objeto en su respectivo platillo. En una balanza Roberval que esté descuidada se puede observar fácilmente la falta de fidelidad. El alumno deducirá que la fidelidad es condición esencial.

Prácticas de los alumnos

Estudio de una balanza Roberval y de una romana.

Estudio de un pesacartas.

Estudio de una balanza automática.

CUESTIONES

1. ¿Es la exactitud una condición indispensable en una buena balanza? Razonar la contestación.

2. ¿Es la fidelidad una condición indispensable? ¿Por qué?

3. Una balanza Roberval parece que es una balanza exacta, a pesar de que

sus brazos no tienen exactamente la misma longitud. Explicar esto.

4. ¿Por qué depende la precisión de la pesada de la sensibilidad de la balanza?

5. ¿Cuáles son las condiciones de fidelidad de una balanza?

6. Se quieren pesar cinco grs. con la

precisión de una millonésima, ¿qué sensibilidad debe tener la balanza?

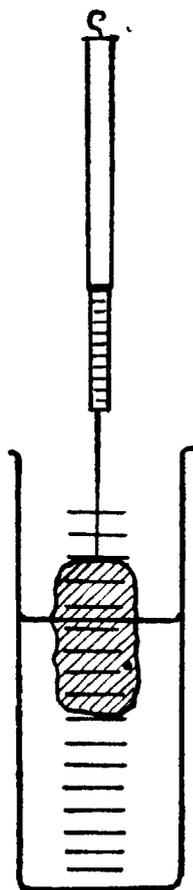
7. Explicar el funcionamiento de un pesacartas haciendo un esquema del aparato y un diagrama de las fuerzas que entran en juego.

8. Un cuerpo pesa en una balanza 250 grs. ¿Son 250 gramos-fuerza o 250 gramos-masa? Explicarlo.

PRINCIPIO DE ARQUIMEDES

La demostración teórica de este teorema se hace fundándose en el principio fundamental de la hidrostática. La demostración práctica se realiza por cualquiera de los dos métodos clásicos: vaso con vertedero o los dos cilindros, uno cerrado y el otro abierto a falta de una de sus bases, de suerte que aquél pueda embutirse en éste exactamente.

Puede emplearse un dinamómetro y una probeta grande, como indica el dibujo. Este método tiene la ventaja de que en el mismo experimento se pueden hacer muchas medidas y tabular los resultados así:



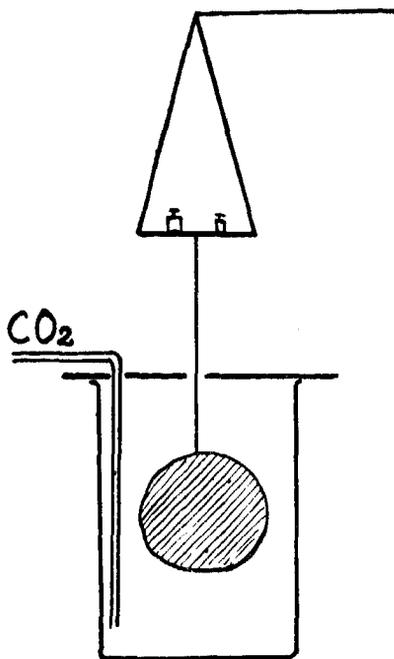
Empuje o pérdida aparente de peso (dinamómetro)	Volumen del líquido desalojado. (probeta)	Peso del líquido desalojado (calculado)
.....
.....

Si se utiliza agua, los valores correspondientes en las tres columnas serán iguales; si se utiliza otro líquido de densidad distinta, los valores de la columna central varían.

Una sencilla observación, sin necesidad de aparato ninguno, permite comprobar cuantitativamente, en un caso, el teorema de Arquímedes. En un vaso grande con agua a 0°C flota un trozo de hielo; se marca el enrase, es agita con una varilla, el hielo se funde muy poco a poco y se observa cómo al terminar la fusión el enrase no ha variado. El alumno discurrirá así. El empuje de Arquímedes es igual al peso del hielo, puesto que flota; por otra parte, el agua del hielo al fundirse ha contraído su volumen hasta reducirlo exactamente al de la parte sumergida, puesto que el enrase no ha variado; luego el peso del hielo es igual al peso de un volumen de agua a 0°C igual a su parte sumergida, de donde se deduce que el empuje de Arquímedes es igual a este peso.

APLICACION DEL TEOREMA DE ARQUIMEDES A LA DETERMINACION DE DENSIDADES

No se puede prescindir de realizar alguna determinación de densidades de sólidos y líquidos con la balanza hidrostática. Si no se dispone de la clásica balanza hidrostática, que tiene un platillo más corto que el otro, se puede utilizar una balanza corriente con los dos



platillos iguales, sin más que hacer un banquillo de madera que salve un plato y le permita oscilar por debajo, colocando sobre el banquillo el vaso.

La determinación de densidades es una buena ocasión para hacer reflexionar al alumno sobre la precisión de las medidas y la expresión correcta del resultado. Constituye un excelente ejercicio para un grupo de alumnos encargables que determinen la densidad de una substancia (mármol, por ejemplo) por varios procedimientos: desplazamiento de agua en una probeta, balanza hidrostática, balanza de Mohr, picnómetro, etc.

y comparar los resultados correctamente expresados para sacar consecuencias sobre la precisión de los métodos.

DETERMINACION DE LA DENSIDAD DEL CO_2

Se emplea una balanza hidrostática sensible al 0,01 gr. y como flotador se utiliza, por ejemplo, una esfera hueca de vidrio, con las que se adornan los árboles de Navidad. Se equilibra primero en el aire y luego en CO_2 (cortar la corriente cuando el recipiente esté lleno). El alumno debe determinar el volumen de la bola por inmersión, y se le dice el peso de un litro de aire.

Esta es la ocasión para explicar brevemente la corrección por el empuje del aire en las pesadas.

DENSIMETROS

Se propone como práctica de los alumnos la construcción de varios densímetros utilizando tubos de ensayo lastrados y con un tapón atravesado por un tubo fino en cuyo interior se ha introducido una estrecha tira de papel milimetrado con los centímetros numerados para que sirvan de referencia. Se gradúan como es conocido y se confecciona para cada densímetro una tabla de correspondencia entre sus indicaciones y las densidades. El alumno observará la influencia del diámetro del vástago en la sensibilidad del aparato.



BALANZA DE NICHOLSON

Aun cuando este aparato apenas se usa ya, su teoría es muy fecunda para reflexionar sobre el principio de Arquímedes; por esta razón se propone como trabajo para un grupo de alumnos la construcción de uno de estos aparatos utilizando material corriente en el laboratorio. Un tubo de vidrio de tama-

no aproximadamente igual al de un tubo grande de ensayo, con dos corchos en sus extremos y lastrado para que se mantenga vertical. Del corcho inferior pende una cestilla (para la determinación de densidades de sólidos), y en el corcho superior se sujeta un tubito de vidrio que termina en otro corcho a manera de plataforma. La teoría puede verse en cualquier libro de Física, por ejemplo en el Watson. Con este sencillo aparato pueden efectuarse determinaciones muy precisas.

QUESTIONES

1. Un cilindro de vidrio se apoya por una de sus bases sobre el fondo plano de un recipiente, de manera que la base del cilindro se adapta perfectamente al fondo del vaso. Si se vierte cuidadosamente mercurio, el cilindro no flota. Explicar la causa.

2. La densidad del agua del río es prácticamente 1, y la del agua del mar, 1.025. ¿Qué puede decirse sobre la densidad del cuerpo humano?

3. ¿Por qué flota un acorazado, a pesar de ser de acero?

4. Conociendo la densidad de un cuerpo y la del líquido sobre el cual flota, determinar la fracción del volumen total del cuerpo que permanece sumergida.

5. En un platillo de una balanza hay un vaso con agua, en la cual está sumergida una piedra, suspendida por un hilo de un soporte exterior, de tal manera que no toca al vaso. Con una tara cualquiera en el otro platillo se equilibra la balanza. Si se corta el hilo, la piedra caerá al fondo del vaso. ¿Se desequilibrará la balanza? ¿Por qué razón? ¿En qué platillo habrá que colocar pesas

para restablecer el equilibrio y qué miden estas pesas?

6. ¿Qué procedimiento se te ocurre para determinar la densidad del azúcar?

7. ¿Qué se puede decir sobre la importancia de la reducción de pesadas al vacío en relación con la densidad de la sustancia que se pesa y la densidad de las pesas empleadas?

P R E S I O N

Noción de presión.—Presiones ejercidas por un líquido en reposo sobre las paredes.—Presiones en el interior de un líquido.—Principio fundamental de la hidrostática.—Paradoja hidrostática.—Teorema de Pascal.

NOCION DE PRESION

Experiencia para introducir el concepto: Se apoya cuidadosamente un ladrillo macizo, por la cara más extensa, sobre arena fina y seca; la superficie de la arena se deforma y el ladrillo se hunde un poco. Se repite la experiencia apoyando el ladrillo sobre la cara mediana y luego sobre la más pequeña, observando cómo la deformación de la capa de arena va aumentando, a pesar de que el peso del ladrillo es el mismo. Surge entonces la necesidad de caracterizar la acción deformante mediante la introducción de una nueva magnitud que relacione la fuerza (peso del ladrillo) con la superficie sobre la cual actúa (cara en que se apoya). Esta magnitud es la presión, y su medida se expresa por el cociente

$$P = \frac{s}{f}$$

Inmediatamente se definen las unidades de presión y se proponen abundantes ejercicios numéricos, poniendo especial cuidado en que los alumnos escriban a continuación de los valores numéricos los símbolos de las unidades empleadas. El alumno debe ver claramente que la presión no es una fuerza, como la velocidad no es una longitud.

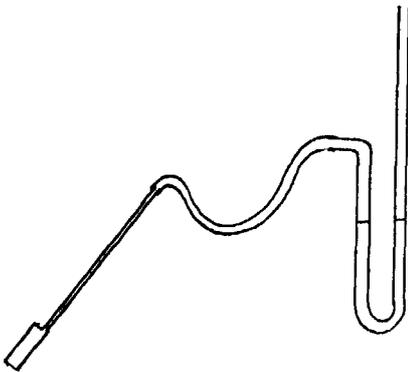
PRESIONES EJERCIDAS POR UN LIQUIDO EN REPOSO SOBRE LAS SUPERFICIES EN SU CONTACTO

1.º Se utiliza un recipiente en cuya pared se han hecho varios finos agujeros, que obturamos provisionalmente. Lo mejor es una caja irregular de hojalata, cuyas caras tengan muy variadas orientaciones, prolongada por un tubo para dar altura y presión al agua. Al destapar un agujero se ve cómo el chorro sale inicialmente perpendicular a la superficie.

2.º En un recipiente con agua se introduce un tubo (un tubo de quinqué vale), obturando el extremo sumergido con una cartulina. La cartulina se adhiere al borde y el agua no penetra aunque inclinemos el tubo: señal de que el empuje es normal a la cartulina.

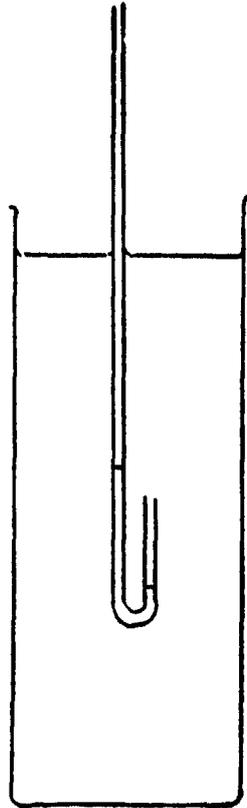
PRESIONES EN EL INTERIOR DE UN LIQUIDO

Se utiliza como indicador de la presión la cápsula manométrica, que es una pequeña cajita metálica, cuya ta-



pa se sustituye por una fina membrana de goma o de celofán, y que comunica por un tubo estrecho, soldado a la caja, seguido de otro de goma, con un tubo en U, que contiene agua coloreada (figura adjunta). Se comienza ha-

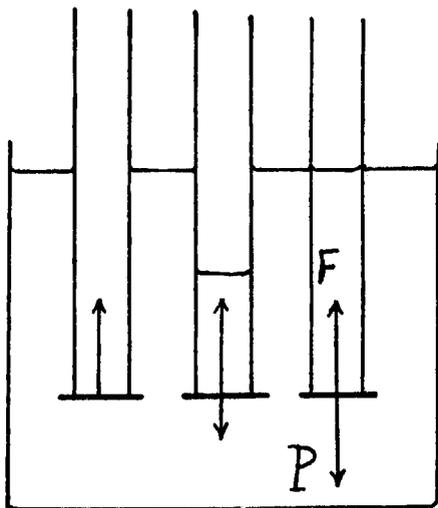
ciendo observar a los alumnos que el empuje efectuado con un dedo sobre la membrana se traduce en una desnivelación en el líquido indicador, y que a mayor empuje corresponde mayor desnivel. Se introduce la cápsula en un recipiente con agua, y girando cuidadosamente la cajita de manera que no se desplace el centro de la membrana se observa que el desnivel permanece cons-



tante; luego se deduce que la presión ejercida por el líquido sobre una pequeña superficie situada en su interior no depende de su orientación. Se desplaza la cápsula en un plano horizontal y se observa que tampoco varía el desnivel en el tubo en U. Por fin, elevando o

hundiendo la cápsula vemos que el desnivel indicador disminuye o aumenta. En lugar de la cápsula manométrica puede utilizarse sencillamente un tubo en U de ramas desiguales, en el que se pone como líquido manométrico un líquido insoluble en agua y de mayor densidad; por ejemplo: CCl_4 , porque el mercurio es demasiado denso (ver figura). El alumno comprende fácilmente que el desnivel del líquido manométrico se debe al empuje del agua sobre la rama corta y puede comprobar que los desniveles son proporcionales a las profundidades.

PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTATICA



Se utiliza un tubo cilíndrico (vale el de un quinqué), que, obturado por una cartulina o un disco de hojalata o de vidrio fino, se introduce en un recipiente con agua. Cuidadosamente se vierte agua coloreada en su interior; cuando el líquido alcanza sensiblemente el mismo nivel dentro que fuera se desprende el obturador, cuyo peso se considera despreciable. El Profesor dibuja en el tablero un esquema como el adjunto,

resaltando las fuerzas que entran en juego. En el momento en que el obturador se desprende:

$$\text{Empuje} = \text{Peso del líquido}; \quad F = P$$

$$F = p \text{ (gr/cm}^2\text{)} \cdot s \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$P = s \text{ (cm}^2\text{)} \cdot h \text{ (cm)} \cdot d \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

de donde:

$$p \text{ (gr/cm}^2\text{)} = h \text{ (cm)} \cdot d \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

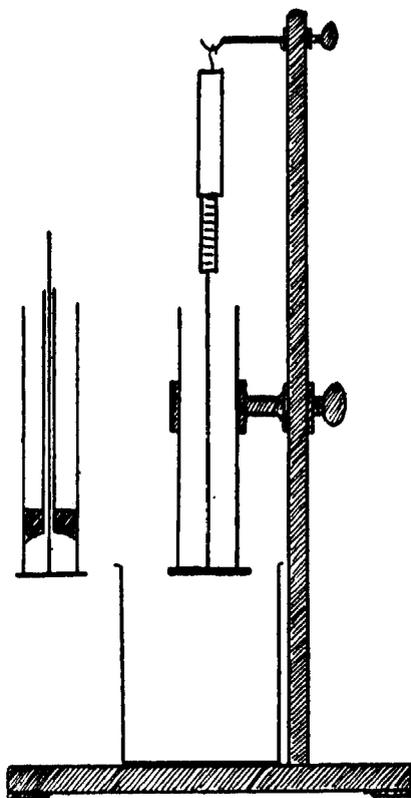
y operando a otra profundidad:

$$p' = h' \cdot d$$

Restando estas igualdades resulta el principio fundamental:

$$(p' - p) = (h' - h) \cdot d$$

PARADOJA HIDROSTATICA



El hecho de que una pequeña masa de un líquido pueda producir un empu-

je muy superior al ejercido por otra masa mucho mayor del mismo líquido actuando sobre la misma superficie admirada a los chicos. La explicación teórica de esta aparente paradoja y la medida real del empuje de un líquido sobre el fondo de un vaso es una excelente ocasión para profundizar y afianzar el concepto de presión ejercida por un líquido (figura anterior).

Se baja el tubo hasta que el dinamómetro marque, por ejemplo, la tensión de 200 gramos; se vierte agua dentro del tubo hasta que, después de haberse derramado alguna por entreabrirse el obturador, quede el sistema en equilibrio. El nivel alcanzado se marca sobre el tubo. Se repite la experiencia poniendo un corcho atravesado por un tubo estrecho, como indica la figura, y volviendo a tensar hasta los 200 gramos, se observa ahora que aunque la cantidad de agua es mucho menor, el obturador se abre para la misma altura de líquido; es decir, que el empuje sobre el fondo es el mismo.

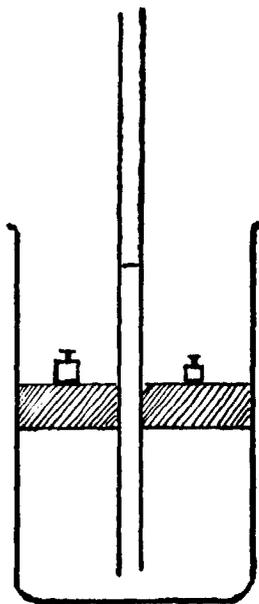
TEOREMA DE PASCAL

Se deduce inmediatamente del principio fundamental de la hidrostática, supuesta la incompresibilidad de los líquidos. El Profesor debe hacer hincapié en que lo transmitido íntegramente es la presión, no la fuerza, a diferencia de lo que sucede con los sólidos.

PRENSA HIDRAULICA

Se construye un modelo sumamente instructivo de prensa hidráulica, vertiendo en un vaso cilíndrico sobre agua hirviendo suficiente cantidad de sebo, cera o parafina de alto punto de fusión, que al enfriarse forma una torta (émbolo), que se puede despegar calentando muy suavemente por fuera. Previamente se introdujo un tubo de vidrio, manteniéndolo vertical mediante un soporte, mientras se enfría el sistema. El

funcionamiento se comprende con sólo ver la figura. Enigiendo un vaso de diá-



metro uniforme y pesando la torta el experimento se presta a comprobaciones cuantitativas (ver figura adjunta).

CUESTIONES

1. Definir las unidades de presión en los sistemas C. G. S. y M. K. S.
2. La superficie de un pez es de 200 centímetros cuadrados y está sumergido a una profundidad de 1.000 metros. Calcular la fuerza que ejerce el agua sobre su piel y explicar por qué no muere aplastado. (Densidad del agua del mar, 1.025.)
3. La prensa hidráulica viene a ser como una palanca hidráulica. Explicar esto.
4. Citar algunas aplicaciones industriales de la prensa hidráulica.

5. El recipiente de la figura adjunta tiene agua hasta la señal *h*, y el pistón, que le sirve de fondo y puede deslizarse sin rozamiento, está unido al dinamómetro. Si el agua se hiela y des-

por qué las presas son más gruesas en su base que en la parte superior.

7. Con un vaso con agua a 0°C flota un trozo de hielo. Demostrar que al fundirse el hielo el nivel no varía. (Sin recurrir al principio de Arquímedes.)

8. El peso de un líquido contenido en un recipiente es la resultante de todas las fuerzas ejercidas por el líquido sobre el fondo y las paredes del recipiente. Explicar esto.

PRESION ATMOSFERICA

EXPERIENCIAS PARA MOSTRAR SU EXISTENCIA

1. El vaso lleno de agua, que se invierte tapándolo con una cartulina. (Dibujar un diagrama de las fuerzas.)

2. El rompevejigas, que se improvisa con un vaso de laboratorio en el que se hierve agua y se aprovecha el vacío producido por la condensación.

3. El ascenso, por succión, de un líquido en una pipeta.

4. Los hemisferios de Magdeburgo.
En todos estos casos es conveniente dibujar un esquema del dispositivo en el tablero con el correspondiente diagrama de fuerzas.

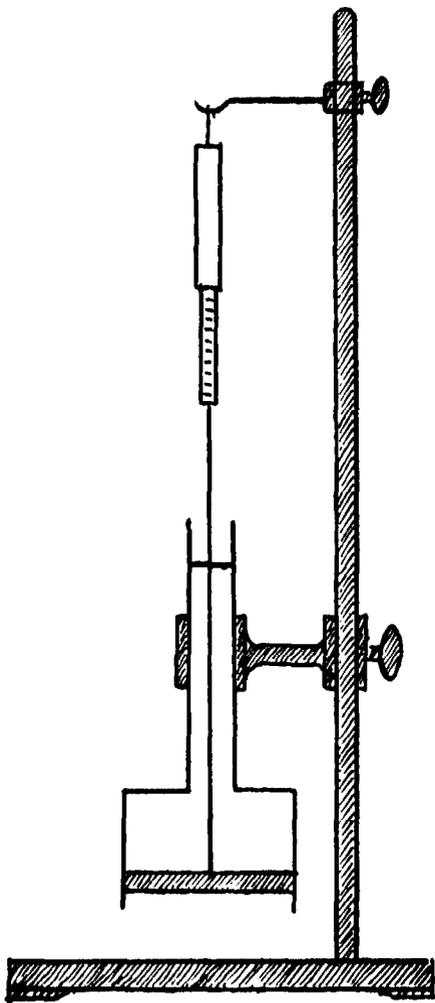
Como experiencia de Cátedra nada más instructivo que repetir la experiencia de Torricelli y, si es posible, la de Pascal-Périer, haciendo una observación en la base de un cerro y seguidamente otra en su cima.

GAS ENCERRADO EN UN RECIPIENTE

Construcción de manómetro de mercurio de ramas abiertas, y realizar con

pegamos el hielo de las paredes, ¿variará la indicación del dinamómetro? Razonar la contestación.

6. Explicar, valiéndose de un dibujo,

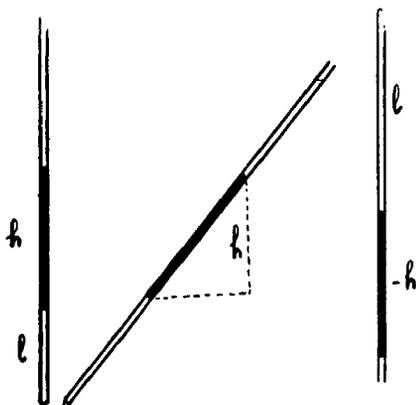


En algunas medidas; por ejemplo: la presión del aire contenido en un balón de fútbol.

Construir un manómetro (vacuómetro) de rama corta, cerrada, con mercurio con el cual se realicen algunas medidas interesantes; por ejemplo: el vacío que se produce en un Erlenmeyer, en el que acabamos de hervir agua, etc.

LEY DE BOYLE-MARIOTTE

Se utiliza un tubo estrecho de vidrio como de medio metro de largo y de dos



a tres milímetros de diámetro interior (diámetro lo más uniforme posible), cerrado por un extremo, muy limpio y seco. Se introduce en él una pequeña cantidad de mercurio, que va a servir para encerrar una pequeña masa de aire y para ejercer sobre este aire encerrado una sobrepresión. Esta pequeña cantidad de mercurio puede introducirse poniendo el tubo vertical, empalmándolo mediante una goma con un embudo y ayudándose de un fino alambre o más sencillamente calentando ligeramente el tubo e introduciendo el extremo abierto en mercurio. El índice de mercurio debe tener unos veinte centímetros de longitud. El tubo se fija me-

dante unas gomas a un soporte con una regla graduada (papel milimétrico), y en lo sucesivo se procura no tocarle con la mano (temperatura constante), ni golpearle, para que no se quiebre la columna de mercurio. (Ver figuras.)

El volumen encerrado es directamente proporcional a la longitud, l ; se toma esta longitud como medida del volumen. La presión del aire es $H + h$. Los datos se tabulan así:

Volumen (l)	Presión ($H' = H + h$)	Producto ($l \cdot H'$)
.....
.....

Construir la gráfica presiones - volúmenes.

QUESTIONES

1. Los barómetros de mercurio son fieles, los metálicos no. Explicar esto.
2. ¿Cómo podemos calcular aproximadamente el peso de la atmósfera?
3. Explicar la subida del agua en una bomba aspirante.
4. ¿Por qué causas varía la presión atmosférica en un mismo lugar?
5. ¿Qué causas de error puede haber en una lectura barométrica?
6. Puesto que la atmósfera ejerce una presión de un kilogramo sobre cada centímetro cuadrado de nuestra piel. ¿Cómo no nos aplasta?
7. ¿Pesan lo mismo 10 litros de aire a la presión de una atmósfera, que un litro a la presión de 10 atmósferas? Razonar la contestación (se supone la temperatura constante).
8. ¿Puede ascender un globo indefinidamente? Explicar la contestación.