

P. José Schmidt

Física

en

PREGUNTAS Y
RESPUESTAS



1946

UNIDADES FUNDAMENTALES O SIMPLES

I. Espacio	{ absoluta ; cm { práctica; m, Km	II. Masa	{ absoluta: gr-masa { práctica: Kg-masa	III. Tiempo	{ absoluta: segundo { práctica: min. hora, día
------------	--------------------------------------	----------	--	-------------	---

UNIDADES DERIVADAS O COMPUESTAS

		FORMULA	ABSOLUTA	PRACTICAS	NOMBRE	NOTAS
Velocidad	$\frac{\text{espacio}}{\text{tiempo}}$	$V = \frac{s}{t}$	1 $\frac{cm}{seg}$	1 $\frac{m}{seg}$, $\frac{Km}{hora}$		
Aceleración	$\frac{\text{vel. final}}{\text{tiempo}}$	$a = \frac{V_f}{t}$	1 $\frac{cm}{seg^2}$	1 $\frac{m}{seg^2}$		g designa a la aceleración de gravedad = $980,6 \frac{cm}{seg^2}$
Fuerza	masa $\times$ acel.	$F = m \cdot a$	1 $\frac{gr \cdot cm}{seg^2}$	1 Kg-p, gr-p	dina	1 Kg-p = 980 600 dinas
Momento estático	Fuerza $\times$ brazo	$M_e = F \cdot b$				
Trabajo	Fuerza $\times$ camino	$T = F \cdot s$	1 $\frac{gr \cdot cm^2}{seg^2}$	1 mkg	erg	1 mkg = 98 060 000 erg
Potencia	$\frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo}}$	$P = \frac{T}{t}$	1 $\frac{erg}{seg}$	1 $\frac{mkg}{seg}$ PS, HP = $75 \frac{mkg}{seg}$		
Presión	$\frac{\text{Fuerza}}{\text{base}}$	$p = h \cdot d \cdot g$	1 $\frac{dina}{cm^2}$	1 $\frac{Kg-p}{cm^2}$	atmósfera	1 atm = 1,033 $\frac{Kg-p}{cm^2}$
Fuerza total	pres. $\times$ base	$F = s \cdot h \cdot d \cdot g$	dinas	Kg-p o gr-p		
Densidad	$\frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$	$d = \frac{m}{v}$	1 $\frac{gr}{cm^3}$	Densidad del agua		

P. José Schmidt

T
530
5352v
1946

RESUMEN DE FISICA

EN PREGUNTAS Y RESPUESTAS



Q. 12823

EDITORIAL SVD

1946

Con las debidas licencias

31 ENE. 1984

En venta en las Librerías y en el Liceo Alemán de Santiago, Moneda 1661
Casilla 4150.

PROLOGO

La forma en que se presenta este libro, revela claramente la intención que ha inspirado y guiado a su autor y que no fué otra que la de ofrecer a los estudiantes del segundo Ciclo de Humanidades y de cursos semejantes un texto-guía para examinarse ellos a sí mismos sobre los conocimientos adquiridos en las clases del ramo, como asimismo, al prepararse para las interrogaciones.

La diversidad de los temas que abarca esta ciencia, la precisión de la terminología con que deben enunciarse las definiciones y leyes físicas y las fórmulas matemáticas de las cuales no se puede prescindir, presentan en el estudio de la física grandes dificultades que se vencen solamente con frecuentes recapitulaciones que sean algo más que un sumario de fórmulas y definiciones.

La experiencia demuestra que el método más eficaz para repasar una materia, consiste en la formulación de adecuadas preguntas, seguidas de respuestas claras y precisas que, además de relacionar entre sí los diversos conceptos, procura dar una vista de conjunto de la asignatura como base indispensable para conseguir la claridad de las nociones y la seguridad de la expresión que manifiestan el grado de comprensión con que el alumno domina la materia exigida por el programa.

Las preguntas que se han agregado solamente para completar algunas explicaciones, están marcadas con un asterisco. Por varios motivos, no se han insertado figuras en este resumen; en caso necesario, el alumno las encontrará en su libro de Física o las podrá trazar en una hoja de papel en conformidad con las indicaciones designadas por letras en el texto.

SIGNIFICADO DE LAS LETRAS GRIEGAS USADAS EN EL TEXTO

- α (alfa), designa ángulo; al coeficiente del roce resbalante y al de la dilatación y aumento de tensión de los gases; rayos α .
- β (beta), designa al coeficiente del roce rodante y al de la dilatación de los líquidos; rayos β .
- γ (gamma), rayos γ .
- δ (delta), designa al coeficiente de temperatura; temperatura final; ángulo de desviación.
- ϵ (épsilon), designa al coeficiente de elasticidad; a la carga del electrón, e^- .
- η (eta), designa rendimiento.
- λ (lambda), designa pequeños cambios de longitud; al coeficiente de dilatación lineal de los sólidos; 3λ , al de la dilatación cúbica de los sólidos; al de la conductibilidad eléctrica.
- μ (mi), designa la permeabilidad magnética; además, designa la unidad de medida llamada "micrón": $1 \mu = 0,001 \text{ mm}$, $1 \mu \mu = 0,000\,001 \text{ mm}$.
- ν (ni) designa como la letra n , la frecuencia o número de oscilaciones por seg (1 seg^{-1}).
- π (pi), razón entre una circunferencia y su diámetro = $3,14$ o $\frac{22}{7}$.
- ρ (rho), designa al coeficiente de la resistencia específica.
- ω (omega), signo de la velocidad angular.
- Ω (omega), signo de la resistencia óhmica.

MECANICA

(4.º AÑO DE HUMANIDADES)

¿Cuál es el objeto de la Física?

La Física tiene por objeto la observación, el estudio y la explicación de los fenómenos físicos y el establecimiento de las leyes que los rigen.

¿Qué es un fenómeno físico?

Fenómeno físico es un cambio transitorio o accidental que experimenta un cuerpo en su posición, aspecto, volumen o en otras propiedades físicas, sin que se produzca una modificación permanente en su constitución química.

La caída de un cuerpo, la formación de una imagen por una lente o un espejo, el paso de la corriente eléctrica por un alambre, la fusión de un cuerpo sólido por el calor, son ejemplos de fenómenos físicos.

¿Qué se entiende por una ley física?

Una ley física es la expresión de las condiciones y reglas invariables por las que se rige un fenómeno o un proceso físico.

Su formación precisa es una ecuación matemática que expresa la relación cuantitativa entre los diversos factores que intervienen en un proceso físico.

¿Podría Ud. detallar por un ejemplo la definición dada de ley física?

Por ej.: de la observación atenta del movimiento uniforme (punteros de un reloj) se deduce que la distancia alcanzada por un móvil depende de dos condiciones o factores variables: de la velocidad con que avanza y del tiempo durante el cual está en movimiento. De acuerdo con la observación, la ley del mo-

movimiento uniforme afirma que el camino recorrido por un cuerpo con movimiento uniforme es directamente proporcional a la velocidad y al tiempo.

Esta ley formulada en términos matemáticos dice que el camino recorrido con movimiento uniforme es igual al producto de la velocidad por el tiempo. — Esto se expresa brevemente por la fórmula siguiente:

$$\begin{array}{ccccc} \text{Camino} & = & \text{velocidad} & \times & \text{tiempo} \\ S & = & v & . & t \end{array} \begin{array}{l} cm \\ \\ cm \end{array}$$

Para efectuar las diversas mediciones, la física se vale de **unidades fundamentales**, ¿cuáles son éstas?

1) La unidad fundamental para medir longitudes es el centímetro *cm* que es la centésima parte del metro normal.

2) La unidad fundamental de la masa es el gramo *gr* que es la milésima parte del kilogramo-masa normal.

3) La unidad fundamental del tiempo es el segundo *seg* que es la 86 400 av. parte del día solar medio.

Para expresar las demás magnitudes físicas se usan los múltiplos y submúltiplos de estas tres unidades fundamentales y se forman con ellas también las unidades derivadas o compuestas.

¿Con qué nombre se designa el **conjunto de estas unidades**?

El conjunto de las tres unidades fundamentales y de todas las unidades derivadas de ellas, se llama el Sistema Absoluto o C. G. S. *cm gr seg*.

¿Cuáles son las correspondientes **unidades prácticas**, llamadas también **técnicas**?

1) El metro *m* que es la distancia, a cero grado de temperatura, entre dos trazos marcados sobre la barra de platino-iridio que con el nombre de «Metro Normal» se guarda en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas en París.

2) El kilogramo-masa *Kg* que es la masa de un cilindro de platino-iridio que con el nombre de «Kilogramo-masa Normal» se guarda en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas en París.

3) El minuto, la hora, el día, el año, etc.

¿Qué parte de la Física es la Mecánica?

¿Cuándo se dice que un cuerpo está en **movimiento**?

¿Cómo se clasifican los movimientos?

¿Cuándo se dice que un **movimiento** es **uniforme**?

¿Con qué nombre se designa la **distancia recorrida en la unidad de tiempo**?

¿Puede Ud. indicar algunos ejemplos de velocidades?

La Mecánica es la parte de la Física que trata de las condiciones del movimiento (dinámica) y del equilibrio (estática) de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos.

Decimos que un cuerpo está en movimiento, cuando en el transcurso de cierto tiempo cambia de lugar en el espacio con respecto a un punto fijo.

1) En movimientos rectilíneos y curvilíneos, según la forma de su trayectoria,

2) En movimientos uniformes o variados, según que se mantenga la misma velocidad, o ésta varíe, acelerándose o retardándose la marcha del cuerpo.

Se dice que un movimiento es **uniforme**, cuando un cuerpo recorre trechos iguales, en tiempos iguales; o en otras palabras, si en cada segundo avanza la misma distancia.

La distancia recorrida en la unidad de tiempo se llama la **velocidad del móvil**, la cual se expresa en centímetro por segundo

$\frac{cm}{seg}$, en metro por seg $\frac{m}{seg}$, kilómetro

por hora $\frac{Km}{hora}$ etc., según se empleen con-

venientemente o la unidad absoluta, o las unidades prácticas de la velocidad.

La unidad absoluta de la velocidad es

$1 \frac{cm}{seg}$; la velocidad de un peatón = $150 \frac{cm}{seg}$;

la del sonido = $340 \frac{m}{seg}$; la de la luz = $300\,000$

$\frac{Km}{seg}$.

¿Cómo se determina la velocidad por medio del cálculo?

Para calcular la velocidad, hay que dividir el camino recorrido por el tiempo empleado en recorrerlo.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{camino}}{\text{tiempo}} = \frac{s}{t} \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \dots (1)$$

Verificar que la velocidad de un auto que recorre 120 Km en $1\frac{1}{2}$ hora, es igual a

$$80 \frac{\text{Km}}{\text{hora}} = 22,22 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 2.222 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}.$$

¿Cuál es la fórmula que permite calcular el camino recorrido con movimiento uniforme en dependencia (función) de la velocidad y del tiempo?

Designando por la letra s la longitud del camino recorrido; por v , la velocidad y por t , el tiempo, se obtiene la fórmula:

$$s = v \cdot t \quad \text{cm o m} \dots \dots \dots (2)$$

En palabras: El camino recorrido con movimiento uniforme es igual al producto de la velocidad del móvil por el tiempo que ha durado el movimiento.

¿Cuál es la fórmula que expresa la duración del movimiento?

Se expresa la duración del movimiento uniforme por el cociente entre el espacio recorrido y la velocidad del móvil:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{espacio}}{\text{velocidad}} = \frac{s}{v} \text{ seg.} \dots (3)$$

¿Cuál es la característica de un movimiento variado?

La característica de un movimiento variado es la desigualdad de los caminos recorridos por un cuerpo en tiempos iguales debido a que la velocidad no permanece constante.

¿Cuáles son los movimientos variados más importantes?

1) El movimiento uniformemente acelerado cuya velocidad aumenta proporcionalmente con el tiempo.

2) El movimiento uniformemente retardado cuya velocidad disminuye proporcionalmente con el tiempo.

¿Qué es aceleración?

Aceleración es el aumento de velocidad en la unidad de tiempo, o sea en 1 seg.

¿Cómo se deriva la **unidad absoluta de la aceleración?**

La unidad absoluta de la aceleración resulta de la división de la unidad de la velocidad = $1 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$ por la del tiempo = 1 seg :

$1 \text{ a} = 1 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2}$ que se lee: centímetro por segundo cuadrado.

¿Qué fórmula expresa la **velocidad final** v_f adquirida por un cuerpo que partiendo del reposo, se mueve durante t seg?

$$v_f = a \cdot t \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \dots \dots \dots (4)$$

En palabras: La velocidad final de un movimiento uniformemente acelerado es igual al producto del valor numérico de la aceleración por el del tiempo.

Ejemplo: La aceleración de gravedad es de $980 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2}$; por consiguiente un cuerpo cuya caída libre duró 5 seg, choca contra el suelo con una velocidad final = $980 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} \cdot 5 \text{ seg} = 4.900 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$.

La fórmula correspondiente a la velocidad final alcanzada con el movimiento uniformemente acelerado por un cuerpo animado de velocidad inicial es:

$$V_f = V_i + a \cdot t \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \dots \dots \dots (5)$$

Si el movimiento es retardado, la aceleración es negativa y la velocidad final será:

$$V_f = V_i - a \cdot t \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \dots \dots \dots (6)$$

¿Durante cuánto tiempo (tiempo máximo) puede durar un **movimiento uniformemente retardado?**

Durante cada segundo, la retardación hace decrecer la velocidad inicial en el valor de la aceleración; en consecuencia un movimiento uniformemente retardado dura tantos segundos, cuántas veces la aceleración esté contenida en la velocidad inicial. En fórmula:

¿Conoce Ud. un ejemplo de movimiento uniformemente acelerado?

¿Cómo se llama la **aceleración con que caen los cuerpos**?

¿A qué causa se atribuye este fenómeno?

¿Qué valor numérico tiene g ?

¿Cuál es el **valor normal de g** ?

¿Qué se entiende por **masa**?

¿Puede una masa por sí sola entrar en movimiento?

$$T_{\text{máx}} = \frac{\text{velocidad inicial}}{\text{aceleración}} = \frac{v_i}{a} \text{ seg} \quad (7)$$

La caída libre en el vacío puede citarse como ejemplo del movimiento uniformemente acelerado, y tratándose de pequeñas alturas y de cuerpos de gran densidad, la caída en el aire puede considerarse también como movimiento uniformemente acelerado.

La aceleración con que caen los cuerpos se llama la aceleración de la gravedad y se designa con la letra « g ».

A la fuerza de atracción, llamada gravedad, que la tierra ejerce sobre las masas atrayéndolas hacia su centro.

Por la forma achatada del globo terráqueo, el radio polar es menor que el ecuatorial a lo que es debido el que en los polos se observaría

el valor máximo de $g = 983,2 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2}$ y en el

ecuador el valor mínimo $= 978 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2}$. El de-

crecimiento de g desde el polo hacia el ecuador se debe además a la distinta aceleración centrífuga causada por la rotación de la tierra.

Se toma como valor normal de la aceleración de gravedad el que corresponde a la latitud de 45° y al nivel del mar y que es de

$$980,6 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2}.$$

Masa es la cantidad de materia con determinadas propiedades físicas y químicas que contiene un cuerpo.

No; siempre debe actuar una causa, que llamamos fuerza, sobre la masa para producir su movimiento. Ningún cuerpo puede por sí solo modificar su estado de reposo o de movimiento.

¿Qué relación existe, en teoría, entre la fuerza y el movimiento producido por ella?

¿Qué es fuerza?

Newton estableció tres principios, ¿cuáles son?

¿Cómo se enuncia el principio de inercia?

Pero, ¿observamos en realidad un movimiento uniforme continuado indefinidamente?

¿Cuál es el enunciado del principio de acción y reacción?

Explique el sentido de este principio.

Una fuerza constante produce un movimiento rectilíneo uniformemente variado, o sea acelerando o retardando la marcha del cuerpo. Una fuerza que actúa a modo de un impulso, es decir durante muy corto tiempo produce un movimiento rectilíneo uniforme.

Fuerza es la causa del movimiento y de sus variaciones.

Estos principios figuran generalmente bajo los nombres de: principio de inercia, principio de acción y reacción y principio de masa.

Todo cuerpo persevera en el estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme en que se encuentra, a menos que alguna fuerza actúe sobre él obligándole a cambiar ese estado.

En la realización experimental de un movimiento uniforme es imposible excluir toda fuerza que se opone al movimiento, como son el roce, la resistencia del aire, etc. Pero, si la acción de la fuerza motriz, p. ej., de un auto, equilibra exactamente las fuerzas contrarias a su movimiento, el coche podrá avanzar un largo trecho en línea recta y con velocidad constante.

Cuando un cuerpo ejerce una fuerza, llamada acción, sobre otro, éste ejerce sobre el primero una fuerza igual y contraria que se llama reacción.

Por experiencia sabemos que al sostener un cuerpo en nuestra mano, debemos efectuar hacia arriba un esfuerzo muscular capaz de equilibrar la fuerza que el cuerpo ejerce por su peso verticalmente hacia abajo a causa de la atracción terrestre. Igualmente, cuando un cuerpo cuelga de un hilo o se apoya sobre otro cuerpo, debemos admitir que el apoyo o sostén opone una fuerza que equilibra al peso del cuerpo.

¿Con qué palabras se expresa la **relación entre la intensidad de una fuerza y la aceleración** que recibe un cuerpo sometido a la **acción constante** de ella?

Fórmula y definición de la fuerza.

Defina la unidad absoluta de la fuerza.

¿Cómo se deriva de la fórmula de la fuerza **la dimensión de la dina**?

¿Cuál es la **unidad técnica o práctica de la fuerza**?

¿A cuántas dinas equivale 1 Kgr-peso?

La aceleración que experimenta el movimiento de un cuerpo, es proporcional a la fuerza que la produce y tiene su misma dirección y sentido. Este es el 3.er principio de Newton.

Si son varias las fuerzas que actúan sobre un mismo cuerpo, el principio de masa establece que la razón entre la fuerza motriz y la aceleración que produce, es en cada caso del mismo valor. Este valor constante expresa la masa del cuerpo. En fórmula:

$$\frac{\text{Fuerza}}{\text{aceleración}} = \text{masa} \quad \frac{F}{a} = m \dots (8)$$

Multiplicando por el factor a los dos miembros de la ecuación anterior, se obtiene la fórmula de la fuerza:

$$F = m \cdot a \dots \dots \dots (9)$$

En palabras: **La fuerza se mide por el producto de la masa y de la aceleración que ésta adquiere.**

La unidad absoluta de la fuerza se llama dina (derivada de la palabra griega «dýnamis» que significa fuerza). Dina es la fuerza que aplicada al gramo-masa le imprime la aceleración de $1 \frac{cm}{seg^2}$.

La unidad de la fuerza en el sistema C. G. S., la dina, es igual al producto de la unidad de masa por la unidad de aceleración:

$$F = m \cdot a$$

$$\text{Dina} = 1 \text{ gr} \cdot 1 \frac{cm}{seg^2} = 1 \frac{gr \cdot cm}{seg^2} \quad (10)$$

La unidad práctica de la fuerza es 1 kilógramo-peso, que es la fuerza con que la tierra atrae a 1 kilógramo-masa en 45° de latitud y al nivel del mar.

$$1 \text{ Kgr-peso} = 1000 \text{ gr} \cdot 980,6 \frac{cm}{seg^2} = 980\,600 \text{ dinas.}$$

Nota: El kilogramo-masa por una parte y el kilogramo-peso o kilogramo-fuerza por otra parte expresan magnitudes físicas tan diferentes como lo son las ideas de masa y de fuerza. Para que resalte esta diferencia fundamental en las fórmulas, conviene escribir la abreviatura

de la **M a s a**:

kilogramo-masa con **Kg**

gramo -masa » **gr**

y la de la **F u e r z a**:

kilogramo-peso con **Kg-p**

gramo -peso » **gr-p**

¿En qué consiste la diferencia fundamental entre el Kg-masa y el Kg-peso?

1 Kg-masa es algo material, p. ej. es cierta masa de bronce o de hierro marcada con «1 Kg» que se utiliza para pesar objetos. Pero, 1 Kg-peso es la fuerza ejercida por el kilogramo-masa sobre la base en que se apoya o sobre la suspensión que le resiste. Aplicando esa fuerza se gradúan los dinamómetros que son los aparatos destinados a medir las fuerzas. Un dinamómetro consiste en un resorte de acero que por su elasticidad puede contrarrestar, cediendo más o menos a lo largo de una escala, el efecto de los diferentes pesos y fuerzas.

¿Qué relación hay entre peso y fuerza?

El peso es un caso particular de fuerza; la aceleración que le imprime a una masa su peso es la de la gravedad, resultando para el peso la fórmula:

$$\text{Peso} = \text{masa} \times \text{aceleración de gravedad} = \\ P = m \cdot g \text{ dinas.} \dots\dots\dots (11)$$

¿Qué se puede decir sobre el valor numérico de la masa y del peso de 1 Kg que se traslada a diferentes latitudes geográficas?

La masa de 1 kilogramo permanece la misma en todos los puntos de nuestro globo, mientras que el número de dinas que representa 1 Kg-peso varía con la latitud geográfica y con la altura sobre el nivel del mar según el valor de la aceleración de gravedad en ese lugar. En la escala de un dinamómetro se podría observar la variación del peso con relación a la latitud y altura geográficas.

¿Cómo se determina la masa de un cuerpo?

1) Ordinariamente se determina la masa de un cuerpo equilibrándolo en una balanza de platillos con las pesas referidas al Kg normal, porque pesos iguales suponen masas iguales en un mismo punto de la tierra. Estando la balanza en equilibrio rige la ecuación:

$$m_1 \cdot g = m_2 \cdot g; \text{ luego, } m_1 = m_2.$$

2) Si se conoce el volumen y la densidad de un cuerpo, basta multiplicar estos factores entre sí para obtener la masa:

Masa = volumen $\times$ densidad.

$$M = v \cdot d \text{ gr} \dots \dots (12)$$

*Las magnitudes usadas en Física se clasifican en magnitudes escalares y vectoriales; ¿puede Ud. dar la definición de estas nociones?

Hemos encontrado magnitudes que quedan determinadas por un número con la unidad correspondiente; 86 000 seg, 4° de calor, 25 cm³, 3 Kg, etc.; se las llama magnitudes escalares y se calcula con ellas empleando las reglas algebraicas.

En las magnitudes vectoriales es necesario completar la indicación de su valor numérico y de su unidad, con la especificación de su dirección, sentido y punto de aplicación. Su representación se hace por medio de trazos con los cuales se ejecutan operaciones geométricas.

Explique la representación gráfica de una fuerza como magnitud vectorial.

Dijimos que el peso es una fuerza que actúa en dirección vertical y en sentido hacia abajo. A estas características de cada fuerza respecto a su dirección y sentido, se agregan todavía las de su magnitud o intensidad y de su punto de aplicación en el cual actúa sobre el cuerpo.

La prolongación de la dirección de una fuerza determina su recta de acción.

Hay tres direcciones: vertical, horizontal y oblicua. Los diversos sentidos en que puede actuar una fuerza se indican con: hacia adelante o hacia atrás; hacia abajo o hacia arriba; hacia la derecha, etc.

¿A qué fuerza se la llama **la resultante de un conjunto de fuerzas**?

¿Qué casos se presentan en **la composición de fuerzas paralelas aplicadas en un mismo punto**; o de velocidades simultáneas en la misma dirección?

¿Cómo se procede para encontrar **la resultante de dos fuerzas** que forman ángulo entre sí?

Para representar, p. ej., una fuerza de 5 dinas aplicada en el centro de esta hoja y dirigida horizontalmente hacia la derecha, se traza desde el punto nombrado una recta horizontal con la flecha indicadora de su sentido hacia la derecha. Luego se divide esta recta en 5 partes iguales para indicar las unidades de la intensidad de la fuerza. El mismo método se emplea para la representación gráfica de una velocidad.

Llámanse la resultante de dos o más fuerzas que actúan sobre un cuerpo, a la fuerza única capaz de reemplazarlas con idéntico efecto, o de producir el equilibrio.

Las fuerzas componentes que tienen la misma dirección pueden actuar en el mismo sentido, o en sentido contrario; su resultante será igual a la suma algebraica de las componentes y actuará en el sentido de la componente mayor. $F_r = F_1 \pm F_2$.

De la misma manera se procede para encontrar la velocidad resultante de un cuerpo que simultáneamente posee dos velocidades componentes en la misma dirección y del mismo sentido, o de sentido contrario; p. ej., para calcular la velocidad verdadera con que avanza una lancha a motor en las aguas de un río siguiendo la corriente o en contra de ella.

Se construye el paralelogramo de las fuerzas. Los trazos representativos de las fuerzas, los vectores, se complementan con dos rectas paralelas a ellos para obtener un paralelogramo cuya diagonal representa en magnitud, dirección y sentido a la resultante buscada.

Si en lugar de dos son tres o más las fuerzas que se trata de componer, se procede a determinar la resultante de las dos primeras de ellas y luego se combina esta resultante con la tercera fuerza y así sucesivamente.

¿En qué forma se aplica este método a la composición de dos movimientos simultáneos de distinta dirección y sentido?

¿Qué quiere decir descomponer una fuerza?

¿Qué puede Ud. decir sobre la resultante obtenida por la composición de dos fuerzas desiguales, paralelas, del mismo sentido y de distintos puntos de aplicación?

¿Cómo se modifican estas reglas, si las fuerzas componentes son de sentido contrario?

Construyendo un paralelogramo sobre los vectores de las velocidades componentes, se consigue la composición de dos movimientos de distinta dirección y sentido, como en el caso de determinar la trayectoria y la velocidad resultante con que una lancha a motor atraviesa un río. La diagonal del paralelogramo da la solución.

Descomponer una fuerza es reemplazarla por otras dos que producen el mismo efecto. La fuerza dada debe considerarse la diagonal de un paralelogramo cuyos lados, que parten del punto de aplicación, serán las fuerzas buscadas cuyas direcciones deben indicarse al plantear el problema.

1) La resultante es igual a la suma de las intensidades de las fuerzas componentes y actúa en igual sentido que ellas: $R = F_1 + F_2$.

2) El punto de aplicación de la resultante, situado más cerca de la fuerza mayor sobre la recta de unión de los puntos de aplicación de ambas fuerzas, la divide de tal modo que los productos de cada componente por su respectiva distancia a la resultante son iguales entre sí:

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2 \dots \dots \dots (13)$$

1) La fuerza resultante es igual a la diferencia de las componentes y actúa en el sentido de la componente mayor:

$$R = F_1 - F_2.$$

2) El punto de aplicación de la resultante es exterior y se halla sobre la prolongación de la recta que une los puntos de aplicación de las componentes más allá de la fuerza mayor y cerca de ésta en tal posición, que los productos de cada fuerza componente por la distancia de su punto de aplicación al de la resultante son iguales entre sí.

La fórmula es la misma que la anterior (13); pero las distancias d_1 y d_2 deben medirse en el mismo sentido desde el punto de aplicación de la resultante.

¿Qué caso especial se presenta, cuando son iguales entre sí las dos fuerzas paralelas que actúan en sentido contrario?

Dos fuerzas paralelas de igual intensidad, pero de sentido contrario, aplicadas en distintos puntos de un cuerpo, forman un par de fuerzas (una cupla). Aplicando la fórmula, $R = F_1 - F_2$, se encuentra que la resultante será nula en este caso; es decir, será imposible equilibrar el cuerpo por medio de una sola fuerza.

Sin embargo, cuando un par de fuerzas actúa sobre un cuerpo lo hacen girar.

Explique lo que se designa con el nombre de **momento estático de una fuerza**.

Una fuerza actuando sobre un cuerpo provisto de un eje tiende a imprimirle un movimiento rotatorio alrededor del eje. El efecto rotatorio producido depende: 1) de la intensidad de la fuerza aplicada y 2) de la distancia perpendicular que hay desde el eje a la dirección de esa fuerza, distancia que se llama **brazo de la fuerza**.

Con el nombre de momento estático de una fuerza con respecto a un eje, se designa al producto de la fuerza (F) por su brazo b :

$$M_e = F \cdot b \dots\dots\dots (14)$$

¿Qué unidades se emplean para medir el momento estático de una fuerza?

En general, el momento estático de una fuerza se expresa con el producto de la unidad de fuerza por la unidad de longitud del brazo usando el sistema absoluto o práctico: dina $\times$ cm o Kg-p $\times$ m.

¿En qué criterio está basada la clasificación de los momentos de fuerza en positivos y negativos?

Si una fuerza tiende a mover un cuerpo en torno de su eje en el mismo sentido en que giran las agujas de un reloj, su momento estático se toma como positivo con signo $+$ y como negativo con signo $-$, en el caso contrario.

¿Qué condición debe cumplirse para impedir la rotación de un cuerpo sometido a la acción de dos o más momentos de fuerza?

¿Qué momento estático produce un par de fuerzas?

¿Qué se quiere decir con la expresión «equilibrar un cuerpo»?

¿Cuántas clases de equilibrio se distinguen según la posición del centro de gravedad con respecto al punto de suspensión?

Para encontrar el momento estático resultante, al componer varios momentos de fuerza, se suman los momentos componentes conservando su signo.

Para mantener el equilibrio es condición necesaria que la suma de los momentos estáticos positivos sea igual a la de los negativos. Con otras palabras: la suma algebraica de los momentos (se suman éstos con su signo) debe ser igual a cero. Esta regla del equilibrio de los momentos estáticos tiene importante aplicación en el estudio de las máquinas simples.

El momento estático de un par de fuerzas es igual al producto de una de las dos fuerzas por la distancia perpendicular que separa sus direcciones, o rectas de acción, distancia que se llama «brazo del par».

Equilibrar un cuerpo es anular su peso, manteniéndolo en reposo por una fuerza igual y contraria que puede provenir de un punto de suspensión (cuerpos suspendidos), o de un plano de sustentación (cuerpos apoyados sobre bases).

1) Equilibrio estable (seguro), cuando el centro de gravedad está situado verticalmente debajo del punto de suspensión de tal modo que, al desviarse el cuerpo, su centro de gravedad sube y el peso del cuerpo forma, con respecto a la suspensión como eje, un momento estático que hace volver al cuerpo a su posición primitiva.

2) Equilibrio inestable (inseguro), cuando el centro de gravedad se encuentra verticalmente encima del punto de suspensión, y desviándose el cuerpo de esa posición, su centro de gravedad baja, por lo cual se forma un momento estático que por rotación coloca al cuerpo en equilibrio estable.

3) Equilibrio indiferente, cuando el cuerpo está suspendido en su centro de gravedad manteniéndose en equilibrio en cualquiera posición.

¿Cómo se procede para ubicar el centro de gravedad de un cuerpo?

En los cuerpos homogéneos de forma regular, el centro de gravedad coincide con el centro geométrico. El método general consiste en suspender el cuerpo sucesivamente en dos posiciones distintas y marcar cada vez con ayuda de una plomada la vertical bajada desde el punto de suspensión. En la intersección de ambas verticales está el centro de gravedad.

¿Cuál es la condición para el equilibrio de un cuerpo apoyado sobre un plano?

Un cuerpo apoyado en un plano está en equilibrio, cuando la vertical bajada desde su centro de gravedad cae dentro de la base de sustentación. Se llama base de sustentación a la superficie de apoyo o al polígono formado por las rectas que unen los puntos de apoyo.

¿Qué factores tienen influencia para asegurarle su estabilidad a un cuerpo apoyado en una base?

La estabilidad, que se mide por la resistencia F que opone un cuerpo a ser volcado, depende directamente del peso del cuerpo Mg , y de la distancia de la vertical bajada del centro de gravedad a la arista basal b considerada como eje de volcamiento, y es inversamente proporcional a la altura h a que el centro de gravedad se eleva sobre la base de sustentación, es decir, la estabilidad aumenta a medida que disminuye la distancia del centro de gravedad (baricentro) a la base.

$$\text{En fórmula: } F_e = \frac{mg \cdot b}{h} \text{ dinas} \dots (15)$$

¿A qué posición de un cuerpo apoyado en un plano corresponde el equilibrio inestable?

A la posición de equilibrio inestable corresponde toda posición del cuerpo en que la vertical bajada desde su centro de gravedad pase por un punto del perímetro de la base. En este caso, el cuerpo está en la posición límite de estabilidad y un pequeño aumento de in-

¿Cuándo se dice que una fuerza aplicada a un cuerpo ejecuta un trabajo?

Diga la definición del trabajo mecánico.

¿Qué significa la palabra «erg»?

Y la unidad de trabajo en el sistema técnico, ¿cuál es?

¿Qué trabajo expresado en erg se realiza al levantar 1 Kg-masa a 1 m de altura?

clinación produce su caída a causa del momento estático que forma su peso con respecto a la arista de volcamiento.

Se dice que una fuerza efectúa un trabajo mecánico cuando, aplicada a un cuerpo, lo hace recorrer cierto camino venciendo una resistencia.

El trabajo es positivo, cuando el cuerpo avanza en el sentido de la fuerza y es negativo o resistente cuando la fuerza se opone al desplazamiento, como p. ej., el trabajo realizado por el propio peso de un cuerpo al cual una fuerza hace subir a cierta altura.

El trabajo es igual al producto de la fuerza por el camino recorrido por su punto de aplicación en la dirección de la fuerza. En fórmula:

$$\text{Trabajo} = \text{Fuerza} \times \text{espacio} \\ T = F \cdot s \quad \text{erg} : \dots (16)$$

Erg es la unidad de trabajo en el sistema C. G. S. Se efectúa el trabajo de 1 erg cuando el punto de aplicación de la fuerza de 1 dina recorre 1 cm en su misma dirección.

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ dina} \times 1 \text{ cm} = 1 \frac{\text{gr cm}}{\text{seg}^2} \times 1 \text{ cm} \\ = 1 \frac{\text{gr cm}^2}{\text{seg}^2}.$$

En el sistema técnico la unidad de trabajo es el kilográmetro *mkg* o sea, el trabajo ejecutado por un Kg-peso al recorrer 1 metro en la dirección de su acción.

La fuerza resistente es de 1 Kg-peso = 980 600 dinas y actúa en dirección vertical; la diferencia de altura que es el camino recorrido en la misma dirección, es de 100 cm. Resulta: 1 kilográmetro = $980\ 600 \times 100 = 98\ 060\ 000$ erg.

¿Conoce Ud. alguna otra unidad práctica del trabajo?

¿Hay alguna dependencia entre el trabajo mecánico y el tiempo que demora su ejecución?

¿Qué se llama potencia en la mecánica?

¿Cuáles son las unidades de potencia?

¿Qué se entiende por caballo de fuerza o caballo vapor?

Como unidad práctica del trabajo se usa también el Joule que es igual a 10 millones de erg: $1 \text{ Joule} = 10^7 \text{ erg} = 0,102 \text{ mkg}$.

No; en la noción del trabajo mecánico no se toma en consideración el tiempo que demora su ejecución; es la noción de potencia que hace intervenir el tiempo en la evaluación del trabajo: una máquina es tanto más potente, cuanto sea mayor el trabajo que efectúa en un tiempo menor.

Se llama potencia al trabajo realizado durante 1 seg. Si el trabajo T se efectúa en t segundos, la potencia P es:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo}}$$

$$P = \frac{T}{t} \frac{\text{erg}}{\text{seg}} \text{ o } \frac{\text{mkg}}{\text{seg}} \dots\dots\dots (17)$$

Sistema absoluto:

$$1 \frac{\text{erg}}{\text{seg}} = \frac{\text{gr cm}^2}{\text{seg}^3}$$

Sistema técnico:

$$1 \frac{\text{mkg}}{\text{seg}} \text{ y } 1 \frac{\text{Joule}}{\text{seg}} = 1 \text{ Watt}$$

Es la unidad técnica designada por HP o PS, que se usa frecuentemente para expresar la potencia de las máquinas, equivalente

$$1 \text{ PS a } 75 \frac{\text{Kcm}}{\text{seg}}; \text{ (el HP inglés = } 550 \frac{\text{pie libra}}{\text{seg}} = 76,04 \frac{\text{Kgm}}{\text{seg}} \text{)}$$

Ejemplo: Calcular la potencia de un motor que en $\frac{1}{3}$ de minuto levanta 225 Kg a la altura de 8 m.

$$X = \frac{225 \text{ Kg} \cdot 8 \text{ m}}{20 \text{ seg}} = 90 \frac{\text{mkg}}{\text{seg}} = 1,2 \text{ HP} = 882,35 \text{ Watt} = 90 \times 98060000 \frac{\text{erg}}{\text{seg}}$$

Explique cómo se procede para calcular el trabajo ejecutado por una fuerza cuya dirección no coincide con la del movimiento del cuerpo.

En este caso con el fin de encontrar la intensidad de la fuerza que se aprovecha para producir el movimiento, se descompone la fuerza oblicua F en dos componentes; p. ej., cuando se arrastra a un cuerpo por una fuerza oblicua sobre un plano horizontal, en una componente horizontal F' y en otra vertical F'' .

El trabajo será igual al producto del camino recorrido por el cuerpo s , multiplicado por aquella componente de la fuerza F que coincide con la dirección en que avanza el móvil, o sea por F' .

En fórmula: $T = F' \cdot s$ erg o mkg. . (18)

¿Qué son máquinas simples?

Máquinas simples son aparatos destinados a modificar la dirección de una fuerza y a vencer una fuerza grande, llamada resistencia Q , empleando una fuerza pequeña, llamada potencia P .

Comparando entre sí los trabajos efectuados por la potencia y la resistencia, ¿qué regla rige?

Al efectuarse con ayuda de una máquina simple un trabajo economizando fuerza, esta fuerza menor, la potencia, debe recorrer un trecho tantas veces mayor que el recorrido de la resistencia, cuántas veces la magnitud de la resistencia supera la de la potencia, de modo que **no se economiza trabajo.**

¿Qué es lo primero que debe resolverse en el estudio de las condiciones de equilibrio de las máquinas simples?

En todas las máquinas simples tratamos de determinar primero el valor de la **potencia matemática** que es la fuerza necesaria para equilibrar el efecto de la resistencia. Si se aumenta esta potencia matemática para convertirla en fuerza motriz que pueda vencer a la resistencia junto con el roce que se opone al movimiento, se obtiene la **potencia práctica.**

¿En qué máquinas simples, las fuerzas aplicadas tienden a producir una rotación?

Este grupo de máquinas simples lo forman las palancas, las poleas, la rueda con árbol y el torno, que pueden girar alrededor de un punto o de un eje fijo.

¿Qué es una palanca?

¿Qué fuerzas actúan sobre una palanca con respecto al eje o punto de apoyo?

¿Cuántas clases de palancas conoce Ud?

¿En qué se distingue la palanca matemática de la palanca física?

Aplicando la regla del equilibrio de momentos de fuerza, ¿cómo se deduce la ecuación del equilibrio de las palancas matemáticas?

Una palanca es un cuerpo rígido de cualquier forma que puede girar en torno de un punto fijo.

1) La potencia P , la fuerza activa, que se aplica para equilibrar o vencer una fuerza generalmente mayor.

2) La resistencia Q o carga que se vence.

3) El peso de la palanca misma, Mg , siendo su efecto generalmente despreciable en comparación con los pesos de Q y de P .

Según la posición del punto de apoyo se pueden distinguir:

1) Palancas de I.^a clase, si el punto de apoyo se encuentra entre los puntos de aplicación de P y Q , (palancas de dos brazos).

2) Palancas de II.^a clase, cuando la palanca se apoya en uno de sus extremos, (palancas de un solo brazo). Considerando la colocación del punto de aplicación de la P entre los puntos del apoyo y de Q como un caso especial, se tendría una III.^a clase de palanca.

Se habla de palanca matemática, si se la considera sin peso propio, y de palanca física, cuando su peso debe tomarse en cuenta.

Se designa la potencia con P y la resistencia por Q ; además el brazo de P con la letra p (distancia perpendicular desde el eje a la dirección de P), y el brazo de Q por q .

Como ambas fuerzas tratan de hacer girar la palanca en sentido contrario, sus momentos estáticos serán uno positivo y el otro negativo, y para que haya equilibrio es necesario que el momento estático de P sea igual al de Q .

En fórmula: $P \cdot p = Q \cdot q \dots \dots (19 a)$

Teniendo en cuenta que los momentos de P y Q son de signo contrario entre sí y que su

¿Qué modificación se introduce en esta fórmula para expresar la condición de equilibrio que rige para las palancas físicas?

Puede Ud. enumerar algunas aplicaciones de las palancas?

¿Qué es una polea?

¿Cómo se clasifican las poleas?

¿Cuándo están en equilibrio las poleas?

suma algebraica debe ser igual a cero, se expresa la condición de equilibrio también por la fórmula:

$$P \cdot p - Q \cdot q = 0 \dots \dots \dots (19 \text{ b})$$

El peso propio de la palanca, Mg , aplicado en el centro de gravedad, agrega, con respecto al punto de apoyo de la palanca, un tercer momento estático cuyo brazo se designa por la letra r .

Este momento de $Mg \cdot r$ se agrega a aquel momento de P o de Q que produce la rotación de la palanca en el mismo sentido que el peso. Por ej., en una carretilla de mano en que la fuerza muscular P debe sostener la carga Q y el peso de la carretilla, resulta la fórmula aplicable a las palancas de II.ª clase:

$$P \cdot p = Q \cdot q + Mg \cdot r \dots \dots \dots (20)$$

La balanza de precisión (palanca de 1.ª clase de brazos iguales), las tenazas, la balanza romana (1.ª clase de brazos desiguales); y como palancas de 2.ª clase, el remo, el antebrazo y la válvula de seguridad.

Una polea es un disco que gira en torno de un eje sostenido por una armadura y que tiene en el borde una ranura o garganta.

1) Polea fija que durante su funcionamiento no se traslada.

2) Polea móvil que al funcionar se traslada junto con la carga colgada de su armadura.

En la polea fija hay equilibrio, cuando la potencia es igual a la resistencia, porque los brazos de P y Q son radios de la polea.

$$P = Q \dots \dots \dots (21)$$

La polea móvil, que se usa generalmente en combinación con una polea fija la cual cambia la dirección en que actúa la potencia sin alterar su valor, está en equilibrio, cuando la

potencia es igual a la mitad de la resistencia, porque la carga, sostenida por el eje de la armadura, se reparte entre los dos cordeles verticales.

$$P = \frac{Q}{2} \dots \dots \dots (22)$$

Por medio de **combinaciones de poleas**, ¿qué máquinas se obtienen?

1) La garrucha ordinaria que está formada por cierto número de poleas fijas sobre una misma armadura y de igual número de poleas móviles también dispuestas sobre una misma pieza de unión de la cual cuelga la carga. Siendo n el número de poleas en total, la resistencia (carga más el peso de la parte móvil de la garrucha) está sostenida por n cordeles y por eso la potencia P será:

$$P = \frac{Q}{n} \dots \dots \dots (23)$$

2) La garrucha diferencial está constituida por una polea móvil de la cual pende la carga y por una polea fija formada por dos discos concéntricos unidos entre sí, pero de distintos radios. Aplicando la regla de los momentos a la polea fija, se obtiene:

$$\frac{Q}{2} R - \frac{Q}{2} r - P R = 0; \text{ de donde:}$$

$$P = \frac{Q(R-r)}{2R} \dots \dots \dots (24)$$

¿Cómo está construida la **rueda con árbol**?

Una rueda y un cilindro llamado árbol, forman un solo cuerpo, de modo que giran juntos en torno de un mismo eje. La potencia, P , actúa sobre el margen de la rueda y la resistencia pende de una sogá que se enrolla al árbol.

¿Cómo se establece el equilibrio entre P y Q en el torno?

El brazo de P se puede designar por R , por ser el radio de la rueda, y el brazo de Q por la letra r que representa el radio del árbol. Por lo tanto: $P \cdot R = Q \cdot r$; de donde:

$$P = \frac{Q \cdot r}{R} \dots \dots \dots (25)$$

¿A qué máquina simple se llama **plano inclinado**?

¿Qué figura geométrica sirve para representar un plano inclinado?

¿Qué le ha enseñado la experiencia con respecto a la fuerza P que se aplica para impedir el resbalamiento de Q puesto sobre un plano inclinado?

¿Cuál es la regla general de la cual se deduce la fórmula que expresa la **condición de equilibrio en el plano inclinado**?

En palabras: La potencia matemática es igual a la resistencia multiplicada por el radio del árbol y dividida por el radio de la rueda.

Recibe el nombre de plano inclinado el que forma un ángulo con el plano horizontal y puede estar constituido por una tabla inclinada, una escalera, rampa, etc.

El esquema de un plano inclinado es un triángulo rectángulo cuyo cateto horizontal es la base del plano b , cuyo cateto vertical es su altura h y cuya hipotenusa es su longitud l .

Llámase pendiente del plano el cociente entre su altura y la base; $h : b$.

Un cuerpo de peso Q puesto sobre un plano inclinado puede ser mantenido en reposo por una fuerza P , menor que el peso de la carga; pero a medida que aumenta la altura del plano, la fuerza P debe crecer también. Además, un cuerpo puede permanecer en reposo sobre una tabla inclinada hasta que la elevación de ella alcance cierto ángulo; luego empieza el cuerpo a resbalar venciendo el roce.

Empleando las máquinas simples, bien se puede economizar fuerza, pero nunca trabajo. Por lo tanto, según la «Regla de Oro de la Mecánica», el trabajo de la potencia debe ser igual al trabajo de la resistencia.

En el caso del plano inclinado, para levantar la resistencia Q a la altura h , realizándose el trabajo $= Q \cdot h$, la potencia P debe recorrer la longitud del plano l efectuando el trabajo $= P \cdot l$. Resulta que $P \cdot l = Q \cdot h$ y por consiguiente:

$$P = \frac{Q \cdot h}{l} \dots\dots\dots (26 a)$$

La potencia matemática debe ser igual a la resistencia multiplicada por la altura y dividida por la longitud del plano inclinado.

*¿Qué modificación sufre la fórmula, si la dirección de P es paralela a la base del plano?

El trabajo de levantar la resistencia Q a la altura h queda igual a $Q \cdot h$. Pero el punto de aplicación de la potencia P se traslada a una distancia igual al largo de la base, realizándose el trabajo $= P \cdot b$. De la igualdad de estos trabajos se deduce:

$$P = \frac{Q \cdot h}{b} \dots \dots \dots (26 b)$$

¿Cómo se determina por construcción gráfica la potencia P que mantiene en equilibrio a un cuerpo Q puesto sobre un plano inclinado?

Se descompone el peso de Q en dos fuerzas perpendiculares entre sí: una que actúa en dirección normal al plano y otra paralela al mismo. Se representa el peso de Q por una flecha vertical bajada desde el centro de gravedad del cuerpo. Esta recta se toma por diagonal del paralelógramo, cuyos lados adyacentes serán: la perpendicular o normal N a la longitud del plano (hipotenusa) y la paralela al mismo plano F dirigida hacia abajo. La componente N será equilibrada por la reacción igual y contraria del plano, pero la paralela al plano, la componente F haría resbalar el cuerpo hacia abajo, si no se aplicara una fuerza igual y contraria a F , la cual sería la potencia buscada P .

*Aplicando el principio de la igualdad entre el trabajo de la potencia y el de la resistencia a la cuña, ¿qué fórmula se obtendrá que exprese el equilibrio en esta máquina simple?

La cuña es un prisma triangular de ángulo muy agudo que sirve para cortar o para separar dos cuerpos (hacha, cincel, cuchillo, etc.). La potencia se aplica sobre la base del prisma, llamada cabeza de la cuña, y la resistencia actúa sobre las dos caras laterales.

Suponiendo que la potencia P hizo entrar totalmente a la cuña en el cuerpo que opone la resistencia Q , ésta ha sido removida por el ancho de la cabeza b habiéndose efectuado el trabajo $= Q \cdot b$; mientras que la potencia P ha actuado por un trecho igual al largo de la cuña l siendo su trabajo $= P \cdot l$. Resulta la igualdad $P \cdot l = Q \cdot b$.

$$P = \frac{Q \times \text{ancho de la cabeza}}{\text{largo de la cara}} \dots \dots (27)$$

*¿Qué partes se distinguen en el tornillo?

¿Cómo se deduce la condición de equilibrio en el tornillo, suponiendo que no hay resistencias de roce?

Estas fórmulas establecidas para el equilibrio de las máquinas simples son teóricas; ¿qué factor importante debe considerarse en su aplicación práctica?

¿Qué expresa la razón entre la potencia matemática P_m y la práctica P_{pr} ?

Por la comparación del trabajo aprovechado con el trabajo total, ¿qué definición puede darse del rendimiento?

La potencia matemática es igual a la resistencia multiplicada por el ancho de la cabeza y dividida por el largo de la cara lateral de la cuña.

El tornillo consiste en un cilindro alrededor del cual se enrosca el hilo en forma de espiral. La distancia entre dos vueltas consecutivas h se llama paso del tornillo.

La «Regla de Oro de la Mecánica» se enuncia en este caso de la manera siguiente: El trabajo de la potencia P aplicada a la cabeza del tornillo durante 1 vuelta que mide $2\pi \cdot r$ cm, será igual al trabajo desarrollado por la resistencia Q en el extremo inferior que sube o baja por 1 paso $= h$. En fórmula:

$$P \cdot 2\pi \cdot r = Q \cdot h$$

$$P = \frac{Q \cdot h}{2\pi \cdot r} \dots\dots\dots (28)$$

Este factor importante es el roce que existe siempre al mover un cuerpo por encima de otro debido a las asperezas de las superficies en contacto. Por eso debe agregarse a la potencia matemática que es la calculada por las fórmulas de equilibrio, una fuerza adicional cuya función es vencer las resistencias del roce para obtener la potencia práctica capaz de producir el movimiento de la máquina simple.

La razón $\frac{\text{Potencia matemática}}{\text{Potencia práctica}} = \frac{P_m}{P_{pr}} = \eta$ expresa el rendimiento de la máquina, el cual será siempre menor que la unidad o el 100%; se lo designa por la letra η (eta).

El rendimiento de una máquina es la razón entre el trabajo aprovechado contra la resistencia y el trabajo total invertido por la potencia práctica: en forma breve:

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} &= \frac{\text{Trabajo resistente útil}}{\text{Trabajo motor total}} \\ &= \frac{Q \cdot \text{camino } q}{P_{pr} \cdot \text{camino } p} \dots\dots\dots (29) \end{aligned}$$

¿Cuántas clases de rozamiento se distinguen?

¿Qué leyes del roce resbalante estableció Coulomb?

Distinguimos dos clases de rozamiento: roce resbalante y rodante; según que el cuerpo resbale o ruede sobre otro.

Arrastrando con movimiento uniforme un cuerpo del peso N sobre un plano horizontal, midió la fuerza R necesaria para vencer el roce producido por el deslizamiento y estableció las siguientes leyes:

1) La fuerza necesaria para vencer el roce resbalante es proporcional al peso N del cuerpo arrastrado; es decir, a la fuerza normal con que actúa sobre el plano de deslizamiento.

2) El roce depende de la naturaleza de los cuerpos que rozan, como lo manifiestan los distintos valores numéricos del coeficiente del roce resbalante α .

3) El roce es independiente del área de la superficie en contacto.

La 1.^a y la 2.^a ley indican los factores de los cuales depende el roce resbalante; ¿qué fórmula lo expresa?

Como el roce resbalante es proporcional a la fuerza normal N que el cuerpo ejerce sobre el plano y a un coeficiente particular para cada par de cuerpos en contacto, la fórmula es:

$$R = \alpha \cdot N \text{ dinas.} \dots\dots\dots (30)$$

Con la letra α se designa al coeficiente del roce resbalante, que es p. ej., para hierro sobre hierro = 0,16; para hierro sobre madera = 0,3; y hierro sobre cuero = 0,5.

¿Qué se entiende por coeficiente del roce resbalante?

Coeficiente del roce resbalante es el roce que opone al movimiento un cuerpo que ejerce sobre un plano la fuerza normal de 1 dina; (o la de 1 gr-p o de 1 Kg-p, a condición de que la fuerza normal se exprese en estas unidades prácticas).

¿Qué quiere decir que el coeficiente del roce resbalante de hierro sobre madera es 0,3?

Quiere decir que para arrastrar con movimiento uniforme sobre un plano horizontal de madera lisa a 1 gr de hierro, será necesario aplicarle una fuerza de 0,3 gr-p.

El coeficiente de roce en el momento de partida es algo mayor que durante el movimiento; en este caso sería de 0,4.

¿Cuándo se habla de rozamiento por rodadura?

¿Qué leyes rigen para el roce rodante?

¿Qué se nota al comparar entre sí los valores numéricos de los coeficientes de ambas clases de roce?

¿Puede Ud. hacer ver algunas desventajas y ventajas que trae consigo el rozamiento?

Es el roce que se manifiesta, cuando un cuerpo rueda sobre un plano horizontal; p. ej., un cilindro, una esfera o una rueda dando vueltas sobre una tabla nivelada.

1) El roce rodante es directamente proporcional a la fuerza normal N que el cuerpo ejerce sobre el plano.

2) El roce rodante depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto, factor indicado por los coeficientes correspondientes, designados por β .

3) El roce rodante es inversamente proporcional al radio r del cuerpo que rueda.

El conjunto de estas leyes se expresa por la fórmula:

$$R_{\text{rod.}} = \frac{N \cdot \beta}{r} \text{ dinas} \dots \dots \dots (31)$$

Se nota que los coeficientes del roce rodante son menores que los del roce resbalante; p. ej., para hierro sobre hierro este último es $= 0,16$ y del rodante $= 0,005$. ¿Por qué el peso de un tren T no debe exceder en 30 veces el peso de la locomotora L ? — Porque el roce resbalante de la locomotora por lo menos debe igualar el roce rodante de todo el tren $L+T$; en ecuación:

$$L \cdot 0,16 = (L+T) \cdot 0,005; \text{ de donde } T = 31 L$$

En general, el roce es perjudicial y las resistencias del frotamiento en las máquinas deben reducirse a su valor mínimo. Se disminuye el roce engrasando los mecanismos que están expuestos al rozamiento al moverse, porque de este modo se forma una capa lubricante de aceite o grasa entre las superficies de contacto reduciéndose el coeficiente respectivo. Además se usan cojinetes y descansos con rodamiento de bolitas para transformar el roce resbalante en rodante.

Muchas veces el roce es útil, como en el caso de caminar sobre un pavimento liso sin

resbalar. Por su adhesión a las desigualdades de la superficie de los caminos los neumáticos garantizan la marcha segura de los autos.

HIDROMECAÍNICA

Los líquidos se distinguen de los sólidos por la gran movilidad de sus partículas con ausencia de resistencias de roce de unas partes con respecto a las otras de la masa líquida. En consecuencia:

1) Los líquidos carecen de forma propia y adoptan la del vaso que los contiene.

2) Un líquido encerrado en un recipiente transmite en todas las direcciones la fuerza o presión recibida en alguna parte de su superficie, al contrario de un cuerpo sólido en el cual aparece el efecto de una fuerza ejercida sobre él únicamente en la dirección en que ésta actúa.

3) Los líquidos como los sólidos son casi incompresibles; es decir, no reducen su volumen en forma apreciable cuando se los somete a presiones.

La fuerza es la acción que ejerce un cuerpo sobre otro en la superficie de contacto, p. ej., el peso con que actúa un libro sobre la parte de la mesa en que se apoya, o un líquido sobre el fondo del vaso que lo contiene. En lenguaje común se usan en estos casos las palabras de fuerza o presión sin hacer una exacta distinción entre ambos conceptos.

En la Física se llama presión a la fuerza que actúa por unidad de superficie, p. ej., por 1 cm² de la base. En fórmula:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}} = \frac{F}{S} \quad \begin{matrix} \text{U. absoluta} & \text{U. práctica} \\ \text{dina} & \text{Kg-p} \\ \text{cm}^2 & \text{cm}^2 \end{matrix} \quad (32)$$

$$\text{Otra unidad práctica es la atmósfera} = 1,033 \frac{\text{Kg-p}}{\text{cm}^2} :$$

¿En qué consiste la diferencia fundamental entre los cuerpos líquidos y sólidos con respecto a su forma y volumen?

¿Qué significado preciso da la Física a las nociones de fuerza y de presión?

¿Con respecto a la transmisión de la presión ejercida sobre un líquido, ¿qué principio conoce Ud?

Explique más ampliamente el sentido de este principio fundamental o ley de Pascal.

¿Qué máquina multiplica la fuerza de acuerdo con el principio de Pascal?

El principio de Pascal: Una presión ejercida sobre la superficie libre de un líquido encerrado en un depósito se transmite en todas las direcciones con igual intensidad.

Lo comprueba el hecho de que el agua contenida en un vaso provisto de numerosos orificios sale con igual ímpetu por todos éstos, cuando mediante un pistón se ejerce una presión sobre el líquido.

Se deduce de esta ley que la presión ejercida sobre la unidad de superficie, 1 cm^2 , será la misma que recibe cualquier cm^2 de la pared interior del vaso y de la masa líquida. Por consiguiente, si sobre un líquido contenido en un depósito provisto de dos émbolos de secciones desiguales s y S , se aplica una presión p mediante un émbolo de sección $s = 1 \text{ cm}^2$, la fuerza, transmitida a través del líquido al segundo émbolo S , resultará tantas veces aumentada como sea el número de centímetros cuadrados de su sección S .

En general, la fuerza total F producida sobre el segundo émbolo es tantas veces mayor que la fuerza f aplicada al primer émbolo, cuántas veces cabe la sección s del pequeño émbolo en la del grande, S . En fórmula:

$$\text{Fuerza total, } F = f \cdot \frac{S}{s} \text{ dinas o Kg-p} \quad (33)$$

La prensa hidráulica que se utiliza para producir grandes fuerzas de compresión.—Consta de dos cilindros unidos por un tubo en su parte inferior, los cuales llevan émbolos bien ajustados de secciones muy desiguales.

Cuando sobre el pequeño émbolo de sección s se actúa con la fuerza f hacia abajo, la fuerza F hacia arriba que ejercerá el émbolo mayor está expresada por la fórmula,

$$F = f \cdot \frac{S}{s}. \text{ Pero la fuerza } f \text{ se ejerce sobre}$$

el émbolo menor por medio de una palanca en cuyo extremo se aplica una potencia P que actúa con el brazo p , formando f con el brazo q el otro momento estático, de modo que se obtiene para f la expresión,

$$f = P \cdot \frac{P}{q}.$$

Reemplazando en la fórmula anterior f por su valor, encontramos la ecuación que nos permite calcular la fuerza total F producida por una prensa hidráulica:

$$F = P \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{S}{s} \text{ Kg-p} \dots\dots\dots (34)$$

Nombrar algunas aplicaciones de la prensa hidráulica.

Aplicaciones de la prensa hidráulica: en las pruebas de resistencia de las calderas y de tubos; para exprimir el jugo de frutas; para reducir el volumen de fardos de pasto, de algodón; para someter objetos a elevadas presiones, etc.

¿Cómo se explica el que la masa de un líquido permanezca en equilibrio a pesar de la movilidad de sus moléculas?

Para que una masa líquida se mantenga en equilibrio a pesar de la gran movilidad de sus moléculas, debemos suponer que cada partícula en el interior del líquido recibe presiones iguales por todos los lados. Por medio del aparato, llamado manómetro de profundidad, se puede comprobar que la presión que existe en un punto determinado dentro de una masa líquida es la misma en todas las direcciones.

¿Qué influencia tiene el propio peso del líquido en la distribución de las presiones dentro de la masa líquida?

En secciones a distinta profundidad medida desde la superficie libre, las presiones aumentan proporcionalmente por ser cada vez mayor el peso de las columnas de líquido que gravitan sobre las mismas.

La diferencia de presión entre dos secciones, de 1 cm^2 cada una, es igual al producto de la densidad del líquido por la diferencia de nivel existente entre ellas. Este enunciado es el teorema general de la hidrostática.

¿Cómo se puede calcular la presión ejercida por un líquido sobre el fondo del vaso?

¿Cuál es la fórmula de la fuerza total con que un líquido actúa sobre el fondo?

Esta fuerza sobre el fondo, ¿depende acaso de la forma del vaso al cual sus paredes inclinadas con respecto al fondo, podrían dar mayor o menor capacidad?

¿Cuál es el enunciado sobre la fuerza que un líquido ejerce sobre el fondo del vaso?

¿Qué son vasos comunicantes?

¿Cuál es la condición de equilibrio para un líquido vertido en vasos comunicantes?

El valor de la presión p ejercida normalmente por un líquido sobre cada cm^2 del fondo, es igual al producto de la densidad del líquido d_1 por la altura h medida desde el fondo horizontal del vaso hasta la superficie libre del líquido.—En fórmula:

$$\text{Presión} = h \cdot d_1 \cdot g \frac{\text{dina}}{\text{cm}^2} = h \cdot d_1 \frac{gr-p}{\text{cm}^2} \dots (35)$$

Como la fuerza consiste en la acción ejercida sobre una superficie, basta multiplicar las fórmulas anteriores por el área del fondo S y obtendremos:

$$\text{fuerza total} = S \cdot h \cdot d_1 \cdot g \text{ dinas} = S \cdot h \cdot d_1 \frac{gr-p}{\text{cm}^2} \dots (36)$$

Cuando los fondos de los diferentes vasos son de igual superficie, la fuerza con que un líquido actúa sobre el fondo en cada uno es independiente de la forma del vaso y de la cantidad del líquido contenido, con tal que sea de la misma altura y densidad.

La demostración de este hecho, que se designa con el nombre de paradoja hidrostática, se verifica por medio del aparato llamado «balanza de Pascal». (Paradoja significa contradicción).

La fuerza con que un líquido actúa sobre el fondo del vaso que lo contiene equivale al peso de una columna líquida que tenga por base el fondo y por altura la distancia de éste al nivel, siendo independiente de la forma y capacidad del vaso.

Se llaman vasos comunicantes los que están unidos entre sí por la parte inferior de modo que los líquidos pueden pasar de uno a otro.

Para que un líquido esté en equilibrio en vasos comunicantes, es indispensable que en todos ellos llegue al mismo nivel, es decir, que todas las superficies del líquido estén en un mismo plano horizontal.

¿Por qué razón debe llegar a un mismo nivel un líquido contenido en vasos comunicantes para mantenerse en equilibrio?

Citar algunas aplicaciones de vasos comunicantes.

¿Qué se observa si dos vasos comunicantes contienen dos líquidos que no se mezclan y de distinta densidad?

¿Cuál es la ley de equilibrio que rige en este caso?

¿Cómo se demuestra la ley de equilibrio de dos líquidos de distinta densidad contenidos en dos vasos comunicantes?

Para mantenerse en equilibrio, las distintas columnas del líquido deben estar sometidas a presiones iguales; o sea, los productos de la densidad del líquido por la altura alcanzada por él en los distintos vasos, deben ser de un mismo valor; $d_1 \cdot h_1 = d_1 \cdot h_2 = d_1 \cdot h_3$

Ahora bien, como uno de los factores, la densidad, es igual en toda la masa líquida, lo ha de ser también el otro factor, la altura a la cual llega el líquido en todos los vasos.

Aplicaciones: el indicador del nivel del agua en las calderas; el manómetro de aire libre o de tubo abierto; la distribución de agua potable; los pozos naturales o norias y artesianos, etc.

Se observa que los líquidos de distinta densidad, p. ej., mercurio y agua, alcanzan alturas diferentes; el de mayor densidad, el mercurio, llena la parte inferior de ambos tubos y ocupa en el suyo una altura inferior a la alcanzada por el líquido de menor densidad, por el agua, en el ejemplo citado.

La ley de equilibrio para líquidos de distinta densidad es: **sus alturas son inversamente proporcionales a sus densidades;** $h_a : h_m = d_m : d_a$ lo que se lee: la altura del agua es a la del mercurio como la densidad del mercurio es a la del agua. (37 a)

En el vaso que contiene el líquido menos denso se establece una superficie de separación y el líquido más denso que está debajo de este nivel en ambos tubos, se mantiene por sí mismo en equilibrio. La presión con que actúa el líquido menos denso, el agua, hacia abajo, puede expresarse por el producto $h_a \cdot d_a$, y esta presión debe ser igual a la ejercida por el líquido del otro tubo $= h_1 \cdot d_1$.

Resulta la siguiente igualdad:

$$h_a \cdot d_a = h_1 \cdot d_1 \dots \dots \dots (37 b)$$

Nota: Esta ley puede ser aplicada a la determinación de la densidad de líquidos (pág. 41)

¿Con qué fuerza actúa un líquido sobre las paredes laterales del vaso en que está contenido?

¿Cuándo se manifiesta esta fuerza lateral ejercida por un líquido?

¿Cómo se comprueba experimentalmente que sobre un disco horizontal, sumergido en un líquido, actúa una fuerza de abajo hacia arriba?

¿Cómo se llama la fuerza que actúa de abajo hacia arriba sobre un cuerpo sumergido?

¿Qué afirma el principio de Arquímedes?

La fuerza con que un líquido actúa sobre una de las paredes laterales del vaso o sobre una parte de ella, es igual al peso de la columna líquida que tiene la parte de la superficie considerada por base y por altura la distancia de su centro de gravedad al nivel.

Ordinariamente la fuerza ejercida por un líquido sobre una pared del depósito está contrarrestada por la que recibe la pared opuesta. Pero si en una de las paredes se abre un agujero, las fuerzas laterales ya no permanecen iguales siendo mayor la ejercida sobre la pared opuesta a la abertura y el depósito tiende a moverse en sentido opuesto a la salida del líquido.— El molinete hidráulico funciona por la reacción del agua que sale por tubos horizontales cuyos extremos abiertos están doblados en ángulo recto en el mismo sentido.

La existencia de esta fuerza se pone en evidencia sumergiendo parcialmente en un vaso con agua un tubo ancho cerrado por una tapa liviana a la cual se sujeta por un hilo al introducir el aparato en el líquido. Luego se puede soltar el hilo sin que el disco se desprenda por impedírselo aquella fuerza que actúa sobre él de abajo hacia arriba, y cuyo valor es igual al peso del agua que cabe dentro de la parte sumergida del tubo.

Para probarlo se va llenando de agua el tubo y la tapa se desprenderá, cuando el agua, dentro del tubo, llegue al nivel exterior.

La fuerza ejercida por un líquido sobre un cuerpo sumergido en él, se llama el empuje. Su magnitud es igual al peso del líquido desalojado por el cuerpo, según el principio de Arquímedes.

El principio de Arquímedes dice: **Todo cuerpo sumergido en un líquido pierde tanto de su peso cuanto es el peso del líquido que desaloja.**

¿Cómo se verifica una demostración experimental del principio de Arquímedes?

Un cuerpo sólido de forma geométrica cuyo volumen V se ha calculado, se suspende de un dinamómetro o pesacartas anotando su peso. Luego se lo sumerge en el agua contenida en un vaso o probeta graduada. —Se observará:

1) El dinamómetro se encoge, indicando la pérdida de peso del cuerpo sumergido.

2) A esta disminución de peso expresada en gramos, es igual el número de los cm^3 que expresa el volumen del cuerpo o la cantidad de agua desplazada por él.

3) Repitiendo el experimento con cuerpos de distinto peso, pero de igual volumen, se obtienen para todos ellos la misma disminución de peso, igual al peso del agua desalojada. (1 cm^3 de agua pesa 1 gr.).

Cómo se puede demostrar que el fenómeno en que se basa el principio de Arquímedes es la resultante de las fuerzas que actúan en el interior de un líquido?

Supongamos que tenemos sumergido un cuerpo prismático de volumen V , sobre el cual actúa el líquido con fuerzas normales a las caras del prisma. Las fuerzas laterales son iguales y contrarias y se anulan.

El peso del líquido que descansa sobre la cara superior del prisma ejerce sobre él una fuerza hacia abajo, cuya magnitud es $= v \cdot d_l \cdot g$ dinas; (v , significa el volumen de esta columna de líquido; d_l , la densidad del líquido y g , el valor de la aceleración de gravedad).

Sobre la cara inferior del prisma, el líquido actúa hacia arriba con una fuerza equivalente al peso de la columna líquida que se formaría sumando al volumen ocupado por el cuerpo V el volumen del líquido v que descansa sobre la cara superior del prisma $= V + v$. La magnitud de esta fuerza hacia arriba será $= (V + v) d_l \cdot g$ dinas.

La resultante de ambas fuerzas desiguales que actúan en sentido contrario sobre el cuerpo sumergido, es la diferencia de ellas y su efecto es el empuje que aminora el peso del

¿Con qué palabras se expresa la definición del empuje?

¿Cuántos casos pueden ocurrir al introducir un cuerpo sólido en un líquido?

¿Cuál es la condición de flotabilidad?

¿Qué se entiende por centro de presión o centro de empuje?

¿Cuántas fuerzas iguales y opuestas entre sí actúan sobre cada cuerpo flotante?

prisma. Designando el empuje por E y efectuando la resta de las dos fuerzas, resulta:

$$E = (V + v) d_l \cdot g - v \cdot d_l \cdot g \text{ dinas}$$

$$E = V \cdot d_l \cdot g \text{ dinas} = V \cdot d_l \text{ gr-peso. (38)}$$

El empuje que produce un líquido sobre un cuerpo sumergido en él es igual al peso de la porción líquida desalojada por el volumen del cuerpo.

Pueden ocurrir tres casos:

- 1) El propio peso del cuerpo es mayor que el empuje que recibe; entonces se hunde.
- 2) El peso del cuerpo es igual al empuje, lo que indicaría que el sólido es de igual densidad que el líquido. Como resultado el cuerpo se mantendrá entre dos aguas: ni sube, ni baja.
- 3) El peso del cuerpo totalmente sumergido es menor que el empuje. En este caso, una porción del cuerpo saldrá del líquido hasta que el empuje de la parte sumergida equilibre el peso total del cuerpo.

Un cuerpo flotante está en equilibrio, cuando su peso es igual al peso del líquido que desaloja su parte sumergida:

$$\text{Peso del cuerpo} = \text{Empuje.} \dots \dots \dots (39)$$

Se entiende por centro de presión el centro de gravedad de la masa líquida desalojada, el cual es a la vez el punto de aplicación del empuje.

- 1) Actúa verticalmente hacia abajo el propio peso del cuerpo aplicado en su centro de gravedad.
- 2) Verticalmente hacia arriba recibe el cuerpo el empuje, aplicado en el centro de presión.

Ambas fuerzas forman un par que tiende a imprimir al cuerpo un movimiento de rotación.

¿De qué depende el equilibrio de un cuerpo flotante?

El equilibrio de un cuerpo flotante depende de la posición de su centro de gravedad con respecto al centro de presión. Cuando ambos centros se encuentran sobre la misma vertical, habrá equilibrio estable, si el centro de gravedad está más bajo que el centro de presión. Si ambos centros coinciden, el equilibrio será indiferente y cuando el centro de gravedad está verticalmente encima del centro de presión, el equilibrio es inestable.

¿Qué otro centro más determina por su colocación la estabilidad de un cuerpo flotante que va tomando una posición inclinada?

Se entiende por metacentro el punto de intersección de la línea central con la vertical que pasa por el centro de presión, estando el cuerpo flotante inclinado. Cuando el metacentro está más alto que el centro de gravedad, el equilibrio es estable.

Diga la definición de la densidad de un cuerpo.

Se asigna la unidad de la densidad a aquella substancia que tiene la masa de 1 gr en 1 cm³ de su volumen; tal cuerpo es el agua destilada a la temperatura de 4° Celsius.

¿Qué datos se deben tomar en cuenta

Siendo la densidad el cociente entre la masa y el volumen de un cuerpo, basta cono-

Densidad = $\frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$ $D = \frac{m}{v} \frac{gr}{cm^3}$ (40)

Se asigna la unidad de la densidad a aquella substancia que tiene la masa de 1 gr en 1 cm³ de su volumen; tal cuerpo es el agua destilada a la temperatura de 4° Celsius.

Siendo la densidad el cociente entre la masa y el volumen de un cuerpo, basta cono-

para calcular la densidad de un cuerpo?

¿Cómo se determina el volumen de un cuerpo sólido?

¿Qué cuerpos se prestan para la determinación de su volumen mediante el principio de Arquímedes?

¿Cómo se procede en la ejecución del método?

Cuando un cuerpo sólido flota en el agua por ser de **menor densidad** que ésta, ¿cómo se determina su densidad?

cer estos datos y efectuar la división. Se obtiene la masa de un cuerpo pesándolo en una balanza.

Si es de forma geométrica (cubo, prisma, esfera), se determina el volumen del cuerpo por el cálculo de acuerdo con la fórmula matemática respectiva.

Mediante el principio de Arquímedes se determina la densidad de los cuerpos sólidos de cualquier forma, más densos que el agua y no alterables por ella.

Según el principio de Arquímedes, a un cuerpo sumergido en el agua, por cada gramo que pierde de peso le corresponde 1 cm^3 de volumen, así que el valor del empuje en el agua expresado en gramos, es igual al volumen del cuerpo medido en cm^3 .

Se pesa el cuerpo en el aire; sea m_1 su masa. Se sumerge el cuerpo colgado de un hilo, en agua, anotando su peso menor que sea m_2 . Se obtiene el volumen del cuerpo, que es igual a la pérdida de peso, restando m_2 de m_1 ; $= m_1 - m_2$. Sustituyendo los valores de la masa y del volumen en (40), se llega a la fórmula apropiada para el presente caso:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \quad D = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \frac{gr}{\text{cm}^3} \quad (41)$$

En este caso se efectúan tres pesadas:

1) Se pesa el cuerpo puesto en el platillo de una balanza; sea su masa $= m_1$. — 2) Se quita el cuerpo del platillo y se pone sobre él un vaso con agua designando su masa $= m_2$. — 3) En el agua del vaso sobre el platillo se sumerge totalmente mediante un alambre el cuerpo obteniéndose el tercer dato $= m_3$.

La diferencia $m_3 - m_2$ da el volumen del cuerpo y la fórmula (40) toma para este caso la forma siguiente:

$$D = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \frac{gr}{\text{cm}^3} \dots\dots\dots (41 \text{ b})$$

¿Qué procedimientos conoce Ud. para determinar la densidad de los líquidos?

1) De acuerdo con la ley de los vasos comunicantes con líquidos de distinta densidad, se aplica la fórmula: (37 a) $h_a : h_l = d_l : d_a$ la cual expresa que las alturas de las columnas líquidas son inversamente proporcionales a sus densidades.

2) Usando un **picnómetro** se pesa primero este pequeño frasco vacío; su masa sea $= m_1$. Luego se pesa el picnómetro lleno de agua $= m_2$. Finalmente se lo pesa con igual cantidad del líquido de que se trata $= m_3$.

La diferencia $m_3 - m_1$ es la masa del líquido. La diferencia, $m_2 - m_1$, es la masa del agua e indica a la vez el volumen del picnómetro o su capacidad en cm^3 .

Con estos datos la fórmula (40) se transforma en la siguiente:

$$D = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \frac{gr}{cm^3} \dots \dots \dots (42)$$

3) Sirven también los **areómetros** que son flotadores de vidrio en forma de tubos graduados que se hunden tanto más en un líquido cuanto menor sea la densidad de éste.

Para graduar el instrumento se lo introduce en agua destilada de $15^\circ C$. y se marca en la línea de flotación el número 100. Después se divide la longitud de la parte sumergida en 100 partes iguales y se continúa la escala más allá de 100.

Estos areómetros se conocen con el nombre de volúmetros, porque las divisiones de su escala expresan el volumen de la parte sumergida n_{vol} .

El volúmetro es una aplicación de la ley de los cuerpos flotantes:

Peso del volúmetro = al empuje = al peso del líquido desalojado.

En el agua:

$$\text{Peso del volúmetro} = 100 \cdot da \quad gr-p$$

¿Cuál es la norma que debe seguirse para confeccionar la escala de un **areómetro**?

¿Con qué nombre especial se designan estos areómetros?

¿En qué ley está basado el empleo del volúmetro?

¿Qué son densímetros?

¿Para qué sirven los alcoholímetros?

¿Qué cualidades caracterizan a los gases?

En otro líquido:

Peso del volúmetro = $n_v \cdot d_l \text{ gr-p}$.
Por consiguiente:

$$n_v \cdot d_l = 100 \cdot d_a$$

$$D_{\text{líquido}} = \frac{100}{n_{\text{vol}}} \cdot d_{\text{agua}} \dots \dots \dots (43)$$

Los densímetros indican en su escala directamente la densidad por la lectura del número al nivel del líquido en que flotan.

Un alcoholímetro es un densímetro graduado de tal manera que, al sumergirlo en una mezcla de alcohol y agua, el número en el punto de enrase indica el tanto por ciento del volumen de alcohol contenido en la mezcla.

AEROMECANICA

1) Los gases se caracterizan por no tener forma ni volumen propios. Sus moléculas están dotadas de gran movilidad debido a la falta de cohesión entre ellas y por eso un gas ocupa íntegramente el volumen del vaso en que está encerrado.

2) Lo más propio de los gases es su elasticidad; teniendo una gran compresibilidad y expansibilidad o fuerza expansiva, tienden siempre a ocupar todo el espacio que se les presenta. Los gases se consideran formados por moléculas que se agitan con rápidos movimientos de traslación chocando frecuentemente entre sí y con las paredes que limitan el espacio en que se encuentran. La resultante de los continuos choques contra las paredes del recipiente es la presión ejercida por el gas.

3) Como todos los cuerpos, los gases tienen peso. Además, de la misma manera que un líquido, una masa gaseosa transmite en todas las direcciones una fuerza que se ejerce sobre ella. Rigen también para los gases los principios de Pascal y de Arquímedes debidamente modificados.

¿En qué se diferencia el propio peso del gas de su fuerza expansiva?

¿En qué **unidad** se mide la **presión de un gas**?

¿Qué se entiende por **presión atmosférica normal**?

¿Cómo se determina el valor de la presión atmosférica?

¿Por qué se mantiene en equilibrio dentro del tubo una determinada columna de mercurio?

El peso propio del gas es una fuerza que se dirige verticalmente hacia abajo, pero la tensión del gas actúa en todas las direcciones sobre las paredes del vaso con igual intensidad y su valor es independiente del peso del gas.

Si fuese posible sustraer un gas a la acción de la gravedad de tal modo que la masa gaseosa perdiera su peso, subsistiría sin embargo la tensión producida por sus fuerzas elásticas contra las paredes del vaso.

La tensión o presión ejercida por un gas se mide y se expresa en comparación con la presión de nuestra atmósfera.

Se entiende por presión atmosférica normal la que equilibra una columna de mercurio de 76 cm de altura a 0° de temperatura y al nivel del mar. Su valor numérico es de

$$1\,033 \frac{\text{gr} \cdot \text{p}}{\text{cm}^2}$$

Se mide la presión atmosférica por el experimento de Torricelli: Se llena de mercurio un tubo de vidrio cerrado en un extremo, se tapa con el dedo el extremo abierto, se le da vuelta y se lo coloca en una cubeta con mercurio. Al destapar el extremo que quedó sumergido en el mercurio, se observa que la columna mercurial desciende en el tubo hasta que su nivel se mantiene aproximadamente a 76 cm de altura sobre la superficie libre del mercurio que hay en la cubeta, si el experimento se realiza a poca altura geográfica.

La causa es que sobre el mercurio exterior actúa el aire con una fuerza que sostiene el peso de la columna mercurial en el tubo. Dicha fuerza es la presión atmosférica que por consiguiente debe ser igual al peso de una columna de mercurio de 76 cm de altura y de 1 cm² de sección:

$$\text{Presión} = h \cdot d_1 = 76 \cdot 13,596 = 1033 \frac{\text{gr} \cdot \text{p}}{\text{cm}^2} \quad (44)$$

Citar los experimentos que permiten comprobar la presión atmosférica.

¿De qué instrumentos nos servimos para medir la presión atmosférica?

¿En cuántos tipos se dividen los **barómetros** según su construcción?

¿Cuántas clases de **barómetros de mercurio** hay?

1) Si a un vaso lleno de agua se le cubre con un papel y se lo invierte, el papel y el líquido se sostienen por la presión atmosférica. 2) Extrayendo el aire de un vaso cilíndrico cerrado por una membrana elástica, ésta se estira y llega a romperse. 3) Para llenar un tubo con un líquido, basta meter uno de sus extremos en éste y aspirar el aire por el otro extremo. La pipeta y el cuentagotas. 4) Los hemisferios de Magdeburgo que se mantienen fuertemente unidos, cuando entre ellos hay un vacío.

Los instrumentos que sirven para medir la presión atmosférica y sus variaciones son los barómetros. En la práctica se expresa la presión barométrica generalmente en milímetros de mercurio.

Los barómetros se dividen en dos tipos: los de mercurio y los metálicos. Los barómetros de mercurio se construyen de acuerdo con la experiencia de Torricelli y los metálicos se fundan en las variaciones de forma que por la presión atmosférica sufre un depósito de paredes elásticas del cual se ha extraído el aire.

1) El barómetro de cubeta que se compone de un tubo de Torricelli con una cubeta adecuada y con una regla graduada cuyo cero ha de coincidir con el nivel del mercurio en la cubeta, para efectuar una lectura exacta de la presión.

2) El barómetro de Fortin que es un barómetro de cubeta con la particularidad de que la parte inferior de la misma, que es una bolsita de gamuza, puede levantarse o bajarse por medio de un tornillo hasta que la superficie del mercurio se ponga en contacto con una punta de marfil que marca el cero de la escala del instrumento.

3) El barómetro de Gay-Lussac que consta de un tubo de vidrio en forma de U, cuya rama larga está cerrada y la corta está abierta.

¿Cuál es la parte esencial de un **barómetro metálico o aneroides**?

La altura barométrica se mide por la distancia vertical entre las superficies del mercurio en ambas ramas.

Lo esencial del barómetro de Vidi es una caja de metal sin aire en su interior y cuya tapa es una lámina elástica, sostenida por un resorte. Al aumentar la presión del aire, la tapa se hunde y por medio de un sistema de palancas se transmite este movimiento insignificante a una aguja que recorre un arco graduado en una escala correspondiente a las variaciones de un barómetro de mercurio.

Si el barómetro metálico posee una aguja inscriptora que marca sus posiciones sucesivas sobre un cilindro giratorio recubierto por una hoja de papel, se lo llama **barógrafo** o **barómetro registrador**.

¿Qué aplicaciones tienen los **barómetros**?

1) Puesto que la presión atmosférica disminuye con la altura de un lugar, se utilizan los barómetros para determinarla por la diferencia de presiones entre dos puntos de observación. A la disminución de la presión atmosférica en 1 mm corresponde una elevación de 10,5 metros. Un **altímetro** es un barómetro aneroides que lleva una escala con la anotación de los metros de altura que corresponden a las presiones atmosféricas.

2) Por medio de los barómetros se observan en un lugar determinado las variaciones de la presión atmosférica como indicios que permiten prever los cambios de tiempo. **Barómetro alto**, indica buen tiempo, y **barómetro bajo**, lluvia y viento.

¿Para qué sirven las **máquinas neumáticas**?

Máquinas neumáticas son aparatos destinados a producir un enrarecimiento de aire o un vacío en recipientes cerrados.

Describe una **máquina neumática**.

1) La **máquina neumática ordinaria** consta de un cuerpo de bomba que es un cilindro en cuyo interior se mueve un émbolo. Este cilindro está unido por un tubo con la platina

que sirve de fondo a la campana de vidrio de la cual se quiere extraer el aire. Entre el cuerpo de bomba y la platina está colocada una llave de tres vías que permite las siguientes comunicaciones: la campana con el cuerpo de bomba para la expansión del aire mientras que el émbolo corre hacia afuera; —el cuerpo de bomba con el aire exterior para expulsar el aire que ha pasado al cilindro; —la campana con el aire exterior.

2) La trompa de agua por la cual se obtiene fácilmente una disminución de presión por el arrastre del aire que produce un rápido chorro de agua al pasar, bajo presión, de un tubo estrecho a otro más ancho. La pequeña ampollita en que están colocados estos tubos uno frente al otro, se comunica por una manguera con el vaso del cual se quiere sacar el aire.

Explique la acción ejercida por la presión atmosférica al trasegar un líquido mediante un sifón.

El sifón está formado por las dos ramas desiguales de un tubo encorvado. Para usarlo es necesario llenar de líquido al tubo cuya rama corta se introduce luego en el líquido contenido en el depósito superior. Después se destapa la otra rama estableciéndose una corriente del líquido hacia el vaso inferior.

Para explicar este fenómeno averiguamos qué presiones actúan sobre uno y otro lado de la sección del líquido que ocupa la parte más alta de la curvatura del sifón.

La presión atmosférica, designada por b , es igual en ambos extremos del tubo. Pero el peso de la columna líquida contenida en la rama corta, cuya distancia vertical entre la parte más alta del sifón y el nivel del líquido en el depósito superior sea h , es menor que el peso de la columna contenida en la rama larga, cuya altura sea H :

Sea mercurio el líquido que pasa por el sifón. Entonces resulta que las presiones en la sección superior del tubo serán: en la parte correspondiente a la rama corta, $p_1 = b - h$

¿Cómo se enuncia el principio de Arquímedes aplicado a los gases?

¿Cómo se comprueba experimentalmente que existe este empuje de abajo hacia arriba sobre un cuerpo sumergido en un gas?

¿En qué forma se ha aprovechado el empuje ejercido sobre cuerpos más livianos que el peso del aire desplazado por ellos?

¿Qué se entiende por fuerza ascensional del globo?

y en la de la rama larga, $p_2 = b - H$. Por ser H mayor que h , se deduce que la presión p_1 , la del lado de la rama corta, también será mayor que la presión p_2 en la rama larga.

Como las presiones en la sección superior del sifón son desiguales, no hay equilibrio y se producirá un movimiento del líquido que asciende por la rama corta y desciende por la larga cuyo extremo debe estar a un nivel inferior que el del líquido contenido en el depósito.

Todo cuerpo sumergido en un gas pierde aparentemente tanto de su peso cuanto es el peso del gas desalojado por el volumen del cuerpo.

Mediante una balanza se equilibran en el aire dos cuerpos de distinto volumen, p. ej., una ampolleta de vidrio y una pesa maciza de metal. Se coloca el aparato que se llama «baroscopio» debajo de la campana de una máquina neumática, y a medida que se enrarece el aire, el empuje sobre los dos cuerpos va desapareciendo. Por el mayor volumen de su masa, la ampolleta de vidrio recibía en el aire un empuje mayor que el cuerpo de metal; pero en el aire enrarecido la balanza se desequilibra poniéndose en evidencia el mayor peso que posee en el vacío la masa de vidrio.

Los globos aerostáticos se basan en el empuje de acuerdo con el principio de Arquímedes para los gases.

El globo está constituido por una envoltura de tela resistente, cubierta por una red de mallas que terminan en un arco del cual cuelga la cesta o barquilla destinada a recibir el equipo. Se llenan los globos con hidrógeno (1 litro pesa 0,089 gr) o con gas de alumbrado (1 litro = 0,57 gr).

Se da el nombre de fuerza ascensional a la diferencia que existe entre el empuje y el peso total del globo. Designando por V el volu-

men del globo; por d_a la densidad del aire y por d_g la del gas, resulta:

$$\text{Empuje} = \text{peso del aire desplazado} = V \cdot d_a \text{ gr-p o } Kg-p$$

Peso del globo:

$$\text{peso del gas en el globo} = V \cdot d_g \text{ Kg}$$

$$\text{peso de los materiales, etc.} = P \quad »$$

$$\text{Fuerza ascensional} = V \cdot d_a - (V \cdot d_g + P) \quad (45)$$

MECANICA (5.º Año de Hmdes.)

¿Cuáles son las principales fórmulas estudiadas en el 4.º Año que se refieren al movimiento rectilíneo?

En el 4.º Año se han estudiado las siguientes fórmulas relacionadas con el movimiento rectilíneo:

- 1) Movimiento uniforme, (2) $s = v \cdot t \text{ cm.}$
- 2) Movimiento uniformemente acelerado, (4)

$$a = \frac{v_f}{t} = \frac{cm}{seg^2} \text{ o } cm \text{ seg}^{-2}$$

- 3) Movimiento uniformemente acelerado o retardado con velocidad inicial (v_1).

$$(5 \text{ y } 6), V_{\text{final}} = v_1 \pm a \cdot t \text{ cm seg}^{-1}$$

$$(7) t_{\text{máx.}} = \frac{v_1}{a} \text{ seg.}$$

¿Conoce Ud. un método gráfico para representar el espacio recorrido por un cuerpo con movimiento uniforme?

Se traza una recta horizontal y otra vertical de modo que formen los lados de un ángulo recto cuyo vértice será el punto de origen desde el cual se divide cada recta en segmentos iguales, representando los del eje horizontal (abscisa) las unidades del tiempo y los del eje vertical (ordenada) las unidades de la velocidad. En cada uno de los puntos de la abscisa se levantan perpendiculares que representan la velocidad del movimiento, y como ésta se mantiene constante, resulta, al unir sus extremos, una recta paralela al eje del tiempo, la cual forma un rectángulo con la parte del eje de tiempo que indica el número de segundos que duró el movimiento.

¿Cómo se representa gráficamente el camino recorrido por un móvil con movimiento uniformemente acelerado?

El área del rectángulo formado por la base t y la altura v representa el espacio recorrido por el cuerpo con movimiento uniforme de acuerdo con la fórmula: $s = v \cdot t \text{ cm}$.

Como en el caso análogo del movimiento uniforme, se trazan los ejes del tiempo y de la velocidad. En el punto final del 1.º segmento que representa al 1.º seg, se levanta la vertical que expresa el valor de la velocidad final alcanzada durante ese seg, la cual es igual a la aceleración a . En el punto marcado como término del 2.º seg, se levanta la vertical $= 2a$, y al final de t seg, se tendrá una altura $= t \cdot a$.

Al unir los extremos de estas verticales se obtiene una recta inclinada con respecto a los ejes la cual pasa por el punto de origen y resulta un triángulo rectángulo cuya base es t y cuya altura es la velocidad final $t \cdot a$. El área de este triángulo representa el valor del espacio recorrido que designamos por s .

$$\text{Resulta: } s = \frac{t \cdot t a}{2} \quad s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \text{ cm} \quad (46)$$

En palabras: El camino recorrido por un cuerpo con movimiento uniformemente acelerado es igual al producto de la mitad de la aceleración por el cuadrado del tiempo.

¿Qué modificación introduce en la fórmula del camino recorrido con movimiento uniformemente acelerado la circunstancia de que el cuerpo partió con velocidad inicial?

A la velocidad inicial v_1 con que partió el cuerpo y que se mantiene constante, se le añade la velocidad que va adquiriendo por la aceleración según la fórmula (4). El gráfico que representa el camino total recorrido será, en este caso, la construcción de la suma de las áreas del rectángulo correspondiente al movimiento uniforme (2) y del triángulo rectángulo representativo del movimiento uniformemente acelerado (46), suponiendo para ambos igual tiempo.

Por este razonamiento se establece la fórmula:

¿Puede Ud. agregar una deducción matemática que conduzca a esa misma fórmula (47 a)?

Hay una fórmula breve para calcular el camino máximo que el cuerpo recorre con movimiento uniformemente retardado hasta detenerse, ¿cuál es ésta?

$$s = V_1 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2 \text{ cm} \dots \dots \dots (47a)$$

Cuando el movimiento es uniformemente retardado, la aceleración se considera negativa, y se llega a la fórmula:

$$s = V_1 \cdot t - \frac{a}{2} \cdot t^2 \text{ cm} \dots \dots \dots (47b)$$

Un cuerpo dotado de movimiento uniformemente acelerado con velocidad inicial, avanza, en un tiempo dado, un trecho que es igual al camino que recorrería al moverse con una velocidad constante que sea igual al promedio de la velocidad inicial y la final;

$$V_{\text{media}} = \frac{v_1 + v_f}{2} \quad \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

Desde este punto de vista, el camino se expresaría por la fórmula: $s = \text{velocidad media}$

$$\times \text{tiempo} = \frac{v_1 + v_f}{2} \cdot t \text{ cm.}$$

Recordando que la velocidad final tiene la expresión: $v_f = v_1 + a \cdot t \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$, puede escribirse la fórmula anterior también en esta forma:

$$s = \frac{v_1 + (v_1 + a t)}{2} \cdot t$$

$$s = \frac{2 v_1 + a t}{2} \cdot t \text{ cm o sea:}$$

$$s = v_1 t + \frac{a}{2} \cdot t^2 \text{ cm} \dots \dots \dots (47 a)$$

Si en la fórmula (47 b) se reemplaza t por su valor (7), se obtiene:

$$s = v_1 \cdot \frac{v_1}{a} - \frac{a}{2} \frac{v_1^2}{a^2} s_{\text{máx.}} = \frac{v_1^2}{2a} \text{ cm} \dots \dots (48)$$

El camino máximo que puede recorrer un cuerpo dotado de movimiento uniformemente retardado se obtiene dividiendo el cuadrado de la velocidad inicial por el duplo de la aceleración.

Construya la trayectoria que describe un cuerpo lanzado en dirección horizontal desde cierta altura.

Si no existiera la fuerza de gravedad, ni la resistencia del aire, un cuerpo lanzado horizontalmente desde cierta altura seguiría en línea recta con movimiento uniforme, y los espacios recorridos por él serían proporcionales a los intervalos de tiempo;

$$s_1 : s_2 : s_3 = t_1 : t_2 : t_3.$$

Pero la gravedad hace descender el cuerpo con movimiento uniformemente acelerado por espacios que, medidos desde el punto de origen, son proporcionales a los cuadrados de los momentos de tiempo; $S_1 : S_2 : S_3 = t_1^2 : t_2^2 : t_3^2$.

Dando valores por medio de segmentos iguales al supuesto espacio (s) recorrido sobre la horizontal durante el tiempo dado y al descenso vertical (S) por trazos desde el punto de origen que estén entre sí como 1 : 4 : 9 : 16, se pueden marcar después, por composición de ambos movimientos, los puntos que en realidad va ocupando el cuerpo en el espacio. Mediante una línea curva se unen estos puntos y se obtiene la parábola de lanzamiento. ($y = x^2$ es la ecuación de la parábola).

Por el mismo método de la composición de los movimientos componentes se obtendrá la parábola que describe un cuerpo lanzado al espacio en dirección oblicua.

A la acción de una fuerza de dar movimiento a un cuerpo, ¿en qué condición se la llama impulso?

Cuando la acción de una fuerza de dar movimiento a un cuerpo dura poco tiempo, se la llama impulso, y el producto de la fuerza por el tiempo durante el cual ha actuado, expresa el valor del impulso de la fuerza:

$$\text{Impulso} = F \cdot t \quad \frac{\text{gr cm}}{\text{seg}} \dots\dots\dots (49)$$

¿Qué clase de movimiento producirá la fuerza durante el corto tiempo que dura su acción sobre el cuerpo?

Durante el corto tiempo que dura la acción de la fuerza, el cuerpo ha de moverse con movimiento uniformemente acelerado. En virtud de la fórmula, $F = m a$, la masa m adquiere la aceleración, $a = \frac{F}{m}$. Sustituyen-

¿Con qué nombre se designa en Física el producto $m \cdot v$?

¿Cuándo se dice en Física que un cuerpo posee **energía**?

¿De cuántas clases es la **energía mecánica**?

¿De qué factores depende la **energía cinética**?

¿Qué relación guardan entre sí los **valores de la energía cinética y del trabajo correspondiente**?

do a por su valor $= \frac{v}{t}$, resulta que $\frac{v}{t} = \frac{F}{m}$ y multiplicando entre sí los medios y extremos de esta proporción, se obtiene:
 $F \cdot t = m \cdot v \dots\dots\dots (50)$

Al producto $m \cdot v$ se le llama cantidad de movimiento. **El impulso es igual a la cantidad de movimiento.**

Se dice que un cuerpo posee energía, cuando puede producir un trabajo; p. ej., un resorte comprimido efectuará un trabajo al estirarse; las ruedas hidráulicas giran impulsadas por una corriente de agua.

En mecánica, la energía se llama **potencial** cuando un cuerpo con disposición para desarrollar trabajo, se encuentra en reposo (un resorte comprimido, un cuerpo suspendido, etc.) y se da el nombre de **energía cinética** a la capacidad de efectuar trabajo que posee un cuerpo dotado de cierta velocidad.

La energía cinética depende de la velocidad y de la masa del cuerpo y se la mide por el trabajo que el cuerpo puede ejecutar.

Para dar a la masa m cierta velocidad v debe actuar sobre ella durante algún tiempo una fuerza, $F = m \cdot a$, por cuya acción el cuerpo recorre con movimiento uniforme-

mente acelerado cierto espacio, $s = \frac{a}{2} \cdot t^2$.

Partimos de estas dos fórmulas y las multiplicamos miembro por miembro:

$$F = m \cdot a$$

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2$$

$F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot a^2 \cdot t^2$ Recordando que $a \cdot t = v$, podemos transformar esta ecuación en
 $F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ erg} \dots\dots\dots (51)$

Ponga un ejemplo de energía potencial.

¿Puede transformarse la energía cinética en energía potencial?

¿Qué principio se deduce de la transformación de la energía de una forma en la otra?

¿Qué efecto de deformación puede producir una fuerza por su acción sobre un cuerpo inmóvil?

Dé la definición de la elasticidad.

En palabras: Para darle a la masa m la velocidad v por medio de una fuerza F , ésta tiene que efectuar un trabajo igual a la mitad del producto de la masa por el cuadrado de la velocidad. La expresión, $\frac{1}{2} m \cdot v^2$, representa el valor de la energía cinética.

Un cuerpo suspendido tiene energía potencial, porque cuando se le quita el sostén, el cuerpo empieza a moverse por sí solo efectuando su peso el trabajo, $T = mg \cdot h$, que mide la energía inicial del cuerpo.

Sí, cuando se lanza una masa m con la velocidad inicial v_i verticalmente hacia arriba, su energía cinética, en el momento de partir es: $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v_i^2$. Al subir el cuerpo, su energía cinética va disminuyendo a medida que disminuye su velocidad; pero como se eleva cada vez a mayor altura, va adquiriendo energía potencial en tal cantidad que en cualquier punto de su trayectoria, la suma de la energía potencial adquirida más la energía cinética que conserva es igual a la energía primitiva.

De la observación y comprobación experimental que en todas las transformaciones energéticas la suma de las energías que intervienen permanece constante, se deduce el principio de la conservación de la energía que dice: **La energía total de un sistema en todo momento es constante.**

Si la fuerza actúa por tracción o por presión, la longitud del cuerpo se alargará o se acortará en cierto valor, deformación que puede resultar definitiva o transitoria según sea la intensidad de la fuerza aplicada y la elasticidad del cuerpo.

La elasticidad es la propiedad de un cuerpo de recuperar por sí mismo su forma inicial, cuando cesa la acción de la fuerza que le había deformado.

¿Qué se entiende por límite de elasticidad?

¿Cómo se define el coeficiente de elasticidad?

¿De qué condiciones depende el alargamiento que experimenta un cuerpo elástico por una fuerza de tracción? (Ley de Hooke)

¿Qué se entiende por coeficiente de torsión?

¿Qué ley rige el fenómeno de la torsión?

¿Qué efecto producen las variaciones de presión sobre el volumen de un líquido contenido en un vaso resistente?

Definición del coeficiente de compresibilidad de un líquido?

Es la mayor carga que puede sufrir un cuerpo sin perder su elasticidad. Si p. ej., este valor es para el cobre = 1 200, esto significa que una varilla de cobre, de 1 cm² de sección, de la cual cuelga un peso inferior a 1 200 Kg, al suprimir la carga, vuelve a la longitud inicial.

Se llama coeficiente de elasticidad al alargamiento que experimenta un cuerpo de 1 cm de largo, de 1 cm² de sección por una fuerza de 1 Kg-peso. Se lo designa por la letra ϵ ; su valor para el cobre es 0,000 008 cm.

El alargamiento del cuerpo es directamente proporcional: 1) a su longitud L ; 2) a su coeficiente de elasticidad (ϵ); 3) a la carga F y 4) es inversamente proporcional a su sección s .

Esta es la ley de Hooke que, designando el alargamiento por λ se expresa por la fórmula:

$$\lambda = \frac{\epsilon LF}{s} \text{ cm} \dots\dots\dots (52)$$

El coeficiente de torsión indica el ángulo por el cual giran dos secciones paralelas de un cuerpo cilíndrico de 1 cm de longitud y de 1 cm² de sección, cuando se le aplica el momento de fuerza de 1 Kg con brazo de 1 cm.

Los ángulos de torsión son directamente proporcionales a las intensidades de las fuerzas aplicadas.

Un aumento de presión produce una disminución de volumen del líquido aunque en muy pequeña cantidad. Si se quita la presión ejercida sobre el líquido, éste recobra, mediante sus fuerzas elásticas, íntegramente su volumen primitivo.

El coeficiente de compresibilidad indica la reducción de volumen que experimenta cada cm³ de un líquido por un aumento de presión de 1 atm. Su valor para el agua es 0,000 050.

¿A qué clase de movimiento se le da el nombre de curvilíneo circular?

¿De cuántas clases puede ser el movimiento circular?

¿Qué se entiende por radio vector?

¿Cuál es la condición que caracteriza al movimiento circular uniforme?

¿Cómo se define la velocidad circunferencial o tangencial v_c ?

¿Cómo se determina la fórmula que exprese el valor de la velocidad circunferencial?

Defina la velocidad angular V_a .

¿En qué medida de ángulo expresa la física los ángulos en este caso?

II MECANICA (6.º Año de Humdes.)

Movimiento curvilíneo circular es el que tiene un punto material que se mueve sobre una circunferencia.

Este movimiento puede ser uniforme o variado, y este último acelerado o retardado, entendiendo estas ideas de la misma manera que en el movimiento rectilíneo.

Recibe el nombre de radio vector el radio de la circunferencia recorrida por el cuerpo.

Un cuerpo se mueve con movimiento circular uniforme, cuando en tiempos iguales recorre arcos iguales.

La velocidad circunferencial es la longitud numérica del arco recorrido por el móvil en 1 segundo. Se la representa por un vector que es tangente a la circunferencia en el punto considerado de la curva.

Si se designa por n el número de vueltas, con r el radio vector y con t el número de segundos, resulta:

$$\text{El camino recorrido} = 2 \pi r n \text{ cm. (53a)}$$

$$\text{La velocidad circunferencial} = \frac{2 \pi \cdot r \cdot n}{t} \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \dots \dots \dots (53b)$$

La velocidad angular V_a es el ángulo que describe el radio vector en 1 segundo. Se la designa generalmente por la letra ω (omega).

Si el móvil recorre el ángulo a en el tiempo de t seg, resulta:

$$\text{La velocidad angular} = \frac{a}{t} \frac{\text{grados}}{\text{seg}} \quad (54)$$

La unidad de ángulo empleada con frecuencia en la física es el radián, que es el ángulo del centro al cual corresponde un arco de longitud igual al radio de la circunferencia.

Equivalencias:

$$\alpha \text{ (radianes)} = \frac{\text{longitud arco}}{\text{longitud radio}} \dots \dots (55)$$

$$1 \text{ vuelta} = 1 \text{ circunferencia} = 360^\circ = 2 \pi \text{ radianes}$$

$$1 \text{ radián} = \frac{360}{2 \pi} = 57^\circ 17' 45''$$

$$1^\circ (\text{grado}) = \frac{2 \pi}{360} = 0,01745 \text{ radián}$$

¿Qué relación existe entre la velocidad circunferencial y la velocidad angular?

Como se deduce de la fórmula (55) que la longitud de un arco es igual al producto del radio por el ángulo expresado en radianes, resulta:

$$v_c = v_a \cdot r \quad \text{cm} \dots \dots \dots (56)$$

En palabras: La velocidad circunferencial es igual al producto de la velocidad angular por el radio.

¿Qué fuerzas intervienen en el movimiento circular uniforme?

Cuando un cuerpo se mueve con velocidad constante sobre una circunferencia, tiende él, de acuerdo con el principio de la inercia, a lanzarse en cada instante con movimiento rectilíneo uniforme en la dirección tangencial a la curva y para obligarlo a recorrer la circunferencia, debe intervenir una fuerza constante dirigida hacia el centro, la cual hace girar al vector que representa la velocidad tangencial en cada punto de la órbita.

Esta fuerza que obliga constantemente al cuerpo a variar de dirección, se llama la **fuerza centrípeta**, que se hace actuar sobre el móvil de diversos modos; por ejemplo, por el hilo que sujeta una piedra y a la cual se hace girar en torno de la mano.

La reacción debida a la inercia del cuerpo, es una fuerza contraria e igual a la primera que se llama **fuerza centrífuga**. Si la fuerza centrípeta cesa por cualquier causa, por ejemplo, rompiéndose el hilo en el caso de la

¿Cuál es la fórmula que expresa la aceleración centrípeta en el movimiento circular uniforme?

Analizando el movimiento de un punto material sobre una circunferencia, ¿cómo podemos demostrar por deducciones matemáticas que el valor de la aceleración centrípeta del movimiento circular uniforme es $= \frac{V_c^2}{r}$?

piedra que gira, en el mismo instante desaparecerá también la fuerza centrífuga, pero por la inercia el cuerpo sigue moviéndose en la dirección de la tangente correspondiente al último punto que ocupó sobre la circunferencia.

El valor de la **aceleración** centrípeta a_c del movimiento circular uniforme se expresa por el **cuociente** del cuadrado de la velocidad circunferencial por el radio, o también por el **producto del cuadrado** de la velocidad angular por el radio; en fórmulas:

$$\text{Aceleración centrípeta, } a_c = \frac{v_c^2}{r} \quad (57 a)$$

$$\text{o también; } a_c = v_a^2 \cdot r \text{ cm seg}^{-2} \dots \dots (57 b)$$

Sobre una circunferencia marquemos dos puntos cercanos A y C, ocupados sucesivamente por el móvil. El arco entre A C lo consideramos como la resultante de dos componentes: una representando el camino tangencial desde A, $s = v_c \cdot t$, y la otra, en direc-

$$\text{ción del camino hacia el centro} = \frac{a_c}{2} \cdot t^2,$$

producida por la fuerza centrípeta; a_c significa la aceleración centrípeta.

Tracemos el diámetro desde A al punto opuesto B y obtenemos el triángulo rectángulo A C B. Consideramos el cateto A C igual al camino tangencial que está expresado por $v_c \cdot t$. La proyección del cateto A C o de $v_c \cdot t$, determina sobre el diámetro el valor

$$\text{de la componente radial} = \frac{a_c}{2} \cdot t^2. \quad \text{De}$$

acuerdo con el teorema que un cateto es la media proporcional entre la hipotenusa y su proyección sobre ella, se establece la siguiente igualdad de productos:

¿Cómo se expresa el valor de la fuerza centrípeta?

$$(v_c \cdot t)^2 = \frac{a_c}{2} \cdot t^2 \cdot 2r$$

$$v_c^2 = a_c \cdot r$$

$$\frac{V_c^2}{r} = a_c$$

De la definición general de la fuerza ($F = m a$) deducimos **que la fuerza centrípeta se expresa por el producto de la masa por la aceleración centrípeta, o sea:**

$$F_c = m \cdot \frac{v_c^2}{r} \text{ dinas; } \dots \dots \dots (58a)$$

$$\text{o también, } F_c = m \cdot v_a^2 \cdot r \text{ dinas } \dots \dots (58b)$$

Esta última ecuación indica que la fuerza centrípeta es proporcional:

- 1) a la masa del cuerpo que gira,
- 2) al radio de la circunferencia que describe, y
- 3) al cuadrado de su velocidad **angular**.

¿Puede Ud. indicar algunos efectos de la fuerza centrífuga?

La existencia de la fuerza centrífuga se nota en los virajes rápidos de los autos y para contrarrestarla se eleva en las curvas la parte exterior de las pistas; en las curvas el ciclista y el jinete deben inclinarse hacia adentro; en las curvas ferroviarias el riel exterior se halla más levantado. Aplicaciones de la fuerza centrífuga son: los reguladores centrífugos de las máquinas a vapor; las máquinas secadoras, las descremadoras y los centrifugadores.

¿Cómo se enuncian las leyes de Kepler sobre los movimientos de los planetas en torno del sol?

1) La órbita de cada planeta es una elipse que tiene al sol en uno de sus focos.

2) El radio vector que une al sol con el planeta se desliza sobre áreas iguales en intervalos de tiempo iguales.

3) Los cuadrados de los tiempos en que dos planetas efectúan sus revoluciones siderales en torno del sol, son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al sol.

$$T_1^2 : T_2^2 = D_1^3 : D_2^3 \dots \dots \dots (59)$$

¿Cuál es la ley de la gravitación universal formulada por Newton?

Los cuerpos se atraen con una fuerza proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

$$F = k \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \text{ dinas} \dots\dots\dots (60)$$

¿Qué se entiende por la constante de gravitación designada por k ?

La constante de gravitación k es la fuerza de atracción con que se atraen dos masas de 1 gr cada una, colocadas a la distancia de 1 cm la una de la otra; su valor es de 0,000 000 067 de dina.

¿Qué es un péndulo?

Recibe el nombre de péndulo todo cuerpo que puede oscilar alrededor de un eje fijo.

¿Cuántas clases de péndulos se distinguen?

1) El péndulo matemático o ideal que estaría constituido por un punto material que pendiese de un punto fijo por un hilo inextensible y sin peso.

2) El péndulo físico o compuesto que consiste en un cuerpo cualquiera suspendido por un eje.

¿Cuál es la causa que produce el movimiento de un péndulo?

La causa del movimiento del péndulo es la gravedad, ya que al sacar el cuerpo de su posición de equilibrio estable, su peso sigue actuando verticalmente hacia abajo.

Ahora bien, la aceleración g se puede descomponer en dos: una en la dirección del hilo, la que se anula por la resistencia de éste y la otra en dirección normal al hilo que está dirigida hacia la posición de equilibrio. Abandonando el péndulo a sí mismo en una posición extrema, su movimiento será acelerado mientras dure el descenso y retardado durante el subsiguiente trayecto ascendente.

¿Qué camino se considera como una oscilación completa del péndulo?

Una oscilación **completa** comprende el paso del péndulo de una posición extrema a la opuesta y la vuelta a la posición inicial. El paso del péndulo de una a otra de sus posiciones extremas recibe el nombre de una oscilación simple.

¿Qué fórmula se emplea en el cálculo del tiempo que demora la oscilación completa de un péndulo?

¿Qué leyes rigen las oscilaciones de los péndulos matemáticos?

Deduzca la fórmula para calcular «g».

¿A qué causas se atribuye la disminución de la fuerza de gravedad desde los polos al Ecuador?

Para calcular la duración de una oscilación completa se emplea la fórmula:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \text{ seg.} \dots\dots\dots (61)$$

Para un mismo péndulo no influye ni la amplitud de la oscilación, ni la masa del cuerpo, pues estos factores no figuran en la fórmula; g representa la aceleración de gravedad y l la longitud del péndulo matemático.

1) El tiempo de la oscilación o período no depende de la masa del cuerpo.

2) Para oscilaciones de pequeña amplitud, el tiempo de oscilación es independiente de la amplitud (ley de isocronismo).

3) En péndulos de distinta longitud, los tiempos de oscilación son proporcionales a las raíces cuadradas de las longitudes:

$$T_1 : T_2 = \sqrt{l_1} : \sqrt{l_2} \dots\dots\dots (62)$$

4) En distintos lugares de la tierra, los tiempos de oscilación de un mismo péndulo son inversamente proporcionales a las raíces cuadradas de las aceleraciones de la gravedad:

$$T_1 : T_2 = \sqrt{g_2} : \sqrt{g_1} \dots\dots\dots (63)$$

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot l}{T^2} \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} \dots\dots\dots (64)$$

La aplicación más importanté de la 4.^a ley consiste en la exacta determinación de la aceleración de gravedad por la observación de la duración de oscilación de un péndulo.

1) Por la forma achatada de la Tierra, el radio polar es menor que el ecuatorial y a la inversa, aumentará el valor de g , según la ley de Newton.

2) Por la rotación de la Tierra alrededor de su eje, las masas terrestres son impulsadas

hacia afuera por la fuerza centrífuga que se produce perpendicularmente al eje. Esta fuerza va disminuyendo del Ecuador a los polos por ser menores cada vez los radios de los círculos paralelos de nuestro globo.

Aplicando la fórmula de la aceleración centrípeta, se obtiene para un punto del Ecuador el valor de $3,47 \text{ cm seg}^{-2}$ y como la aceleración de gravedad observada en el Ecuador es $978,07 \text{ cm seg}^{-2}$, resulta el valor de $981,54 \text{ cm seg}^{-2}$ como el que correspondería a la gravedad en el Ecuador, si la Tierra no tuviera rotación.

¿En qué forma se aproxima un péndulo material a las condiciones del péndulo matemático?

Para la comprobación experimental de las leyes de las oscilaciones del péndulo, se debe usar un péndulo constituido por una pequeña esfera metálica atada al extremo de un hilo muy liviano, resistente y largo, para cumplir suficientemente las condiciones de un péndulo ideal.

¿Cómo se aplican las leyes pendulares a un péndulo físico?

Primeramente se determina «la longitud reducida» del péndulo físico. Para este fin se determina por observaciones el tiempo que dura una oscilación de ese péndulo físico y por la fórmula fundamental (61) se calcula la longitud que debería tener un péndulo matemático que tuviera su tiempo de oscilación igual al del péndulo físico.

Esta longitud aplicada sobre el péndulo físico a partir del punto de suspensión, se llama la longitud reducida del péndulo físico.

¿Qué se entiende por «péndulo de segundos»?

Péndulo de segundos es un péndulo de tal longitud que su oscilación simple dure 1 segundo ($l = 0,9936 \text{ m}$).

Si la oscilación completa debe ser de 1 segundo, la longitud será igual a $0,2484 \text{ m} = 24,84 \text{ cm}$.

¿Qué aplicación del péndulo conoce Ud?

Por su uniformidad del período de las oscilaciones, los péndulos sirven para regular la marcha de los relojes de péndulo.

¿Podría Ud. citar un ejemplo ilustrativo de un movimiento ondulatorio?

Un ejemplo de movimiento ondulatorio es el que se produce en un campo de espigas de trigo cuando una onda transversal se propaga por él. Si observamos un tragal agitado por el viento, veremos que cada espiga, impulsada por el aire, ejecuta en su sitio un movimiento de arriba abajo y de abajo arriba. Este movimiento que se debe a la perturbación de equilibrio de las espigas, se propaga por el campo originando las ondas que ponen todo el conjunto en movimiento ondulatorio. Además, como el movimiento de cada espiga se puede considerar perpendicular a la dirección en que avanza la onda por el campo, tenemos en este tragal un símil de una onda transversal.

Se representa una onda transversal por una línea curva compuesta de alturas y depresiones en forma de $\sim$.

Si uno apartase por medio de movimientos horizontales de los brazos las espigas entre sí, de modo que se formasen agrupaciones acá y separaciones de las espigas allá, resultaría la imagen de una onda longitudinal en que el movimiento oscilatorio de las partículas se efectúa en dirección paralela a la en que progresa la onda, compuesta en este caso por compresiones alternadas con dilataciones.

Cuando una causa cualquiera viene a alterar las posiciones de equilibrio de las moléculas en algún punto de un cuerpo elástico, la vibración se transmite a las moléculas inmediatas y de éstas sucesivamente a las demás de toda la masa. A la forma especial en que se propaga sucesivamente este movimiento rítmico entre las partículas del conjunto, se le da el nombre de onda.

1) El tiempo que transcurre durante 1 oscilación completa de una partícula, se llama período del movimiento oscilatorio. Se lo designa por la letra T.

TEORIA DE LAS ONDAS

¿Cómo se origina una onda tomando la palabra en el sentido de la física?

¿Cuáles son las magnitudes físicas que intervienen en el movimiento ondulatorio?

Cuando una causa cualquiera viene a alterar las posiciones de equilibrio de las moléculas en algún punto de un cuerpo elástico, la vibración se transmite a las moléculas inmediatas y de éstas sucesivamente a las demás de toda la masa. A la forma especial en que se propaga sucesivamente este movimiento rítmico entre las partículas del conjunto, se le da el nombre de onda.

1) El tiempo que transcurre durante 1 oscilación completa de una partícula, se llama período del movimiento oscilatorio. Se lo designa por la letra T.

Una oscilación completa consta de 4 fases:

salir de la posición de equilibrio hasta una posición extrema, — volver a la primitiva posición, — pasar hasta la otra posición extrema, — y retornar a la posición inicial.

2) Amplitud es la distancia máxima del móvil a la posición de equilibrio.

3) El número de oscilaciones o períodos ejecutados en 1 seg, se llama la frecuencia, n . Se mide la frecuencia en Hertz (Hz). La unidad es 1 Hertz = 1 oscilación por segundo.

4) Longitud de onda, λ , es el espacio comprendido entre la partícula que comienza una oscilación y aquella otra hasta la que llegó el movimiento vibratorio mientras la primera termina su período; o es el espacio comprendido entre dos partículas más próximas que vibran con la misma fase.

5) Velocidad de propagación, v , es la distancia que recorre el movimiento ondulatorio en 1 seg. De acuerdo con las designaciones dadas anteriormente, la velocidad de propagación de las ondas se expresa por la fórmula:

$$v = n \cdot \lambda \text{ cm seg}^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

Esta velocidad de propagación en un medio homogéneo es independiente de la frecuencia y amplitud de las oscilaciones.

La oscilación se transmite de partícula a partícula con velocidad uniforme. Mientras transcurre el tiempo de 1 período = T , la onda ha recorrido el espacio de una longitud = λ ; luego:

$$\lambda = v \cdot T \text{ cm} \dots\dots\dots (2)$$

Si se designa la frecuencia por la letra n , se obtiene que $n = \frac{1}{T}$ y que $T = \frac{1}{n}$. Reemplazando T por este valor en la fórmula (2), resulta finalmente:

$$\lambda = \frac{v}{n} \text{ cm} \dots\dots\dots (3)$$

¿Qué relación existe entre la frecuencia y la longitud de onda?

¿Cuando se realiza el fenómeno llamado **interferencia de ondas**?

¿Cuál es un ejemplo de la compenetración de dos ondas?

¿Qué casos pueden presentarse tratándose de la **composición de ondas** que se mueven en la **misma dirección y sentido**?

¿Qué es una **onda estacionaria**?

Se dice que dos ondas están en interferencia cuando las vibraciones de una son modificadas por las de la otra. El resultado es que cada partícula del medio elástico está sometida simultáneamente a la acción de dos impulsos vibratorios obteniéndose como efecto un aumento, o una disminución, o la anulación de su movimiento.

Un ejemplo sencillo son las ondas originadas en la superficie del agua por la caída de dos piedras en puntos cercanos. Como efectos de las ondas componentes se observan zonas en que las partículas de agua se levantan o se hunden más que en cada onda primitiva; pero se ven también partes donde el agua permanece en reposo.

1) Dos ondas de igual amplitud y longitud cuyos puntos de origen estén a una distancia igual a la longitud de una onda o de un múltiplo de ella, producen una onda resultante de doble amplitud.

2) Dos ondas de igual amplitud y longitud cuyos puntos de origen están a una distancia igual a la mitad de la longitud de una onda o a un múltiplo impar de ella, se anulan.

3) Si interfieren dos ondas de distinta amplitud y longitud tenemos que sobreponer ambas ondas para construir la onda resultante cuyos puntos se determinan sumando o restando las amplitudes de las ondas componentes en diversas secciones de ellas. La onda resultante será, en general, de distinta forma.

Una onda estacionaria es el movimiento vibratorio que resulta de la superposición de dos ondas de igual amplitud y longitud que se propagan en sentido contrario.

Se puede caracterizar la onda estacionaria diciendo que es una onda en que algunas partículas, cuya distancia es de $\frac{1}{2} \lambda$, permanecen siempre en reposo formando los nodos,

¿Cómo se forman las ondas estacionarias?

¿En qué medios pueden propagarse las ondas transversales y las longitudinales?

mientras que las partículas intermedias, pasando en un mismo instante por la posición de equilibrio, oscilan con amplitudes que crecen desde los nodos hacia la parte media, formando los vientres de la onda.

Cuando una onda llega a un obstáculo, es rechazada y retrocede como onda reflejada produciéndose por interferencia un estado estacionario entre la onda directa y la reflejada que tienen siempre la misma longitud.

El que pueda formarse, en un medio elástico una onda transversal supone la existencia de fuerzas de cohesión entre las moléculas del cuerpo para que la primera partícula que recibe el impulso en sentido transversal, sea capaz de arrastrar a las que están a su alrededor. Sólo en los cuerpos sólidos elásticos encontramos esta condición fundamental para la formación y propagación de ondas transversales.

Las ondas longitudinales se propagan en todos los medios, sean sólidos, líquidos o gaseosos.

ACUSTICA

¿Cómo se produce el sonido?

¿En qué medios se propagan los sonidos?

¿En qué se diferencian los sonidos de los ruidos?

El sonido es debido al movimiento ondulatorio de un cuerpo elástico, siempre que este movimiento produzca vibraciones simultáneas y periódicas en el aire interpuesto entre el oído y el cuerpo sonoro.

Los sonidos no se propagan en el vacío; su transmisión se efectúa a través de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos.

Los sonidos provienen de oscilaciones uniformes, regulares y continuas, mientras que un ruido es el resultado de vibraciones irregulares, bruscas y confusas.

¿A qué clase de ondas pertenecen las ondas sonoras del aire?

¿Qué se entiende por longitud de la onda sonora?

¿Cómo se calcula la longitud de una onda?

¿Cómo define Ud. la velocidad del sonido?

¿Qué método se empleó para la determinación de la velocidad del sonido en el aire?

Son ondas longitudinales, ya que éstas son las únicas que pueden producirse en un gas. Las moléculas del aire efectúan sus oscilaciones a uno y otro lado de su posición de equilibrio en la misma dirección en que se propaga la onda, y los movimientos de alejamiento y de aproximación de las partículas entre sí forman alternativamente dilataciones y compresiones en las sucesivas capas de aire.

La distancia que hay entre dos dilataciones o compresiones consecutivas del aire, se llama la longitud de la onda sonora y se la designa por la letra λ .

Se aplica la fórmula (3) $\lambda = \frac{v}{n}$ cm en la

cual v significa la velocidad del sonido y n , el correspondiente número de oscilaciones por segundo.

Se entiende por velocidad del sonido la distancia que aquél recorre en 1 segundo; p. ej., en el aire tranquilo de 15° Celsius, el sonido se propaga con la velocidad de 340 metros por segundo = $m \text{ seg}^{-1}$.

Se observó el tiempo exacto que transcurrió entre el instante del disparo de un cañón, señalado por el fogonazo, y la percepción del estampido en un lugar cuya distancia del cañón se conocía. Dividiendo esta distancia, expresada en metros, por el número de segundos que el sonido del disparo empleó en recorrerla, se obtuvo la velocidad del sonido en metros por segundo.

Como la velocidad de la luz es casi un millón de veces mayor que la del sonido, no hay necesidad de descontar el tiempo en que la luz recorrió la distancia entre el cañón y el punto de observación.

Esta velocidad del sonido, ¿es la misma en las diversas condiciones atmosféricas y para los diferentes sonidos?

¿Cuál es la velocidad del sonido en el agua?

¿Cuál es este valor para los sólidos?

¿Qué fenómeno se observa cuando una onda acústica choca contra un obstáculo?

¿Qué ley rige la reflexión de las ondas?

¿Cómo se explica el eco?

La velocidad de propagación del sonido en el aire varía con la temperatura; en el aire de 0°C es de 331 m seg^{-1} y para encontrar su valor a cualquiera temperatura, sirve la fórmula $v = 331 \sqrt{1 + 0,004 \cdot t} \text{ m seg}^{-1}$. (4)

Pero la intensidad y altura de los sonidos y el modo cómo se produce la onda sonora no tienen influencia sobre la velocidad de su propagación.

Por un método análogo al anterior, anotando el tiempo que demoró el sonido de una campana producido debajo del agua hasta llegar a un aparato receptor instalado en otro barco anclado a una distancia conocida del primero, se encontró que la velocidad del sonido en el agua de 15°C es de $1\,440\text{ m seg}^{-1}$ y en el agua del mar de $1\,503\text{ m seg}^{-1}$.

En los cuerpos sólidos, la velocidad del sonido es de $4\,000$ a $5\,000\text{ m seg}^{-1}$.

En este caso se produce la reflexión del sonido, fenómeno que consiste en que la onda impedida para seguir, cambia su dirección y sentido dando origen a una onda reflejada de igual frecuencia. El obstáculo puede ser una pared, una roca, una nube, etc.

El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia. Se llama ángulo de incidencia al que forma la dirección de la onda incidente con la normal levantada en la parte reflectora, y el ángulo de reflexión está formado en este plano por la onda reflejada con la misma normal.

El eco es la repetición de un sonido por reflexión, cuando transcurre cierto intervalo de tiempo entre su emisión y su percepción. Se suele indicar $\frac{1}{5}$ de seg como el intervalo en que se percibe claramente una sílaba; por lo tanto, para que haya eco monosilábico es preciso que el obstáculo que refleja el sonido. dis-

¿Tiene alguna aplicación práctica el fenómeno físico del eco?

Nombrar las cualidades características del sonido.

¿Qué circunstancias hacen variar la intensidad del sonido?

¿Con qué medida se expresa la intensidad de un sonido o ruido?

¿De qué depende la altura de un tono?

te del observador 34 metros. Si la distancia fuese más corta, habría superposición del sonido reflejado con el directo.

En la reflexión del sonido, cuando encuentra algún obstáculo en su propagación, está basado un método moderno para medir la profundidad del mar. Un emisor de sonido lanza un haz de ondas acústicas en dirección al fondo del océano y un receptor recoge el eco, mientras que un mecanismo registra el tiempo entre la emisión del sonido y la recepción del eco. Instalaciones análogas en los aviones sirven para determinar su altura sobre el suelo.

El oído distingue en cada sonido tres cualidades: intensidad, altura y timbre.

1) La intensidad o la fuerza de un sonido aumenta o disminuye según que aumente o disminuya la amplitud de las vibraciones del cuerpo sonoro. Haciendo vibrar una cuerda, se observa que el sonido se debilita, cuando la amplitud de las oscilaciones decrece.

2) Las intensidades de un mismo sonido varían en razón inversa a los cuadrados de las distancias desde su origen.

$$I_1 : I_2 = r_2^2 : r_1^2 \dots\dots\dots (5)$$

Esta ley teórica es una consecuencia de la propagación del sonido por ondas esféricas en un espacio libre, porque las áreas de las superficies esféricas están en razón de los cuadrados de sus radios.

La intensidad de sonidos o ruidos se expresa en fon; p. ej., el susurro de las hojas se clasifica con 10 fon; la voz de conversación, con 40 fon; voz muy fuerte, 60 fon, ruido de tranvía, 70 fon; motocicleta, 100 fon y un avión con 120 fon.

La altura de un tono es tanto mayor cuanto mayor sea su número de oscilaciones por seg.

¿Qué aparato se usa para determinar el número de oscilaciones por segundo de un tono dado?

Para la medición de la altura de un tono se usa ordinariamente la sirena, aparato que consiste en un disco metálico de borde dentado, que se hace girar alrededor de su centro, mientras que una lámina elástica, en contacto con los dientes, adquiere una vibración rápida. El número de oscilaciones del sonido producido es igual al producto del número de dientes por el de las rotaciones que ejecuta el disco en 1 seg. (Sirena de Savart).

En forma perfeccionada por Cagniard de Latour, consta la sirena de dos discos provistos de perforaciones inclinadas entre sí, en igual número de modo que estos agujeros pueden quedar sucesivamente abiertos o cerrados al mismo tiempo. El platillo superior puede girar alrededor de un eje vertical que engrana con un contador de vueltas. El disco inferior está fijo sobre una caja cilíndrica a la cual se hace llegar, mediante un fuelle, aire que al salir pone en rotación el disco movable. Por este movimiento se abren y se cierran alternativamente los canales por los cuales, en una manera intermitente, pasa el aire comprimido al exterior haciendo vibrar el aire de modo que se produce un sonido.

¿Cómo se calcula el número de vibraciones correspondiente al sonido producido por la sirena de Cagniard de Latour?

El número de revoluciones del disco móvil, registrado por el contador de vueltas, se multiplica por el número de agujeros para obtener el número de vibraciones en un tiempo dado. Este producto, dividido por el número de segundos, da el número de oscilaciones por seg del tono:

$$N_{osc.} = \frac{N_{vuel.} \times N_{aguj.}}{N_{seg.}} \text{ Hertz} \dots\dots (6)$$

¿Qué se entiende por **timbre de los sonidos**?

El timbre es la cualidad por la cual se distinguen los sonidos que provienen de instrumentos diferentes. Del mismo modo, la voz humana presenta un timbre diferente según los individuos. Esto es debido a los sonidos

Definanse el intervalo de dos sonidos y la consonancia.

¿A qué regla está sometida la consonancia?

¿Podría Ud. representar por un esquema los intervalos de la escala diatónica mayor?

armónicos más o menos numerosos que acompañan al sonido fundamental.

El intervalo de dos sonidos es el cuociente o la razón de sus números de vibraciones por seg.

Se produce una consonancia cuando, sonando al mismo tiempo, producen una sensación grata al oído.

Según la regla de Pitágoras: Una consonancia es tanto más perfecta cuanto más sencilla es la razón entre los números de vibraciones de los sonidos que la componen.

24 : 27 : 30 : 32 : 36 : 40 : 45 : 48							
Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do ₁
unísono	segunda	tercera	cuarta	quinta	sexta	séptima	octava
$\frac{8}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{16}{8}$
$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	

En el último renglón están colocados los intervalos sucesivos entre las notas de la escala, los cuales se reducen a tres: tono mayor, tono menor y semi-tono.

La escala de los instrumentos con teclados, llamada escala temperada, procede por semitonos $\frac{16}{15} = 1,06$, y se compone de 13

notas. (El teclado de un piano abarca desde $La_{-2} = 27,2$ osc. hasta $La_6 = 3480$ osc.).

El conjunto completo de las notas forma la escala cromática.

La nota normal es La_3 que corresponde a 435 oscilaciones por seg.

El diapason es una varilla de acero doblada en U, provista de un mango en el punto me-

¿A qué nota se le da el nombre de **nota normal**?

¿Qué es el diapason?

¿Entre qué límites varía el número de oscilaciones por seg de los sonidos perceptibles?

¿Cómo vibran las cuerdas elásticas sometidas a tensión?

dio de la parte curva. A causa de sus vibraciones uniformes, los diapasones emiten sonidos muy puros, libres de sonidos armónicos, y se usan en la música para dar la nota La₂.

Se perciben los sonidos cuyas oscilaciones por seg varían entre 16 hasta cerca de 35 000, según la facultad de oír del observador. (Las notas musicales abarcan desde 16 hasta 4 700 Hz).

Una cuerda tendida puede realizar vibraciones transversales, esto es en dirección perpendicular a su longitud, las cuales están sometidas a las siguientes leyes que se pueden comprobar por medio del sonómetro:

1) Los números de oscilaciones que ejecutan dos cuerdas son inversamente proporcionales a sus longitudes; $n_1 : n_2 = l_2 : l_1 \dots (7)$

2) Los números de oscilaciones de dos cuerdas son inversamente proporcionales a sus diámetros; $n_1 : n_2 = d_2 : d_1 \dots (8)$

3) Los números de oscilaciones de dos cuerdas son directamente proporcionales a las raíces cuadradas de sus tensiones;

$$n_1 : n_2 = \sqrt{p_1} : \sqrt{p_2} \dots (9)$$

4) Los números de oscilaciones de dos cuerdas son inversamente proporcionales a las raíces cuadradas de sus densidades;

$$n_1 : n_2 = \sqrt{D_2} : \sqrt{D_1} \dots (10)$$

¿Qué se observa en una placa vibrante?

Para hacer vibrar una placa elástica, se la fija en el centro y se frota en uno de sus bordes con un arco de violín; entonces se divide en porciones dotadas de movimiento vibratorio, separadas por líneas simétricas, llamadas líneas nodales, que permanecen en reposo. Si se cubre la placa vibrante de arenilla, ésta abandona las partes vibrantes (vientres) y se aglomera sobre las líneas nodales (figuras de Chladni).

¿Cómo se producen los sonidos en los tubos sonoros?

Explique la teoría establecida sobre las vibraciones del aire contenido en el tubo sonoro de boca.

¿Qué relación hay entre la longitud de un tubo sonoro cerrado y la longitud de la onda producida?

¿Cómo es la relación de las longitudes de la onda y del tubo de boca abierto?

¿En qué consiste el fenómeno de la resonancia provocada por ondas sonoras?

Las placas vibrantes se usan especialmente en forma de gongos y campanas.

Los tubos sonoros producen sonidos al hacer vibrar la columna de aire en su interior por una sucesión rápida de compresiones y dilataciones. Según la forma de la abertura que determina la manera de obtener los impulsos intermitentes en la corriente de aire procedente de un fuelle, se dividen en tubos de boca y tubos de lengüeta.

La corriente de aire choca contra el borde del labio superior que la divide en una parte que sale al exterior como una lámina de aire y en otra que penetra al interior, donde se convierte en una compresión que al rebotar obliga a salir por la boca del tubo a cierta cantidad de aire poniendo en vibraciones a la lámina aérea exterior ya mencionada.

Si el tubo está cerrado en el extremo superior, se producirá allí un nodo y en la embocadura un vientre de la onda, de modo que la longitud del tubo L será igual a la cuarta parte de la longitud de la onda; $L = \frac{1}{4} \lambda$. Además del sonido fundamental, un tubo sonoro cerrado puede dar los sonidos armónicos que corresponden a la serie de los números impares.

Si el tubo sonoro está abierto, tienen que formarse vientres en sus dos extremos y un nodo al medio. La longitud del tubo L será igual a la mitad de la longitud de la onda acústica correspondiente; $L = \frac{1}{2} \lambda$.

En el tubo de boca abierto pueden formarse todos los sonidos armónicos.

La resonancia es la propiedad de algunos cuerpos (cuerdas, cajas sonoras, columnas de aire) de vibrar espontáneamente, si en su cercanía se produce el mismo sonido que ellos pueden dar.

¿Puede Ud. indicar una demostración experimental de la resonancia?

Describe brevemente el fonógrafo de Edison.

¿En qué consiste la diferencia principal entre el fonógrafo y el gramófono?

Si se canta delante de un piano abierto, las cuerdas correspondientes a las notas cantadas se ponen a vibrar.

El experimento de resonancia mediante un diapasón que vibra encima de la boca de una probeta de vidrio en que se vierte agua. Se observa un aumento de intensidad del sonido por resonancia solamente para cierta cantidad de aire, o sea, cuando la columna de aire contenida en la probeta llega a ser igual a $\frac{1}{4}$ de la longitud de la onda acústica correspondiente al sonido del diapasón, o a $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$, etc., de ella como en un tubo sonoro cerrado. El nodo de la onda se halla en la superficie del agua y el vientre en la boca de la probeta.

Disponiendo de una serie de resonadores, puede practicarse el análisis de un conjunto de sonidos y acordes.

El fonógrafo, precursor del gramófono, es un aparato inscriptor y reproductor de los sonidos y de la voz. Se hacen llegar las ondas sonoras a una membrana provista en su centro de una punta dura y colocada en el fondo de una bocina. Un cilindro metálico que, al girar, se traslada a la vez en la dirección de su eje, lleva una capa de cera en cuya superficie la punta de la membrana vibrante deja grabadas las vibraciones por las desigualdades de profundidad del surco que traza.

Si después se hace recorrer al estilete el mismo surco, la membrana se ve obligada a vibrar del mismo modo que antes, reproduciendo los sonidos que habían servido para impresionar la cera.

En el *gramófono* el surco está grabado sobre un disco de ebonita en forma de espiral que la aguja de la membrana recorre en un pequeño serpenteo transversal. Esta disposición reproduce los sonidos con gran fidelidad.

CALOR

¿Cuál es el efecto principal producido por el calor en los cuerpos?

¿De qué instrumentos nos servimos para medir la temperatura de los cuerpos?

¿Cuáles son las escalas termométricas que están en uso?

¿Cómo se puede expresar en grados de Fahrenheit una temperatura medida en la escala de Celsius?

Al calentarse, los cuerpos se dilatan aumentando su volumen, los líquidos más que los sólidos y los gases más que ambos. Una esfera metálica, ya sea hueca o maciza, que se calienta, no podrá pasar por una argolla cuyo diámetro es igual al de la esfera a la temperatura ordinaria.

Tomamos la temperatura o el estado calórico de los cuerpos mediante los termómetros de los cuales el termómetro de mercurio es el más usado. Con este último se pueden medir las temperaturas desde -39° hasta 350° C.

Están en uso principalmente la escala de Celsius y la de Fahrenheit. Los puntos fijos que corresponden a temperaturas invariables y fáciles de producir, son:

1) La temperatura del hielo fundente que en la escala de Celsius está designada con 0° y en la de Fahrenheit con 32° .

2) Como segundo punto fijo se ha tomado la temperatura de la ebullición del agua destilada a la presión normal de 76 cm de Hg; es el grado 100 en la escala de Celsius y 212 en la de Fahrenheit.

Basta emplear para el cálculo la proporción siguiente:

$$t^{\circ}\text{Cel.} : (t^{\circ}\text{Fah.} - 32) = 100 : (212 - 32)$$

$$t^{\circ}\text{C} : (t^{\circ}\text{F} - 32) = 5 : 9 \dots\dots\dots (11)$$

¿A cuántos grados Celsius corresponden:

$$\begin{aligned} & \text{a) } 100^{\circ} \text{ Fahrenheit,} \\ X : (100 - 32) &= 5 : 9 \\ 9 X &= 340 \\ X &= 37^{\circ}, 7 \text{ C.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{b) } -49^{\circ} \text{ Fahrenheit?} \\ X : (-49 - 32) &= 5 : 9 \\ 9 X &= -81 \cdot 5 \\ X &= -45^{\circ} \text{ C.} \end{aligned}$$

¿Qué se entiende por **coeficiente de la dilatación lineal**?

Ponga un ejemplo que le sirva para el desarrollo de la fórmula que se usa para calcular el aumento y la longitud de una barra a t° .

El coeficiente de dilatación lineal es el número que indica el aumento de longitud que experimenta una varilla de la longitud de 1 cm cuando su temperatura sube en 1° C. Se lo designa por la letra λ (lambda).

Coefficientes: hierro, 0,000 012; zinc, 0,000 029; platino y vidrio, 0,000 009; madera, 0,000 003 a 0,000 009.

Partiendo de la definición del coeficiente de la dilatación lineal encontramos que una barra de 1 cm de largo a 0° , si sube su temperatura a t° , experimenta un aumento de longitud $= l_0 \lambda t$. Por ej., Una barra de hierro que a 0° mide 1,5 m, al calentarla hasta 60° , aumentará su longitud en $150 \times 60 \times 0,000 012 = 0,108$ cm, de modo que su longitud total a 60° será $= 150,108$ cm. (longitud inicial + aumento).

Generalizando resulta la siguiente fórmula para expresar la longitud a t° l_t alcanzada por dilatación lineal a partir de 0° l_0 :

$$l_t = l_0 + l_0 \lambda t; \text{ o sea } l_t = l_0 (1 + \lambda t) \text{ cm} \quad (12)$$

La expresión $(1 + \lambda t)$ se llama «binomio de dilatación». Para cualquiera diferencia de temperatura la fórmula (12) se convierte en:

$$l_T = l_t [1 + \lambda (T - t)] \text{ cm} \dots \dots \dots (13)$$

Despejando λ en esta fórmula obtenemos:

$$\lambda = \frac{l_T - l_t}{l_t (T - t)} \dots \dots \dots (14)$$

Aplicación de la dilatación producida por cambios de temperatura.

¿Qué se entiende por **coeficiente de dilatación cúbica** y qué valor tiene éste?

La distinta dilatación de dos metales se aprovecha en el péndulo compensador y en los termómetros metálicos. En la industria se utiliza de muchas maneras la gran fuerza con que los metales se dilatan o contraen por cambios de su temperatura.

Llámanse coeficiente de dilatación cúbica el aumento que experimenta el volumen de 1 cm^3 , cuando la temperatura de la sustancia sube 1° C. Su valor numérico es igual al

¿Por qué existe una relación tan sencilla entre el coeficiente de dilatación lineal y el de la cúbica?

¿Qué debe tenerse presente con respecto a la dilatación de los líquidos?

¿Qué caso excepcional presenta el agua al calentarse?

¿Cuáles son las condiciones que deben tomarse en cuenta en la dilatación de los gases?

triple del coeficiente de dilatación lineal del cuerpo, o sea a 3λ .

Al desarrollar $(1 + \lambda)^3 = 1 + 3\lambda + 3\lambda^2 + \lambda^3$, aparecen también λ^2 y λ^3 , cantidades que son tan pequeñas que se las puede suprimir sin que resulte un error apreciable, y por esta razón, el volumen de 1 cm^3 al subir su temperatura en 1° , viene a ser $= (1 + 3\lambda) \text{ cm}^3$.

Por un razonamiento análogo al anterior se establecen las fórmulas para calcular el volumen de un cuerpo sólido a la temperatura de t° y de T° :

$$v_t = v_o (1 + 3\lambda t) \text{ cm}^3 \dots \dots \dots (15a)$$

$$v_T = v_t [(1 + 3\lambda (T - t))] \text{ cm}^3 \dots \dots (15b)$$

En los líquidos hay únicamente dilatación cúbica; pero se establece una distinción entre la dilatación absoluta y la aparente de ellos. Esta última es el aumento de volumen que se observa al calentar un líquido contenido en un vaso que también se dilata por el calor, mientras que la dilatación absoluta es su aumento real de volumen con eliminación de la influencia debida a la dilatación del vaso.

Los coeficientes de dilatación de los líquidos se refieren a la dilatación absoluta de ellos: mercurio = 0,00018; alcohol = 0,0011. Se designan por la letra β .

Cuando el agua se calienta de 0° hasta 4° , en vez de dilatarse, se contrae; pero a partir de 4° sigue la ley general y se dilata, aunque en forma irregular. Por consiguiente, a 4°C el agua alcanza su densidad máxima.

El calor produce en los gases al mismo tiempo dos efectos: un aumento de su volumen por una parte y por otra parte un aumento de la tensión o presión que ejercen.

Volumen, presión y temperatura son las condiciones variables que determinan el estado de una masa gaseosa.

Comenzando por la pregunta de cómo **varía el volumen de un gas**, dejando constante la presión, cuando se cambia su temperatura, ¿qué puede decir al respecto?

1) Se mantiene constante la presión, mientras que cierto número de cm^3 de aire a 0° (v_0), contenido en un tubo graduado, llega a ocupar, bajo la acción de vapor de agua, un volumen mayor que sea $= v_t$. La diferencia de los volúmenes, $v_t - v_0$, indica el aumento de volumen del aire al subir su temperatura de 0° hasta 100° .

El coeficiente de la dilatación cúbica de un gas (a_v) es el aumento de volumen que experimenta 1 cm^3 de gas, si su temperatura sube 1° sin que varía la presión.

$$a_v = \frac{v_t - v_0}{v_0 \cdot t} \quad \text{cm}^3 \dots\dots\dots (16)$$

El volumen que ocupa un gas calentado a t° , a partir de 0° , se expresa por la fórmula:

$$v_t = v_0 (1 + a_v t) \dots\dots\dots (17)$$

Todos los gases, bajo presión constante, tienen el mismo coeficiente de dilatación

$$= \frac{1}{273,16} = 0,003\,665 = a_v.$$

Como en el experimento anterior se calienta una cantidad de aire encerrada en un tubo graduado, pero por medio de una presión adecuada ejercida sobre el aire por una columna de mercurio, se mantiene constante el volumen. Se produce un aumento de la tensión $= p_t - p_0$.

El coeficiente de tensión o presión (a_p) es el aumento que experimenta la unidad de la presión, 1 dina cm^{-2} o 1 atm, cuando la temperatura del gas sube 1° , sin que varíe el volumen.

$$a_p = \frac{p_t - p_0}{p_0 \cdot t} \dots\dots\dots (18)$$

Gay-Lussac encontró que todos los gases, bajo volumen constante, tienen el mismo coeficiente de tensión, igual al coefi

¿Cuál es el enunciado de la ley de Gay-Lussac?

¿Qué puede decir sobre la **variación de la tensión** de un gas cuando se eleva su temperatura manteniendo constante su volumen?

¿Cómo se llega a la noción de las temperaturas absolutas?

¿Con referencia a las temperaturas absolutas, qué forma toma la ley de Gay-Lussac?

Enuncie la ley de Mariotte que expresa la variación de volumen de un gas producida por el cambio de presión dejando invariada su temperatura.

ciente de la dilatación cúbica, o sea a $\frac{1}{273,16} = 0,003\ 665$.

Se expresa la presión ejercida por un gas a t° p_t con respecto a su presión inicial a 0° p_o por la fórmula:

$$p_t = p_o (1 + \alpha_p t) \dots \dots \dots (19)$$

Si por la fórmula (19) se calcula la presión que un gas ideal ejercería a la temperatura de -273° C, se encuentra su valor igual a cero:

$$p_{-273} = p_o \left(1 - \frac{273}{273} \right) = 0.$$

Dicho cero constituye el 0° absoluto, es decir, el punto de origen de la escala de las temperaturas absolutas, designadas por T y que reciben el nombre de grados Kelvin

$$T = 273 + t^\circ \text{ Kelvin} \dots \dots \dots (20)$$

Sean v_1 y v_2 los volúmenes de una misma masa gaseosa a las temperaturas respectivas t_1 y t_2 . Se dividen miembro por miembro las dos ecuaciones obtenidas de acuerdo con la fórmula (17) y resulta:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_o(1+\alpha t_1)}{V_o(1+\alpha t_2)} = \frac{1+\frac{t_1}{273}}{1+\frac{t_2}{273}} = \frac{273+t_1}{273+t_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots (21)$$

A presión constante, los volúmenes de una misma masa gaseosa son directamente proporcionales a las correspondientes temperaturas absolutas.

3) A temperatura constante, los volúmenes de una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones; o también: el producto del volumen de una masa gaseosa por la presión que soporta, es un valor constante.

Designando por v_1 y v_2 los volúmenes ocupados sucesivamente por la masa de gas y por

p_1 y p_2 las correspondientes presiones, se pueden establecer las siguientes fórmulas:

$$V_1 : v_2 = p_2 : p_1; \quad V_1 \cdot p_1 = v_2 \cdot p_2 \dots (22 \text{ a y b})$$

Aplicaciones: El manómetro de aire comprimido, el manómetro metálico de Bourdon y el medidor de profundidad.

¿Qué volumen de un gas recibe el nombre de su **volumen normal**?

La fórmula para calcular el volumen normal (v_0) de un gas se deriva de las leyes de Gay-Lussac y de Mariotte, ¿puede Ud. por la combinación de ambas leyes deducir dicha fórmula?

Recibe el nombre de volumen normal de un gas el espacio que ocupa a la temperatura de 0° y a la presión normal de 76 cm de Hg. En estas condiciones tiene también su densidad normal y todo este conjunto se llama el estado normal del gas.

Se trata de relacionar el estado de una masa gaseosa determinado por las condiciones de v_1 , p_1 y t_1° , con el que tomará bajo las condiciones de v_0 , p_0 y t_0 por los cambios de presión y de temperatura. Para encontrar la fórmula de la ley combinada de Gay Lussac y de Mariotte por la cual se calcula el volumen final, se supone que estas variaciones de temperatura y presión no son simultáneas sino sucesivas.

Si designamos con (v_1) el volumen de un gas recogido a la temperatura de ($t_1^\circ \text{C}$) y a la presión inicial (p_1), en caso de cambiar esta presión (p_1) por la normal de 76 cm (p_0), el volumen inicial debe convertirse en otro, de igual temperatura, que sea (v_1'), y aplicando la ley de Mariotte, se obtiene la siguiente igualdad de productos:

$$v_1 \cdot p_1 = p_0 \cdot v_1'$$

Luego se reemplaza (v_1') por su valor deducido de la ley de Gay Lussac;

$v_1' = v_0 (1 + \alpha t_1)$ y la sustitución nos da:

$$v_1 \cdot p_1 = p_0 \cdot v_0 (1 + \alpha t_1)$$

$$v_0 = \frac{V_1 \cdot p_1}{p_0 (1 + \alpha \cdot t_1)} \dots \dots \dots (23)$$

*¿Puede darse a esta fórmula una forma más sencilla?

Sí, recurriendo al empleo de las temperaturas absolutas, recordando que $(1 + \alpha t_1)$

$= \frac{T_1}{273}$ y que $0^\circ \text{C} = 273^\circ \text{K}$, se designa por

T_0 , la fórmula anterior se transforma en:

$$\frac{V_1 \cdot p_1}{T_1} = \frac{V_0 \cdot p_0}{T_0} = \text{constante} \dots\dots (24)$$

Para una misma masa gaseosa, el producto del volumen por la presión dividido por la temperatura absoluta (T), da un valor constante.

*¿Cómo se llega a la ecuación de estado de los gases perfectos?

La expresión $\frac{v_0 \cdot p_0}{T_0}$ en la forma de

$\frac{v_m \cdot p_0}{273}$ es la constante absoluta de los gases,

designada por R , cuyo valor es $= 8,31 \times 10^7$ (erg/grado) tomando por v_0 el volumen de la molécula-gramo (v_m) que para cualquier gas es de 22 400 cm^3 .

$$(R = \frac{22\,400 \times 76 \times 13,6 \times 981}{273}). \text{ Con}$$

esta modificación, la fórmula anterior se escribe bajo la forma:

$$v_1 \cdot p_1 = R \cdot T_1 \dots\dots\dots (25 a)$$

la cual expresa las variaciones de estado de la molécula-gramo de un gas bajo otras condiciones que las normales. Para aplicar esta ecuación a cualquier volumen de un gas, se calcula antes el cociente entre el número de cm^3 de su volumen y los 22 400 cm^3 del v_m . Denotando este cociente por (Q), se obtiene finalmente la ecuación de Clapyron:

$$V_1 \cdot p_1 = Q \cdot R \cdot T_1 \dots\dots\dots (25b)$$

Enunciar la ley de Avogadro.

En volúmenes iguales de cualquier gas, puestos en las mismas circunstancias de temperatura y presión, existe el mismo número de moléculas.

Conociendo la densidad del oxígeno = 0,001 428, calcular el vol. de su molécula-gramo = 32 gr. Vol = masa : dens.

¿Qué diferencia hay entre los grados de temperatura y las calorías de calor que posee un cuerpo?

Los grados termométricos indican el estado calórico que es la temperatura del cuerpo, y las calorías dan a conocer la cantidad de calor que el cuerpo gana o pierde cuando su temperatura sube o baja en los fenómenos calóricos.

¿Qué se entiende por **caloría**?

La **caloría** es la unidad de la cantidad de calor; es la cantidad de calor que eleva la temperatura de 1 gr de agua en 1°C (de 14°½ a 15°½). Esta unidad recibe el nombre de **caloría-gramo** o **pequeña caloría**, siendo la **grande caloría** la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de 1 Kg de agua.

¿A qué leyes está sometida la **fusión** de los cuerpos sólidos por el calor?

La **fusión** es el paso del estado sólido al líquido mediante la conducción de calor. Se verifica de acuerdo con estas dos leyes:

1) Cada cuerpo se funde siempre a una temperatura determinada que permanece invariable durante el tiempo que dura la fusión y que se llama el **punto de fusión** de la sustancia.

2) Para hacer pasar un cuerpo sólido al estado líquido tenemos que proporcionarle una cantidad de calor bien determinado y el número de calorías necesarias para fundir 1 gramo de una sustancia se llama su **calor de fusión**.

¿Cuáles son las leyes correspondientes a la **solidificación**?

1) Cada cuerpo se solidifica siempre a una temperatura determinada que permanece constante durante el tiempo que demora la solidificación y esta temperatura recibe el nombre de **punto de solidificación** de la sustancia.

Al comparar entre sí los valores numéricos que se refieren a la fusión y solidificación de una misma substancia; ¿qué se observa?

¿Obsérvanse cambios de volumen durante la solidificación?

¿Sufre también alteraciones el punto de fusión normal?

2) Al pasar un cuerpo del estado líquido al sólido desprende cierta cantidad de calor y el número de calorías desprendido por 1 gramo de una substancia se llama su calor de solidificación.

Al confrontar el punto de fusión con el de solidificación, lo mismo el calor absorbido por gramo durante el primer proceso con el número de calorías que desprende 1 gramo al solidificarse, se encuentra que estos valores numéricos son idénticos para una misma substancia.

Punto de fusión y calor de fusión de:

Platino	1770° C.	27 cal.
Azufre	119° C.	10 »
Hielo	0° C.	80 »
Mercurio	—39° C.	2,8 »

Por regla general, los cuerpos disminuyen su volumen al pasar del estado líquido al sólido; pero hay algunas excepciones, especialmente el agua aumenta, al solidificarse, su volumen en la décima parte con una gran fuerza expansiva.

1) Las fuertes presiones producen una elevación del punto de fusión en los cuerpos que aumentan de volumen al fundirse; pero bajan el punto de fusión de los cuerpos que como el hielo al derretirse disminuyen de volumen (en el hielo baja 1° por 150 atm). El rehielo consiste en que el hielo sometido a fuerte presión empieza a derretirse, volviendo a solidificarse al cesar la presión; por lo cual se explica el lento descender de los ventisqueros (hasta 200 m por año).

2) Las aleaciones funden generalmente a una temperatura muy inferior al término medio de los puntos de fusión de los metales que las forman. Metal de soldadura, que es una aleación de plomo (327°) y estaño (232°), funde a 210°; la aleación de Wood, a 68°.

¿En qué consiste el fenómeno de la sobre-fusión?

Consiste en la permanencia de un cuerpo en estado líquido a una temperatura inferior a la de su solidificación. Agua al enfriarse lentamente puede bajar su temperatura a -8° sin que se inicie la congelación; pero cuando ésta se verifica, la temperatura vuelve súbitamente a 0° .

¿Qué son mezclas frigoríficas?

Son mezclas formadas por hielo y algunas sales que al disolverse retiran una cantidad de calor al resto de la mezcla, de donde resulta un considerable descenso de temperatura. El límite del enfriamiento es la temperatura de solidificación de la mezcla.

¿Qué se entiende por **vaporización** y en cuántas formas se verifica este cambio de estado?

Se designa con el nombre de vaporización el paso de un líquido al estado de vapor. En caso que los vapores se desprenden lentamente de la superficie del líquido, se dice que hay evaporación la cual se acentúa con el aumento de la temperatura y que depende de la naturaleza del líquido. (Líquidos volátiles).

Por ebullición se entiende la producción rápida de vapor en forma de burbujas en la masa misma del líquido a expensas de calor.

¿En qué consiste la condensación?

La condensación de los vapores es el paso inverso al anterior, o sea del estado gaseoso al líquido con desprendimiento de calor.

¿A qué leyes están sometidos los fenómenos de la **ebullición** y **condensación**?

1) Cada líquido hierve a una temperatura bien determinada que permanece constante mientras dura la ebullición y que se llama su punto de ebullición.

2) Cada líquido para poder pasar al estado de vapor necesita calor y el número de calorías necesarias para transformar 1 gramo de un líquido en vapor de igual temperatura, se llama su calor de vaporización.

Condensación: 1) Cada vapor pasa al estado líquido a una temperatura que permanece estacionaria mientras dura la condensación y que se llama punto de condensación.

2) Cada vapor al pasar al estado líquido desprende calor y las calorías desprendidas

¿Qué influencia sobre el punto de ebullición ejerce una presión que actúa en la superficie libre del líquido?

¿Qué aplicación práctica tiene el conocimiento del punto de ebullición correspondiente a cierta presión atmosférica?

¿Qué se observa al calentar un líquido en un vaso cerrado?

Explique lo que se entiende por **vapor saturado**.

por 1 gramo de vapor reciben el nombre de calor de condensación.

Para que el vapor producido por la ebullición en el líquido pueda desprenderse, su tensión debe ser igual a la presión que se ejerce sobre el líquido. Si esta presión exterior aumenta o disminuye, la tensión del vapor y, por consiguiente, el punto de ebullición del líquido debe subir o bajar también.

En vasos abiertos, el punto de ebullición depende de la presión atmosférica, y la temperatura que corresponde a la ebullición de un líquido bajo la presión de 76 cm. de Hg, es su punto de ebullición normal.

La dependencia del punto de ebullición de la presión atmosférica da un medio de determinar la altura de montañas y las depresiones geográficas por observación de la temperatura a la cual hierve el agua en este lugar, consultando después las tablas hipsométricas que contienen los datos necesarios. El aparato usado para estas determinaciones se llama hipsómetro.

En los vasos cerrados, el desprendimiento continuo y tumultuoso de los vapores que constituye la ebullición, es imposible, porque el vapor formado aumenta la presión ejercida sobre el líquido cuya temperatura sigue subiendo cada vez más por la conducción de calor. (Caldera, autoclave).

Las tensiones de vapor de agua a diversas temperaturas son p. ej. a $100^{\circ} = 1$ atm; a $120^{\circ} = 2$ atm; a $180^{\circ} = 10$ atm; a $250^{\circ} = 40$ atm.

La experiencia nos dice que un líquido encerrado en un vaso no se evapora sino en la pequeñísima cantidad suficiente para llenar de vapor el volumen no ocupado por el líquido, y entonces se dice que este espacio está saturado de vapor y a éste se le llama vapor saturado o saturante.

¿Qué método se emplea para estudiar las propiedades de un vapor saturado?

Se efectúa la vaporización del líquido en el vacío que existe en la cámara barométrica sobre la columna mercurial de un tubo de Torricelli. Apenas se introduce la primera gotita que se vaporiza inmediatamente, la columna de mercurio baja cierto número de cm debido a la tensión ejercida por el vapor no saturado que llena dicho espacio.

Variando la temperatura y la presión sobre el vapor no saturado, se puede demostrar que éste cumple la ley de Gay-Lussac y la de Mariotte como cualquier gas.

Agregando nuevas cantidades del mismo líquido, llega un momento en que la presencia de líquido sobre el mercurio indica que se ha llegado a la saturación de la cámara barométrica con vapores saturantes, y el mercurio ya no baja más. El descenso del mercurio, expresado en cm, mide la tensión máxima del vapor saturado, la cual es distinta para los diversos líquidos.

¿Cuáles son las leyes de la vaporización en el vacío?

1) La tensión máxima del vapor saturado es constante para la misma temperatura y es independiente del volumen que ocupa.

2) La tensión del vapor saturado aumenta con la temperatura.

Un líquido hierve cuando la tensión de su vapor por el aumento de temperatura ha llegado a ser igual a la presión exterior del ambiente en que se encuentra.

En el proceso de la **licuefacción** el gas pasa por un punto crítico; ¿qué condiciones constituyen el **estado crítico del gas**?

Al someter los vapores y gases a grandes compresiones y descensos de temperatura, se nota que para cada uno existe un determinado límite de temperatura, llamada **temperatura crítica**, por encima de la cual no es posible licuar el gas por mucho que se lo comprima.

La presión que se necesita, estando el gas a la temperatura crítica, para llevarlo al estado líquido, se llama la **presión crítica**.

¿Qué importancia se debe atribuir a los fenómenos críticos?

Los fenómenos críticos marcan la diferencia entre los vapores saturados y los vapores no saturados o gases: a temperaturas menores que la temperatura crítica, los cuerpos en estado gaseoso se denominan vapores saturados y más allá del punto crítico, gases.

Ejemplos de temp. crítica y presión crítica:

Vapor de agua	+ 374°	205 atm.
Anhidrido carbónico	+ 31°	72 atm.
Oxígeno	— 119°	50 atm.

Compresión y expansión cambian la temperatura de un gas; ¿de qué modo?

Al comprimirse un gas, experimenta una elevación de su temperatura y al expandirse bruscamente, se enfría. En el 1.º caso, trabajo mecánico se transforma en calor y en el 2.º caso, el gas efectúa un trabajo a expensas de su calor por extenderse en un espacio mayor.

Para obtener el aire y otros gases en estado líquido se usa **la máquina de Linde**; diga brevemente cómo ésta funciona.

El método de Linde consiste en comprimir el aire por medio de un compresor y hacerlo pasar después por un refrigerante a un depósito donde se expande con lo cual su temperatura baja considerablemente (por una diferencia de 100 atm. en 25° desde 0°). Así frío el aire vuelve a ser aspirado y comprimido y nuevamente expandido con lo cual va descendiendo la temperatura hasta que alcanza la necesaria para condensarse. Un sistema de tuberías concéntricas en que se aprovecha el aire ya enfriado para bajar la temperatura del aire que empieza a circular, asegura el funcionamiento económico del aparato.

¿En qué vasos se guarda el aire líquido

En los «termos» o vasos de Dewar que son recipientes de dobles paredes plateadas en la cara interior, entre las cuales se ha hecho un gran vacío que es un poderoso aislador térmico.

¿Qué nos interesa saber con respecto a la **humedad del aire?**

La humedad que el aire contiene en cantidad variable proviene de la evaporación del agua con que la atmósfera está en contacto.

1) El número de gramos de vapor de agua que hay en realidad en 1 m^3 de aire, se llama **humedad absoluta**.

2) La cantidad de agua necesaria para saturar 1 m^3 de aire a cierta temperatura, se llama **humedad máxima**.

3) La razón entre la humedad absoluta y la máxima, a la misma temperatura, se llama **humedad relativa**, a la cual se la expresa en el tanto por ciento.

¿Cómo se llaman los aparatos que se usan para determinar el grado de humedad del aire?

1) El **higrómetro químico**. Una cantidad de aire medida deposita su humedad, al pasar por un tubo, sobre cloruro de calcio seco que por el aumento de su peso nos da el número de gramos de agua absorbida. Por una Regla de Tres se averigua el número de gramos que corresponde, en estas condiciones, a 1 m^3 y el resultado es la **humedad relativa**.

Luego se busca en las tablas higrométricas el valor de la humedad máxima a esa temperatura y se calcula el % que representa la **humedad relativa**.

2) El **psicrómetro de August** que se basa en la diferencia de temperaturas marcadas por dos termómetros de los cuales uno está envuelto en su parte inferior en muselina mojada en agua para producir en torno de él el frío de la evaporación. Para encontrar la **humedad absoluta** se aplica la siguiente fórmula empírica:

$$H = h' - 0,64 (t - t') \quad \text{gr por m}^3 \dots (26)$$

En esta fórmula, H significa la **humedad absoluta** que se busca; h' la **humedad máxima** correspondiente al grado de temperatura que marca el termómetro húmedo (t').

¿Qué hacemos para elevar la temperatura de un cuerpo?

Para elevar la temperatura de un cuerpo lo ponemos en contacto con otro cuerpo cuya temperatura sea mayor. (Fuentes de calor). El calor pasa del cuerpo caliente al frío hasta que ambos estén a igual temperatura. (Comparación con un líquido en vasos comunicantes).

El intercambio de calor por contacto se verifica siempre de acuerdo con la regla importante que el calor cedido por un cuerpo es igual al calor adquirido por el otro.

¿Qué unidad se ha establecido para medir una cantidad de calor?

Para expresar el valor numérico de una cantidad de calor, no basta anotar los grados que marque un termómetro, ya que este instrumento indica solamente el grado de calor o la temperatura de un cuerpo. Para medir una cantidad de calor se ha establecido como unidad la caloría.

¿Qué se entiende por una caloría?

La caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1° la temperatura de 1 gr de agua. Esta es la pequeña caloría *cal*; la gran caloría *Cal* supone 1 Kg de agua.

Proporcionando a distintos cuerpos de igual masa el mismo número de calorías, ¿la temperatura de ellos se elevará en el mismo número de grados?

La experiencia demuestra que es distinta la elevación de temperatura de diversos cuerpos de igual masa, aunque reciban la misma cantidad de calorías; p. ej.: si la masa de 10 gr de cada uno de los siguientes cuerpos recibiera 20 cal, la temperatura final, a contar de 0°, alcanzaría en el agua 2°; en la parafina, 4°; en el magnesio, 8° y en la plata, 35,7°.

De esta experiencia se deduce que la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura en 1° no es la misma para 1 gr de las diversas sustancias.

¿Qué se llama calor específico de una sustancia?

El calor específico es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1° la temperatura de 1 gr de una sustancia. El calor específico del agua se ha tomado por unidad.

Tomando distintas masas del mismo cuerpo, ¿cuántas calorías se necesitarían para calentarlas hasta la misma temperatura?

¿Qué fórmula expresa la cantidad de calor en calorías que posee un cuerpo de t° de temperatura?

¿Qué se entiende por capacidad calorífica de una sustancia?

Cómo se determina el calor específico de un cuerpo por el método de las mezclas?

Las anotaciones del experimento anterior hacen ver que el calor específico del agua es 1; el de la parafina, 0,5; el del magnesio, 0,25 y el de la plata 0,056 cal.

Las cantidades de calor deben ser proporcionales a las distintas masas de un mismo cuerpo para elevar su temperatura en un mismo número de grados; p. ej. si con 20 calorías se obtiene un calentamiento de 10 gr de magnesio en 8° , para conseguir el mismo efecto en 25 gr se necesitarán 50 calorías.

Designado por Q la cantidad de calor, por m la masa del cuerpo, por c su calor específico y por t su temperatura, resulta:

$$Q = m \cdot c \cdot t \text{ cal.} \dots \dots \dots (27)$$

La cantidad de calor que necesita un cuerpo para subir su temperatura de t° hasta T° , será:

$$Q = m \cdot c (T - t) \text{ cal.} \dots \dots \dots (28)$$

Por capacidad calorífica K de una sustancia se entiende el producto de su masa m por su calor específico c :

$$K = m \cdot c \text{ cal.} \dots \dots \dots (29)$$

Se llama método de las mezclas, porque el cuerpo del cual se quiere determinar el calor específico se echa en agua u otro líquido cuyo calor específico esté conocido. Se procede así:

- 1) Se pesa el cuerpo del calor específico X ; sea M su masa.
- 2) Se lo calienta a una temperatura conocida T° , p. ej., a la del agua hirviendo.
- 3) Se lo introduce en el calorímetro de la masa m_v y del calor específico c_v . El calorímetro es un vaso de doble pared para evitar la pérdida de calor, el cual contiene una masa de agua m_a , cuya temperatura nos señala el termómetro del calorímetro = t° .

Al introducir el cuerpo calentado a T° en el agua, aquél se enfría y ésta se calienta, quedando la mezcla a la temperatura de δ° .

Calor cedido = Calor adquirido por el agua y el calorímetro:

$$M \cdot X (T - \delta) = m_a (\delta - t) + m_v \cdot c_v (\delta - t).$$

$$X = \frac{(m_a + m_v \cdot c_v) (\delta - t)}{M (T - \delta)} \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \dots \dots (30)$$

¿Cómo se procede para determinar el calor específico de un líquido?

Si el líquido no se altera al mezclarse con el agua, puede usarse el mismo método anterior.

En el caso contrario se vierte una masa conocida del líquido M_l de t° en un calorímetro de masa m_v y calor específico c_v , y se introduce en este líquido, cuyo calor específico x se quiere determinar, un cuerpo sólido de masa m_s y calor específico c_s conocidos y de temperatura elevada T° .

Aplicando la regla: calor cedido por el sólido es igual al calor absorbido por el líquido y calorímetro, se establece la ecuación:

$$m_s \cdot c_s (T - \delta) = M_l \cdot X (\delta - t) + m_v c_v (\delta - t)$$

$$X = \frac{m_s \cdot c_s (T - \delta) - m_v \cdot c_v (\delta - t)}{M_l} \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \dots (31)$$

Nota: El valor numérico del calor específico es distinto para el estado sólido y líquido de una substancia; p. ej. el calor específico de hielo es 0,505 y el del agua = 1.

Explique el procedimiento de la determinación del calor de fusión de una substancia, p. ej. del hielo.

El procedimiento consiste en echar una masa conocida de hielo fundente M_h en un calorímetro que contenga una cantidad conocida de agua caliente m_a de la temperatura T° .

El calor cedido por el agua y calorímetro $(m_a + m_v \cdot c_v) (T - t)$ producirá dos efectos: derretir la masa de hielo que por gramo pide

X calorías $M_h \cdot X$ y calentar esta agua de 0° hasta $t^\circ = M_h \cdot t$.

$$M_h (x + t) = (m_a + m_v \cdot c_v) (T - t)$$

$$X = \frac{(m_a + m_v \cdot c_v) (T - t)}{M_h} = t \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \dots (32)$$

¿Cuáles son las principales fuentes de calor?

1) La fuente calórica más importante, para la tierra, es el sol que por su radiación nos envía parte de su calor como el factor principal del desarrollo de la vida, del movimiento y de los diversos fenómenos naturales tanto en la superficie como en la atmósfera de nuestro globo.

2) Elevadas temperaturas reinan en el interior de la tierra, hecho confirmado por las aguas termales, los volcanes y el constante aumento de temperatura a medida que se penetra más en la capa terrestre. Por regla general se ha comprobado un aumento de temperatura de 1°C por cada 33 m de profundidad a contar desde 20 m debajo de la superficie, porque allí la temperatura permanece siempre igual al término medio anual del lugar.

3) Hay reacciones químicas, especialmente las combustiones, que producen grandes cantidades de calor.

¿Qué se entiende por la constante solar?

Se da el nombre de constante solar a la cantidad calórica que recibe durante 1 minuto la superficie de 1 cm^2 perpendicular a los rayos solares; su valor es de 1,9 caloría.

¿Cómo está construido un pirheliómetro y para qué sirve?

Es un calorímetro destinado a determinar la constante solar. Se compone de una caja cilíndrica de cobre, cuya cara superior, que debe absorber los rayos solares, está cubierta de negro de humo. Por la cara inferior sostenida por un tubo pasa un termómetro acondicionado a medir la elevación de temperatura que se produce, por la acción del sol, en el agua contenida en la caja metálica. Un

soporte permite orientar el aparato de tal manera que los rayos solares caigan perpendiculares sobre su cara ennegrecida.

Del aumento de la temperatura del agua y del calorímetro se deduce, por el método calorimétrico, la cantidad de calor recibida por cada cm^2 durante 1 minuto, designando por q la superficie de la cara superior, por el producto $m_v \cdot c_v$ la capacidad calórica del calorímetro, y por T los minutos que ha durado la exposición al sol:

$$\text{Constante solar} = \frac{(m_a + m_v \cdot c_v) (t_2 - t_1)}{q \cdot T} \frac{\text{cal}}{\text{min}} \quad (33)$$

Con respecto a los combustibles nos interesa conocer su «**calor de combustión**»; ¿qué significan estos últimos términos?

Se llama calor de combustión la cantidad de calor producida por la combustión de 1 gramo de una substancia.

La parte esencial de un calorímetro de combustión es la cámara de combustión sumergida en el agua del vaso, a la cual desembocan dos tubos: uno para introducir el oxígeno necesario y el otro, en forma de espiral, para la conducción al exterior de los gases de combustión a través del agua, con el fin de lograr la absorción del calor producido al quemarse la substancia.

Como en cualquier experimento calorimétrico se observa la elevación de la temperatura del agua y del calorímetro $t_2 - t_1$, se determina la masa del agua m_a , la capacidad calórica del vaso con los tubos $m_v \cdot c_v$ y la masa del combustible M cuyo calor de combustión sea X , que se despeja en la ecuación siguiente:

$$M \cdot x = (m_a + m_v \cdot c_v) (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (34)$$

Así se ha obtenido para 1 gr de petróleo, 10 500; de bencina, 10 000; de hulla, 8 000 y de madera, 4 000 calorías.

Se habla mucho de calorías con respecto a la alimentación del hombre; ¿por qué razón?

El calor de nuestro cuerpo es debido a la combustión lenta, dentro del organismo, de las materias orgánicas procedentes de los alimentos. El carbono y el hidrógeno contenidos en éstos se transforman en anhídrido carbónico y agua, cuerpos cuya formación va acompañada siempre de la producción de una gran cantidad de calor. La energía desarrollada por las combustiones intraorgánicas no se manifiesta toda en forma de calor, sino también como energía de movimiento en el trabajo muscular y en las funciones orgánicas internas. Para que se mantenga el equilibrio térmico es necesario que la cantidad de calor perdida por el organismo sea recuperado por las calorías que se desprenden de la oxidación y reducción de las sustancias alimenticias.

¿Puede dar Ud. algunos datos numéricos referentes a la función del organismo de producir el calor necesario al individuo?

Los representantes principales de las sustancias alimenticias son: la albúmina que al reducirse en el organismo produce por cada gramo 4 100 calorías, los hidratos de carbono que por cada gramo también dan 4 100 cal y las grasas con 9 300 cal por gramo. Un adulto de 70 Kg de peso necesita por día 2 400 000 hasta 3 000 000 de calorías para mantener su salud y energía vital, lo que corresponde más o menos a 85 gr de aluminoides, 60 grs de grasas y 450 grs de hidratos de carbono.

¿Cuáles son las teorías emitidas sobre la causa de los fenómenos calóricos o sea, en qué consiste el calor?

1) La primera teoría suponía la existencia de un fluido calórico que como una materia invisible y sin peso compenetraría los cuerpos o se desprendería de ellos determinando de este modo su estado calórico. Se abandonó este concepto sobre el calor ante el hecho comprobado experimentalmente de que por medio del frotamiento de dos cuerpos fríos se produce calor.

2) La teoría mecánica del calor, actualmente aceptada, afirma que el calor consiste

en el movimiento de las moléculas de los cuerpos. A la temperatura del cero absoluto (-273°C) las moléculas de todo cuerpo permanecen en reposo. El efecto de fuerzas exteriores que actúan sobre estas moléculas consiste en dotarlas de cierta energía mecánica en forma de movimientos vibratorios alrededor de sus posiciones de equilibrio. La temperatura aumenta proporcionalmente con la energía cinética molecular adquirida, y la cantidad de calor acumulada en el cuerpo es igual a la suma de la energía cinética de sus moléculas, llamada energía calórica.

Especialmente las moléculas de los gases se consideran animadas de considerables velocidades y sus movimientos desordenados producen frecuentes choques entre sí y contra las paredes que ponen límite a la tendencia expansiva del gas. La teoría cinética de los gases explica la presión que los gases ejercen sobre las paredes del vaso que los contiene, como consecuencia de los choques de las moléculas contra la pared.

Cite ejemplos "que demuestren que un trabajo efectuado se convierte en calor.

¿Existe una equivalencia constante entre una cantidad de trabajo desarrollado y otra de calor producido?

Golpeando, limando o doblando repetidas veces los metales se calientan considerablemente, el roce produce el calentamiento de los ejes y de las piezas en movimiento de las máquinas, una brusca compresión del aire contenido en un tubo aumenta su temperatura hasta inflamar un pedacito de yesca.

Sí, y se la llama el equivalente mecánico del calor que expresa en kilográmetro el trabajo necesario para producir 1 caloría. Si se designa por T el trabajo efectuado y por Q el número de calorías producidas, el trabajo equivalente a 1 caloría lo expresa el cociente:

$$E = \frac{T}{Q} = \frac{mkg}{cal} \dots\dots\dots (35)$$

¿Cómo se determinó el valor numérico del equivalente mecánico del calor? (Método de Joule)

El método empleado por Joule consistía en medir la cantidad de calor producida en el agua contenida en un calorímetro dentro del cual giraba un eje provisto de paletas. La rotación se verificaba por medio de un peso de P Kg que bajaba desde una altura de h metros. El trabajo del descenso $= P \cdot h$ *mkg*, se transformaba en calor por el frotamiento de las paletas con el agua del calorímetro cuya temperatura se elevaba desde la inicial de t_1 hasta la final de t_2 , produciéndose una cantidad de calor $=$

$$(m_a + m_v \cdot c_v) (t_2 - t_1) \text{ cal.}$$

Con ayuda de la fórmula (35) se obtiene la ecuación:

$$E = \frac{P \cdot h}{(m_a + m_v \cdot c_v) (t_2 - t_1)} \frac{\text{mkg}}{\text{cal}} \quad (36)$$

El resultado obtenido por muchos y variados ensayos se halla expresado por el 1.er teorema de la termodinámica:

El trabajo mecánico puede convertirse totalmente en calor, de tal modo que cada 0,427 de kilogramo produce 1 caloría.

El equivalente térmico del trabajo, deducido de la equivalencia anterior, dice que 1 *mkg* equivale a 2,34 calorías.

Hay dos clases de máquinas térmicas, a saber:

1) de combustión externa que son las máquinas y turbinas a vapor cuya fuente de calor es la caldera con el fogón que proporciona el vapor como intermedio que lleva el calor de la combustión al cilindro de trabajo;

2) de combustión interna, cuando el combustible arde dentro del cilindro de trabajo como en los motores a explosión y motores Diesel.

¿Cuántas clases de máquinas térmicas existen para transformar la energía calorífica en trabajo?

Describe la máquina a vapor.

De la caldera se conduce el vapor a la caja de distribución en la cual una pieza corredi-za, el distribuidor, lo hace llegar alternativa-mente a uno u otro lado del émbolo en el ci-lindro, permitiendo a la vez la expulsión del vapor gastado, al aire (máquina de alta pre-sión) o a un condensador (máquina de baja presión).

El movimiento de vaivén del émbolo en el cilindro se transforma, por medio de la biela y del manubrio, en un movimiento de rota-ción del volante cuya energía cinética vence los puntos muertos del mecanismo.

¿Qué particularidad tiene una máquina de expansión?

En el cilindro de una máquina de expan-sión, el vapor no actúa con la presión total de la caldera sobre el émbolo durante todo su trayecto, sino que más o menos durante la cuarta parte de su carrera. Luego se cierra el conducto de admisión y en el resto del cilin-dro el vapor empuja el émbolo por medio de su fuerza expansiva.

¿De cuántas mane-ras se puede determi-nar el rendimiento de la máquina a va-por?

En general el rendimiento η de la máquina es el cuociente entre:

$$\eta = \frac{\text{trabajo efectuado}}{\text{calor total gastado}} \dots\dots\dots (37)$$

1) El rendimiento térmico es la razón en-tre la cantidad de calor convertida en traba-jo, $Q_1 - Q_2$, y la cantidad de calor suminis-trada por la caldera = Q_1 , representando Q_2 el calor entregado por el vapor al cuerpo frío, al aire o al condensador.

$$\text{Rendimiento térmico} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (38a)$$

El rendimiento térmico depende esencial-mente de la diferencia entre la temperatura inicial del vapor en la caldera, tomada como temperatura absoluta = T_1 y la temperatu-ra final que es la temperatura absoluta T_2

Ejemplo de cálculo del rendimiento térmico máximo.

con que sale el vapor del cilindro, de acuerdo con la siguiente fórmula de la termodinámica:

$$\text{Rend. térmico máximo} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (38 \text{ b})$$

Supongamos que el vapor llega al cilindro con la tensión de 10 atm = 180° C de temperatura y entra al condensador con $\frac{1}{3}$ atm = 72° C.

Reemplazando en la fórmula (38 b) las letras por estos valores numéricos, resulta:

$$\eta = \frac{(180 + 273) - (72 + 273)}{180 + 273} = 0,238$$

o sea un 23,8%

Este rendimiento teórico si bien es pequeño, constituye un valor máximo al que nunca se llega en la práctica. El roce entre las partes en movimiento de la máquina lo reduce a $\frac{2}{3}$ del valor calculado, quedando un 15,9%. Si además se toman en cuenta las pérdidas de calor inevitables en el fogón y en las tuberías de conducción, se encuentra finalmente un 13% como el rendimiento de esta clase de máquinas térmicas.

2) El rendimiento económico calcula directamente la relación entre el trabajo útil, desarrollado por la máquina durante 1 hora y las calorías desprendidas por el combustible gastado en el mismo tiempo:

$$\text{Rd. económico} = \frac{\text{trabajo útil por hora}}{\text{calor gastado por hora}} \quad (39)$$

Ejemplo para calcular el rendimiento económico de una máquina térmica.

Si una máquina a vapor consume 0,6 kg. de carbón para desarrollar el trabajo útil de 1 HP-hora, y si cada gramo del combustible desprende 8 000 calorías; ¿cuál será el rendimiento económico?

$$\eta = \frac{75 \cdot 3\,600 \cdot 2,34}{600 \cdot 8\,000} = 0,13, \text{ o sea el } 13\%$$

¿Qué datos deben tomarse en cuenta para calcular la potencia de una máquina a vapor?

La potencia es el trabajo realizado por la máquina en 1 seg. Para calcular el trabajo se debe conocer la fuerza que actúa sobre el émbolo y el recorrido de éste por cada vuelta del volante correspondiente a una carrera de ida y de vuelta del émbolo.

Si el diámetro del émbolo mide 20 cm. su superficie q es de 314 cm^2 , y si la presión media p en el cilindro es de 2,5 atm, la fuerza que mueve al émbolo resulta $= 314 \cdot 2,5 = 785 \text{ Kg-p}$ que se debe multiplicar por el recorrido del émbolo l , que sea igual a 40 cm, para encontrar el trabajo efectuado por la máquina al dar 1 vuelta el volante:

$$T = 785 \text{ kg-p} \cdot 0,8 \text{ m} = 628 \text{ mkg}$$

Si el número de vueltas del volante n es de 90 por minuto, el trabajo realizado en 1 seg será:

$$P = \frac{628 \cdot 90}{60} = 942 \frac{\text{mkg}}{\text{seg}} = 12,56 \text{ CV}$$

Generalizado este resultado se llega a la siguiente fórmula:

$$P = \frac{p \cdot q \cdot 2 \cdot l \cdot n}{60} \frac{\text{mkg}}{\text{seg}} = \frac{p \cdot q \cdot 2 \cdot l \cdot n}{60 \cdot 75} \text{ CV} \quad (40)$$

¿Cómo funcionan las máquinas de combustión interna o los motores a gas?

Los gases carburados que por su expansión efectúan la fuerza motriz sobre el émbolo, se inflaman en el mismo cilindro que está provisto de dos válvulas, de admisión y de escape, y de una bujía destinada a producir en el momento oportuno una chispa eléctrica.

Se dividen en motores de dos o de cuatro tiempos y según el encendido del gas, en motores a explosión o de combustión (Diesel).

¿Cuáles son las fases del motor a cuatro tiempos?

1.er tiempo, admisión: se abre la válvula de admisión y el émbolo, al descender, aspira una mezcla de aire y bencina (aire carburado)

que penetra al cilindro. 2.º tiempo, compresión: al subir el émbolo comprime la mezcla carburada a 5 o 6 atm, estando las válvulas cerradas. 3.er tiempo, explosión y expansión: al final de la compresión se produce una chispa eléctrica y la mezcla se inflama adquiriendo por su elevada temperatura (hasta de 2 000º) una gran fuerza expansiva que obliga al émbolo a retroceder. 4.º tiempo, expulsión: los gases quemados son expulsados por la válvula de escape al subir de nuevo el émbolo.

¿Por qué están dotados estos motores generalmente de varios cilindros?

Solamente durante el 3.er tiempo actúa la fuerza motriz sobre el émbolo y por eso se utilizan en la práctica varios cilindros de número par y en distinta fase para producir un movimiento más regular sobre el cigüeñal (eje motriz) y aumentar la potencia del motor.

En los motores de dos tiempos, usados en las motocicletas, al final de la explosión se produce el escape por un lado casi al mismo tiempo que se introduce el gas carburado por el otro lado.

¿Qué órganos esenciales tienen los motores a gas que no posea la máquina a vapor?

1) El carburador que prepara la mezcla de aire y combustible (bencina, nafta, benzol, gas de alumbrado, etc.).

2) La bobina de inducción o el magneto que provoca la chispa eléctrica.

3) Un sistema de refrigeración que puede ser por corriente de aire o por circulación de agua en caso de que los cilindros sean de doble pared. Radiador.

¿Qué distintivos caracterizan al motor Diesel?

El motor Diesel, que permite el empleo de aceites pesados como combustible, se funda en el principio de que por una compresión violenta, ejercida sobre el aire contenido en el cilindro de trabajo, se consigue una elevación de temperatura a tal grado que alcanza a provocar la inflamación de un combustible.

¿Qué se puede decir del rendimiento de las máquinas de combustión interna?

¿Cuáles son los tres modos principales de la propagación del calor?

En el tiempo de la aspiración penetra aire puro al cilindro de un motor Diesel. La compresión durante el 2.º tiempo alcanza hasta 30 atm y eleva la temperatura del aire en el cilindro hasta 600° y más. En este momento se inyecta petróleo finamente pulverizado que se quema produciéndose la expansión de los gases. Finalmente en el 4.º tiempo el gas quemado se lanza al exterior a través de la válvula de escape.

La esmerada construcción y el empleo de los materiales más apropiados y resistentes han permitido alcanzar rendimientos térmicos y mecánicos que para los motores a explosión se indican con un 25% a 30% y para los motores Diesel hasta el 37%.

1) El calor y la luz del sol llegan a la tierra atravesando el vacío. Igualmente el filamento incandescente de una lámpara eléctrica transmite calor a la ampolleta. Luego, el éter que llena el universo y aun los espacios intermoleculares de los cuerpos, transmite el calor en forma de movimientos vibratorios ($\lambda = 10\mu$ a $0,7\mu$ que significa micrón o milésimo de mm).

Esta transmisión de calor se llama propagación por radiación.

2) La propagación de calor a través de los cuerpos sólidos se verifica por conducción de partícula a partícula a causa de la cohesión de las moléculas, y a la propiedad que poseen los cuerpos de propagarlo de esta manera se la llama conductibilidad.

3) El tercer modo de propagación, llamado por arrastre o convección, es importante para los líquidos y gases en los cuales las partículas que reciben el calor se ponen en movimiento de traslación produciéndose una circulación que reparte el calor en toda la masa.

¿En cuántas clases se dividen los cuerpos sólidos con respecto a su conductibilidad del calor?

1) Buenos conductores del calor son los metales a pesar de notables diferencias de conductibilidad; la plata y el cobre son los mejores. Aplicación: la lámpara de seguridad de Davy. En las minas de carbón debe impedirse que la llama de la lámpara minera pueda inflamar el grisú, lo que se evita protegiéndola por medio de un cilindro de tela metálica por donde escapan los gases de combustión llegando al exterior con una temperatura inferior al punto de inflamación del peligroso gas de las minas.

2) Semiconductores: piedra, vidrio, hielo, etc.

3) Malos conductores: lana, seda, corcho, plumas, aire, cuerpos porosos, etc.

¿Por qué razón se origina en la masa de un líquido o gas un movimiento de circulación al calentar una parte del fondo del vaso?

Los líquidos no transmiten con facilidad el calor por conducción y mucho menos los gases. Pero la porción del fluido que recibe directamente el calor por estar en contacto con la fuente calórica, se dilata y disminuye de densidad, por lo que asciende hacia arriba siendo reemplazada por las partes frías del líquido o gas. De una estufa encendida sube una corriente de aire hacia arriba; el fuego de un hogar produce el tiro ascendente que por la chimenea arrastra al exterior los gases y humos de la combustión.

¿Puede Ud. citar algún ejemplo del fenómeno de la convección del agua?

1) Se utiliza el fenómeno de la convección en la calefacción de las casas por medio del agua caliente. El agua calentada en una caldera instalada en el sótano, entra en constante circulación atravesando los radiadores de calefacción que se encuentran en las habitaciones.

2) Cuando el enfriamiento del agua que está en contacto con el aire muy frío, ha llegado a 4°C , esta porción de agua por su mayor densidad baja al fondo y permanece allí, cesando la convección, aunque las capas superiores llegan a enfriarse hasta 0° y se congelan.

¿Qué fenómenos meteorológicos se explican como manifestaciones de la convección que existe entre las capas de la atmósfera?

3) A causa de las diferencias de temperatura y, por consiguiente de densidad, entre las aguas calientes del mar en la zona tropical y las aguas frías de los océanos glaciales se forman corrientes marinas de superficie que van del ecuador hacia los polos, mientras que otras submarinas llevan las aguas polares en sentido contrario.

Los vientos son manifestaciones de movimientos de convección dentro de la atmósfera. Si en alguna parte el aire que está en contacto con el suelo se calienta y por la dilatación se hace más liviano, se establece una corriente de aire ascendente que en las capas altas de la atmósfera se dirige hacia las partes frías. Por el contrario, en las regiones bajas se traslada una masa de aire frío hacia el lugar ocupado por aire caliente.

Un ejemplo de la circulación del aire causada por el desequilibrio de las temperaturas lo ofrecen los vientos alisios. En la zona ecuatorial, el aire caliente y liviano se eleva y en las regiones altas de la atmósfera se dirige hacia los polos (antialisios), lo que da lugar a que se formen en las regiones inferiores corrientes de aire frío que se dirigen hacia el ecuador, los vientos alisios. Si la tierra no tuviera rotación, esas corrientes avanzarían siguiendo la dirección de los meridianos; pero a causa de la rotación de la tierra de Oeste a Este, los vientos alisios al penetrar en las capas de aire animadas de una velocidad de rotación mayor que la suya propia, se desvían hacia el Oeste de los meridianos respectivos, soplando de S E a N O en nuestro hemisferio.

Entre los alisios de los dos hemisferios se encuentra la zona de las calmas donde, en el movimiento del aire, predomina la dirección vertical ascendente.

MAGNETISMO

¿Qué puede decir, en general, con respecto al magnetismo y a los imanes?

La palabra magnetismo se deriva probablemente de Magnesia, ciudad de la antigua Asia Menor, donde se encontraría el mineral de magnetita u óxido magnético de hierro Fe_3O_4 que presenta la propiedad de atraer y sostener pedacitos de hierro; imán natural.

Frotando varillas de acero con un imán natural, se obtienen los imanes artificiales, en forma de aguja, barra o herradura. Cada imán posee, a $1/12$ de cada extremo, dos lugares de mayor atracción, los polos: polo norte, el de un imán libremente suspendido que se dirige al Norte y polo sur, el que se dirige al Sur. La zona neutra, sin acción magnética, está en la parte media. El magnetismo se debilita por el calentamiento del imán y cerca de los 800° C. desaparece.

Con respecto a la acción mutua de los imanes rige la regla: polos del mismo nombre se repelen y polos de distinto nombre se atraen.

¿Qué experimento nos revela la estructura de un imán?

Si se divide un imán en cualquier número de partes, se obtiene un imán completo en cada una de ellas, experiencia que conduce a considerar una barra imanada como un conjunto de imanes moleculares con sus polos nortes orientados en un mismo sentido y un trozo de hierro no imanado como una agrupación de partículas magnéticas en completo desorden. La imanación consiste en la ordenación de los imanes moleculares (teoría de Weber).

En la parte central del imán las cantidades magnéticas N y S se compensan entre sí convirtiéndose en magnetismo latente, pero hacia los extremos manifiestan sus acciones al exterior las cantidades N y S dotadas de magnetismo libre.

¿Qué diferencia hay entre las clases de hierro con respecto al magnetismo?

¿Qué se llama **imánación por influencia** o por inducción magnética?

¿Qué designa el término de «masa magnética»?

Enuncie la ley de **Coulomb** o la ley de las atracciones y repulsiones magnéticas.

El hierro dulce se imana y desimana con facilidad (imanes temporales). En cambio, las demás clases de hierro, en especial el acero, oponen cierta resistencia a la imanación, pero retienen las propiedades magnéticas adquiridas (imanes permanentes).

Se llama fuerza coercitiva a la resistencia más o menos grande que en las substancias magnéticas se opone al movimiento de los imanes moleculares.

Con el nombre de influencia o inducción magnética se designa la acción que ejerce un imán sobre un objeto de hierro o acero colocado en su cercanía o en contacto con él, convirtiéndolo en un verdadero imán con dos polos: el de nombre contrario aparece en el extremo más cercano o adherido al imán inductor y el de igual nombre, en el extremo más alejado. Se explica la atracción ejercida por un imán sobre un trozo de hierro como consecuencia de la mutua acción entre los polos del imán inductor y los polos que origina por su influencia en el hierro.

La fuerza magnética actúa como si estuviera concentrada en los polos del imán y decimos que cada polo posee cierta masa o cantidad magnética que es proporcional a la intensidad de la fuerza que ejerce un polo sobre los polos de otro imán.

La ley de Coulomb dice: **La fuerza con que se atraen o repelen dos polos magnéticos es igual al producto de sus masas magnéticas dividido por el cuadrado de su distancia:**

$$F = \pm \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \text{ dinas} \dots\dots\dots (1)$$

F, significa la fuerza de atracción (—), o de repulsión (+); (m_1) y (m_2) las masas magnéticas y r la distancia entre los polos.

¿Qué masa magnética representa la **unidad absoluta**?

¿Cómo se deriva partiendo de la fórmula de la ley de Coulomb, la dimensión de la **unidad absoluta magnética**?

Explique la noción de «**campo magnético**».

¿Cómo se hace visible el campo magnético que rodea a un imán?

La **unidad de masa magnética absoluta** es la que actúa sobre otra igual colocada a la distancia de 1 cm con la fuerza de 1 dina. En otras palabras: es la que posee un polo que, colocado a la distancia de 1 cm de un polo de igual intensidad de otro imán, lo atrae o lo repele con la fuerza de 1 dina.

Si suponemos las masas magnéticas m_1 y m_2 como iguales entre sí, su producto será $= m^2$ y de la fórmula de la ley de Coulomb resulta:

$$m^2 = r^2 \cdot F; \text{ de donde } m = r \sqrt{F}$$

Sustituyendo en esta ecuación las unidades absolutas, obtenemos:

$$1 \text{ m} = 1 \text{ cm} \cdot \sqrt{1 \text{ gr cm seg}^{-2}} = 1 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1}$$

Esta unidad carece de nombre especial.

Todo el espacio dentro del cual un imán ejerce una acción apreciable sobre otro polo magnético, se llama su **campo magnético**. En la teoría se atribuye a este campo una extensión infinitamente grande.

Se coloca un cartón o una placa de vidrio cubierta con limaduras de hierro sobre el imán y se la golpea ligeramente. Las partículas de hierro se iman por influencia y, bajo las fuerzas que los polos del imán ejercen sobre estos pequeñísimos imanes, las limaduras se orientan en curvas cerradas que parten, según acuerdo convencional, del polo norte y convergen en el polo sur del imán. Estas curvas simétricas dan una imagen cualitativa de la distribución de las líneas de fuerza en el campo magnético. En las partes en que las líneas son paralelas hay un campo homogéneo o de igual intensidad.

¿Cómo queda determinada la dirección de las líneas de fuerza?

¿Qué medida se aplica para expresar la intensidad del campo magnético y cuál es su unidad?

¿Qué expresión matemática designa la intensidad del campo en un punto que está a la distancia (r) de la masa magnética (m)?

¿Qué relación existe entre la intensidad del campo magnético y las líneas de fuerza?

Si se introdujera en un campo magnético un polo norte libre, se movería, repelido por el polo norte y atraído por el polo sur del imán, sobre una trayectoria que coincidiría con la dirección de las respectivas líneas de fuerza. La dirección en que se mueve el polo norte se designa como dirección positiva de las líneas de fuerza.

Se indica la intensidad del campo magnético por el número que expresa la fuerza en dinas con la que actúa él sobre la unidad de la masa magnética colocada en ese punto del campo.

Por consiguiente: la unidad de intensidad, llamada Gauss, existe en aquel punto donde el campo magnético actúa sobre la unidad de la masa magnética con la fuerza de 1 dina.

Aplicando la fórmula de la ley de Coulomb y tomando en cuenta que una de las masas magnética debe ser la unidad, resulta:

$$F = \pm \frac{m \cdot 1}{r^2} \text{ dinas.}$$

La letra con que se designa la intensidad del campo es H y se puede escribir:

$$H = \frac{m}{r^2} \frac{gr^{1/2} cm^{3/2} se g^{-1}}{cm^2} = \frac{gr^{1/2}}{cm^{1/2} se} \text{ que}$$

es la dimensión del Gauss..... (2)

Es evidente que de la masa magnética de un polo de un imán entran o salen infinitas líneas de fuerza. Para relacionar el número de estas líneas con la intensidad del campo, se le ha asignado a la unidad de masa magnética el origen de $4\pi = 12,56$ líneas, para que cada cm^2 de la superficie de una esfera de radio de 1 cm, conteniendo la unidad de la masa magnética en su centro, sea atravesado por 1 línea de fuerza. De una masa

¿Cuántas líneas de fuerza corresponden a la unidad de intensidad del campo magnético?

¿Qué acción ejerce sobre las líneas de fuerza un trozo de hierro puesto dentro del campo magnético?

¿Tiene la presencia de otros cuerpos en el campo el mismo efecto que el hierro sobre la distribución de las líneas de fuerza?

¿Cómo se clasifican los cuerpos con respecto a su permeabilidad magnética?

magnética de m unidades parten, por consiguiente, $4\pi \cdot m$ líneas de fuerza.

La intensidad del campo magnético queda relacionada con la cantidad de líneas de fuerza de tal modo que el número de las que atraviesan la superficie de 1 cm^2 puesto normalmente a la dirección de ellas, sea igual al valor numérico de las dinas que expresan la intensidad del campo en el mismo lugar.

La unidad de intensidad, llamada Gauss, existe en aquel lugar del campo magnético donde 1 línea de fuerza atraviesa normalmente la superficie de 1 cm^2 .

Las líneas de fuerza vecinas sufren una desviación y como atraídas por el trozo de hierro se concentran hacia él como si atravesaran el hierro más fácilmente que el aire. Si una varillita de hierro se halla suspendida por su centro de gravedad, se colocará de modo que su eje coincida con la dirección del campo; es decir, paralelamente a la recta que une los polos del imán.

Hay cuerpos, como el bismuto, que producen un efecto contrario; es decir, cuya presencia en el campo magnético hace separarse las líneas vecinas entre sí, como si éstas se propagaran con más facilidad por el aire que por el bismuto. Varillas de estos cuerpos suspendidos entre los polos de un poderoso imán, tratan de ponerse en cruz con la dirección del campo magnético, por ser repelidos por los respectivos polos del imán.

La propiedad de oponer más o menos resistencia al paso de las líneas de fuerza se llama la permeabilidad magnética.

La permeabilidad del vacío se toma por unidad; la del aire es algo más de 1. Cuerpos cuya permeabilidad es mayor que 1, se llaman paramagnéticos (hierro, níquel, cobalto, cromo, sales de hierro, oxígeno, etc.) y si es

¿Por qué razón se habla de un **campo magnético terrestre**?

¿Qué se entiende por ángulo de **declinación magnética**?

¿Cómo está construida una brújula de declinación?

¿Qué importancia tiene el conocimiento de la declinación magnética?

¿Qué son las líneas isógonas?

menor que 1, cuerpos diamagnéticos (bismuto, antimonio, mercurio, agua).

La orientación de norte a sur que toman los imanes libremente suspendidos, permite considerar la Tierra como un gran imán que tiene su polo N magnético en la región polar sur (está en la Tierra Victoria del Sur) y su polo S magnético como a 1 500 km del polo geográfico norte, probablemente en el Archipiélago de Sverdrup al norte del Canadá.

El ángulo de declinación magnética es el ángulo que forma el plano del meridiano magnético (el plano vertical que pasa por el eje magnético del imán) con el plano del meridiano geográfico del lugar. La declinación varía con el tiempo.

El meridiano geográfico se determina mediante el gnomon por la bisectriz del ángulo formado por las sombras proyectadas por alturas correspondientes del sol; o con más exactitud, trazando la bisectriz del ángulo formado por las visuales dirigidas a una estrella fija cuando pasa por los puntos de igual altura sobre el horizonte antes y después de su culminación.

La brújula de declinación se compone esencialmente de una aguja imanada, móvil sobre un eje, la cual puede girar sobre un círculo horizontal graduado cuyo 0° y 180° se hace coincidir con la dirección del meridiano geográfico del lugar. La aguja marca directamente sobre el limbo graduado la declinación que puede ser Este u Oeste. (Santiago, 12° al E).

El conocimiento de la declinación magnética es de gran importancia para determinar el rumbo en que debe ser dirigido un buque o avión. Brújula marina con suspensión de Cardani.

Las líneas isógonas son las que unen todos los puntos de igual declinación magnética; se dirigen de norte a sur sin presentar la re-

¿Qué es la inclinación magnética?

¿Cómo está construida la brújula de inclinación?

¿Qué son las líneas isóclinas?

¿Con qué objeto se construyen las agujas astáticas?

gularidad geométrica de los meridianos geográficos.

La inclinación magnética es el ángulo formado por el horizonte y el eje de un imán colocado en el meridiano magnético y que puede girar libremente en un plano vertical (Santiago, $30^{\circ}1\frac{1}{2}$).

La brújula de inclinación consiste en un soporte que sostiene una aguja magnética suspendida por su centro de gravedad y movable alrededor de un eje horizontal. Colocada la aguja en el meridiano magnético se inclina y marca en el limbo graduado de un círculo vertical la inclinación magnética del lugar.

Las líneas isóclinas unen los lugares de igual inclinación magnética. La isóclina de 0° es el Ecuador magnético que llega a alejarse del Ecuador geográfico hasta 15° .

Se llama sistema astático el conjunto de dos agujas imanadas de igual intensidad y mantenidas por una armadura común en dirección paralela entre sí; pero con los polos contrarios uno frente a otro. De este modo, las acciones contrarias del magnetismo terrestre sobre los polos de las agujas se anulan y el sistema no se orienta de norte a sur.

ELECTRICIDAD

I.—Electrostática

¿Cómo se prueba que un cuerpo posee una carga eléctrica?

¿Por qué se designa esta propiedad con el nombre de electricidad?

Decimos que un cuerpo está cargado de electricidad, cuando por frotamiento o por intermedio de otro cuerpo electrizado ha adquirido la propiedad de atraer corpúsculos livianos (pedacitos de papel, de corcho) y de rechazarlos después del contacto.

La palabra «electricidad» se deriva del vocablo griego «elektron» que significa ámbar, cuerpo en el cual Thales de Mileto (600 a. C.) observó por primera vez este fenómeno.

¿Cómo podemos dividir el estudio de la electricidad según el estado en que se encuentra?

¿Qué cuerpos son conductores y cuáles son aisladores de la electricidad?

¿Por qué se prestan los aisladores para producir en ellos cargas eléctricas por frotamiento?

¿Por qué los camiones que transportan depósitos con bencina llevan arrastrando por el suelo una cadena?

¿Qué clase de **electricidad** es la **positiva** y cuál es la **negativa**?

¿Qué fenómeno se observa entre dos cuerpos cargados de electricidad?

1. La electrostática considera la electricidad en su estado de reposo y estudia las propiedades y los fenómenos que presentan los cuerpos electrizados.

2. La electrodinámica trata de la electricidad en movimiento y de los efectos producidos por la corriente eléctrica dentro y fuera de los conductores.

Conductores de la electricidad son los cuerpos que transmiten la electrización en toda su superficie (metales, carbón, soluciones de sales y ácidos), mientras que los aisladores no dan paso a la electricidad (ámbar, porcelana, vidrio, seda, azufre).

Porque los aisladores retienen la electricidad en aquellas partes que la han adquirido por el frotamiento. Una varilla metálica sostenida con la mano no podrá electrizarse por frotamiento, porque la electricidad producida pasará inmediatamente a la tierra; pero si se sostiene el metal mediante un mango aislador, se verifica también su electrización por fricción.

Porque también los líquidos, la bencina en este caso, se electrizan por el rozamiento con las paredes del depósito y para prevenir chispas eléctricas se conducen las cargas producidas a tierra mediante una cadena metálica.

A la electricidad que adquiere el vidrio pulido frotándolo con seda o lana se llama positiva (+) y negativa (—) a la que se desarrolla en la ebonita frotada con seda o lana.

Ambas electricidades se producen simultáneamente en cantidades equivalentes, una sobre el cuerpo que frota y la otra sobre el cuerpo frotado.

Dos cuerpos cargados con electricidad del mismo nombre, se repelen, cargados con electricidad de distinto nombre, se atraen.

¿Qué aparato es el **electroscopio** de hojas metálicas?

¿Para qué sirve el electroscopio?

¿Qué es un **electrómetro**?

Aparte de la electricidad producida por frotamiento, ¿qué otro procedimiento existe para obtener cargas eléctricas?

¿Qué sucede, si se toca con un dedo o se comunica con tierra cualquier punto del conductor sobre el cual está actuando por influencia un cuerpo electrizado?

El electroscopio consta de una varilla metálica con dos láminas de oro o de aluminio en la parte inferior y con un botón en el extremo superior, la cual se sujeta por medio de un tapón aislador colocado en el cuello de un vaso de vidrio.

El electroscopio sirve para indicar si un cuerpo está electrizado y la clase de electricidad que lo carga. Al tocar la esferita del instrumento con un cuerpo electrizado, éste le comunica parte de su carga y las laminillas metálicas, cargadas con electricidad del mismo nombre, se abren formando un ángulo.

Para saber el nombre de la electricidad que lleva un electroscopio, se le acerca a su extremo superior un cuerpo cargado con electricidad de signo conocido, p. ej. una varilla de vidrio frotada (+). Si las láminas aumentan su divergencia, el aparato posee también una carga positiva y si se juntan más, su electricidad sería la negativa.

Un **electrómetro** es un electroscopio dotado de un arco cuya graduación mide la divergencia de las láminas en Volt.

Se obtienen cargas eléctricas también por inducción o influencia eléctrica que consiste en la aparición de ambas electricidades en la superficie de un conductor, llamado inducido, cuando se encuentra en la proximidad de un cuerpo electrizado o inductor. En la parte más próxima al cuerpo electrizado aparece en el conductor una carga de nombre contrario a la del cuerpo electrizado, mientras que la del mismo signo es repelida hacia el extremo más alejado del conductor.

La electricidad de signo igual a la que actúa por influencia abandona el conductor pasando a tierra; pero queda retenida en el conductor la de signo contrario, la cual se distribuye por todo el conductor, cuando se interrumpe primero el contacto con tierra y luego se retira el cuerpo electrizado o inductor.

Para producir por frotamiento mayores cantidades de electricidad, están en uso adecuadas **máquinas eléctricas**; describa una.

Explique el funcionamiento de la máquina electrostática de frotamiento.

¿Cómo se distribuye la electricidad en un cuerpo conductor?

¿Qué se entiende por **densidad eléctrica**?

¿De qué manera depende la densidad eléctrica de la forma del conductor?

¿Qué hipótesis se estableció para explicar los fenómenos eléctricos?

La máquina electrostática de frotamiento consta de tres partes: El cuerpo frotado que es un disco giratorio de vidrio; el frotador en forma de un par de almohadillas entre las cuales pasa rozando el disco de vidrio, y en tercer lugar, el conductor metálico, llamado también colector, que lleva una abrazadera en forma de U provista de puntas entre las que puede pasar libremente el disco de vidrio.

El disco de vidrio, al pasar rozando entre los cojinetes, se carga con electricidad positiva la cual actúa por influencia sobre el conductor cuando se halla frente a las puntas de éste; repele la electricidad positiva al conductor y a las puntas atrae la negativa que se descarga sobre el disco restableciendo su estado neutro.

Cuando un cuerpo conductor se electriza, la electricidad se acumula solamente en la superficie exterior debido a que las cargas eléctricas de igual signo se repelen mutuamente. Por la jaula o el cilindro de Faraday se puede demostrar experimentalmente que en el interior de un conductor cargado, no existen cargas eléctricas.

La densidad eléctrica es la cantidad de electricidad que hay por cada unidad de superficie, o sea por 1 cm^2 .

Sobre una esfera existe en cada cm^2 de la superficie la misma cantidad de electricidad; pero en los conductores de forma alargada, la distribución de la electricidad es irregular aumentando la densidad eléctrica en las zonas de mayor curvatura y elevándose a su valor máximo en las aristas y puntas. Fenómeno del «viento eléctrico» y escape por las puntas a causa de la electrización de partículas de aire que son repelidas.

Para explicar los fenómenos observados en la electricidad producida por frotamiento o por influencia, se suponía que todo cuerpo en estado neutro posee ambas electricidades en

Según la **teoría actual** sobre la estructura del átomo, ¿en qué consiste la electricidad?

cantidades iguales y tan mezcladas entre sí que sus efectos sobre los demás cuerpos se anulan o neutralizan. Pero, por diferentes causas, en particular por el frotamiento o por la influencia se consigue la separación de los flúidos eléctricos y entonces es cuando aparecen los fenómenos atribuidos a la electricidad positiva o negativa.

Las partículas constitutivas del átomo son: protones, neutrones y electrones. Los protones son corpúsculos materiales con carga eléctrica positiva e^+ , los cuales están en un número fijo en el átomo de un elemento químico. Los neutrones son partículas de igual masa que los protones, pero sin carga eléctrica. Los protones y neutrones constituyen la masa nuclear del átomo con carga eléctrica positiva.

En torno del núcleo giran, en diversas órbitas, los electrones que son los corpúsculos o átomos de la electricidad negativa e^- , cuyo número es igual al de los protones nucleares para neutralizar las cargas eléctricas del átomo. La masa material del electrón es 1 850 veces menor que la del ion de hidrógeno o protón, siendo su carga eléctrica igual a la de aquél, o sea $e = 4,8 \cdot 10^{-10}$ unidades electrostáticas, cantidad que se considera como la partícula elemental indivisible de la electricidad.

En los cuerpos conductores los electrones estarían dotados de gran movilidad, pero en los aisladores quedarían afianzados a las moléculas por fuerzas elásticas.

¿Cómo explica la teoría electrónica la existencia de dos estados eléctricos: positivo y negativo?

De diversas maneras se pueden obtener los electrones en estado libre y al desprenderse dejarían al conductor con las propiedades de las cargas positivas, mientras que su acumulación provocaría los efectos de las cargas negativas. Los fenómenos de la influencia podrían explicarse por la atracción o repulsión que las cargas eléctricas ejercerían sobre los

Cómo se miden las fuerzas eléctricas?

Las mediciones exactas condujeron a Coulomb al establecimiento de una ley que lleva su nombre; enuncie esta ley.

¿Cómo se deduce de esta fórmula la dimensión de la unidad absoluta de la masa eléctrica?

¿Qué carga eléctrica representa la **unidad absoluta de la masa eléctrica**?

¿Con qué nombre se designa a la **unidad práctica de la masa eléctrica**?

electrones libres produciendo su desplazamiento hacia uno u otro extremo de un conductor.

Por medio del aparato, llamado «balanza de Coulomb» se pueden medir las fuerzas con que se repelen dos cuerpos livianos cargados de electricidad. Se observa: 1) que se repelen con tanta mayor intensidad cuanto más electrizados estén estos cuerpos, y 2) que la mutua repulsión disminuye mucho al aumentar la distancia entre ellos.

La ley de Coulomb dice: **La fuerza atractiva o repulsiva entre dos cargas eléctricas es igual al producto de sus masas dividido por el cuadrado de la distancia que las separa.**

$$F = \pm \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2} \quad \text{dinas} \quad \dots \dots \dots (3)$$

Si tomamos dos cantidades de electricidad iguales, $e_1 = e_2$, resulta su producto igual a e^2 y la fórmula anterior dará: $e = r \cdot \sqrt{F}$. Si además la magnitud se elige de modo que las acción recíproca sea de 1 dina y la distancia entre ellas de 1 cm se obtiene:

$$1 e = 1 \text{ cm} \cdot \sqrt{1 \text{ gr cm seg}^{-2}} = 1 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1} \dots \dots \dots (4)$$

La unidad absoluta de la masa eléctrica es aquella carga eléctrica que ejerce la fuerza de 1 dina sobre otra igual colocada a la distancia de 1 cm. (Esto rige para el vacío o el aire, porque la fuerza eléctrica depende de la naturaleza del dieléctrico o cuerpo aislador que hay entre ellas).

La unidad práctica de la masa eléctrica es el Coulomb que es igual a 3 mil millones de unidades electrostáticas absolutas:

$$1 \text{ Coulomb} = 3 \times 10^9 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1} \quad (5)$$

¿Qué puede decir del **campo eléctrico**?

Cuando se introduce en un campo eléctrico la unidad absoluta de la masa eléctrica, ¿qué sucede?

¿En qué punto habrá la unidad de intensidad del campo eléctrico?

Explique la noción de **las líneas de fuerza del campo eléctrico**.

¿Qué se ha convenido sobre el número de líneas de fuerza que en un campo eléctrico pasan por cada cm^2 colocado per-

Se llama campo eléctrico a todo el espacio en el cual una carga eléctrica ejerce una fuerza de atracción o repulsión sobre otra masa eléctrica, o actúa por inducción sobre otros conductores que estén en estado neutro.

Aplicando la ley de Coulomb (3) se podrá calcular el valor de la fuerza a la cual quedará sometida la unidad absoluta de la masa eléctrica en cualquier punto del campo. Cuando la distancia entre la masa eléctrica E y aquella unidad es de r cm se obtiene:

$$F = \frac{E \cdot I}{r^2} \text{ dinas, lo que indica que la intensidad del campo eléctrico se mide en cualquier punto por la fuerza en dinas con que una carga eléctrica actúa sobre la unidad absoluta de la masa eléctrica colocada en ese punto; (o también por el número de líneas de fuerza que pasan por } 1 \text{ cm}^2 \text{ puesto normalmente a ellas).}$$

La unidad de intensidad del campo eléctrico corresponde a cada punto en que actúa la fuerza de 1 dina sobre la unidad absoluta de la masa eléctrica.

Si en un campo eléctrico se introduce una pequeña carga electro-positiva, ésta se moverá bajo la acción de las fuerzas eléctricas de tal modo que la dirección y el sentido de su movimiento coincidan con la dirección y sentido del campo. Las trayectorias determinadas de esta manera toman el nombre de líneas de fuerza del campo eléctrico. El movimiento de una masa positiva, que es repelida por la carga positiva y atraída por la negativa, marca el sentido positivo de la línea de fuerza.

Se puede suponer que hay infinitas líneas de fuerza en un campo eléctrico. Pero se ha convenido asignar a cada centímetro cuadrado perpendicular a la dirección de estas líneas un número tal de ellas que sea idéntico al de las dinas que expresa la fuerza con que

pendicularmente a la dirección de ellas?

¿Cuántas líneas salen de la unidad absoluta de la masa eléctrica?

¿Cuántas líneas de fuerza parten de una masa eléctrica de E unidades?

¿Cómo se calcula el número de líneas de fuerza que pasan por 1 cm^2 de un campo eléctrico?

¿Qué es el potencial eléctrico?

actúa el campo sobre la unidad de la masa eléctrica en dicho punto.

Se supone la unidad absoluta de la masa eléctrica colocada en el centro de una esfera de 1 cm de radio la cual tiene una superficie de $4\pi \text{ cm}^2$. Luego para que pase 1 línea de fuerza por cada uno de los $4\pi \text{ cm}^2$, dicha unidad debe emitir 4π líneas.

Una masa eléctrica de E unidades emite o recibe (según su signo $+$ o $-$) un número total (N) de líneas de fuerza igual al producto de 4π por E .

$$N = 4\pi \cdot E \text{ líneas de fuerza}$$

El número de líneas de fuerza n que pasan normalmente por 1 cm^2 del campo eléctrico producido por la carga E a la distancia r de ella, será:

$$n = \frac{E}{r^2} \frac{\text{líneas de f.}}{\text{cm}^2} \dots\dots\dots (6)$$

Supongamos un campo eléctrico producido por una carga electro-positiva E . Para acercar progresivamente la unidad de la masa eléctrica positiva $1e$ hasta la proximidad del cuerpo electrizado, habrá que vencer la fuerza eléctrica repulsiva $\frac{E}{r^2}$ que crece constantemente a medida que se acorta la distancia entre E y $1e$.

El trabajo total, que es la suma de los trabajos parciales efectuados al trasladar la unidad de masa eléctrica desde el infinito, o desde el potencial 0, hasta la distancia r de la carga E , representa la energía potencial V que posee dicha unidad colocada en ese punto del campo eléctrico; en analogía a la energía potencial que adquiere una masa mecánica al elevarla a cierta altura en el campo de gravitación terrestre y cuyo valor se mide igualmente por el trabajo efectuado al levantar ese cuerpo a cierta altura.

¿Cómo se define el potencial eléctrico?

¿Qué fórmula expresa el potencial de un punto en el campo eléctrico?

¿Qué se entiende por una superficie equipotencial?

¿Qué trabajo habrá que realizar para traer cualquier masa eléctrica desde el infinito hasta un punto del potencial V ?

¿En qué punto del campo eléctrico habrá la **unidad del potencial**?

El potencial en cualquier punto del campo eléctrico producido por una carga central, es igual al trabajo de las fuerzas eléctricas al traer la unidad de masa eléctrica desde el infinito hasta el punto considerado.

El potencial V de un punto que está a la distancia r de la masa eléctrica E , se expresa por la fórmula:

$$V = \frac{E}{r} \frac{\text{gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1}}{\text{cm}} = \text{gr}^{1/2} \text{ cm}^{1/2} \text{ seg}^{-1} \quad (7)$$

Todos los puntos de igual potencial forman una superficie equipotencial del campo eléctrico y al desplazarse una masa eléctrica sobre ella, no se efectúa ningún trabajo. La superficie de un conductor cargado de electricidad es una superficie equipotencial, porque en todos sus puntos el potencial es el mismo.

Si la masa eléctrica que se traslada es de e unidades, se encuentra el trabajo multiplicando esta masa por el potencial V del campo eléctrico:

$$T = e \cdot V \text{ erg o Joule, según el sistema de medida empleada para } e \text{ y } V. \dots \dots (8)$$

Existe la unidad de potencial en aquel punto hasta el cual el traslado de la unidad de la masa eléctrica desde el infinito, demande la unidad de trabajo.

1) En el **sistema electrostático absoluto**: si para traer la unidad de masa eléctrica desde el infinito hasta dicho punto tenemos que efectuar el trabajo de 1 erg.

$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ erg}}{1 \text{ masa eléc.}} = \frac{1 \text{ gr cm}^2 \text{ seg}^{-2}}{1 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1}} = 1 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{1/2} \text{ seg}^{-1} \dots \dots \dots (9a)$$

2) En el **sistema práctico**: si para trasladar la masa de 1 Coulomb desde el infinito hasta ese punto se exige el trabajo de 1 Joule.

$$1 \text{ Volt técnico} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ Coulomb}} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ m.e.}} = \frac{1}{300} \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{1/2} \text{ seg}^{-1} \dots \dots \dots (9b)$$

Nota: El término «desde el infinito» significa desde el potencial cero, que es el de la tierra cuyo potencial se considera = 0.

Si V_1 es el potencial superior, V_2 el inferior y e la carga móvil, el trabajo realizado se expresa por la fórmula:

$$T = e (V_1 - V_2) \dots \dots \dots (10)$$

Ejemplo: ¿Qué trabajo se exige para acercar una masa eléctrica de 25 unidades abs. desde la distancia de 48 cm a la de 30 cm de una carga central de 240 unidades abs, si las cargas son del mismo signo?

$$V_1 = \frac{240}{30} = 8 \text{ Volt}; \quad V_2 = \frac{240}{48} = 5 \text{ Vol}$$

$$\text{Trabajo} = 25 (8 - 5) = 75 \text{ erg.}$$

La capacidad de un conductor es igual a la razón entre la masa eléctrica que lo carga y el potencial que adquiere por esa carga:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Carga eléc.}}{\text{Potencial}} = C = \frac{E}{V} \quad (11)$$

La unidad de capacidad corresponderá al conductor que con la unidad de carga adquiere un potencial igual a la unidad.

1) En el **sistema** de unidades electrostáticas **absoluto**: La unidad absoluta de la capacidad la posee un conductor que con la unidad absoluta de la masa eléctrica adquiere el potencial de 1 Volt:

¿Qué trabajo se realiza al desplazar una carga eléctrica entre dos puntos de potencial distinto?

¿Qué es la capacidad eléctrica de un conductor?

¿A qué conductor corresponde la unidad de capacidad?

$$1 \text{ C} = \frac{1 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1}}{1 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{1/2} \text{ seg}^{-1}} = 1 \text{ cm} \dots (12)$$

Luego, una esfera cuyo radio es de 1 cm representa la unidad absoluta de capacidad.

2) En el **sistema práctico**: La unidad práctica de capacidad la posee el conductor que con la carga de 1 Coulomb adquiere el potencial de 1 Volt técnico. Se llama Farad:

$$1 \text{ F} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}} = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1}}{\frac{1}{300} \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{1/2} \text{ seg}^{-1}} = 9 \cdot 10^{11} \text{ cm} \dots (13)$$

Generalmente se emplea el Microfarad que es la millonésima parte del Farad = $9 \cdot 10^5 \text{ cm}$ y cuyo signo es $\mu \text{ F}$.

¿Qué capacidad posee un conductor que cargado con 54.000 unidades de masa eléctrica adquiere el potencial de 100 Volt?

Para aclarar las nociones de capacidad, potencial y masa eléctricas, se puede encontrar cierta analogía con los fenómenos calóricos correspondientes. ¿Puede Ud. hacer alguna comparación en este sentido?

$$\text{Solución: } C = \frac{E}{V} = \frac{54000 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1}}{100 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{1/2} \text{ seg}^{-1}} = 540 \text{ cm} = 0,0006 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ microfarad}$$

A la masa eléctrica correspondería la comparación con la cantidad calórica expresada en calorías que recibe o desprende un cuerpo, y los grados del calor de una sustancia, indicados por un termómetro, se compararían con los Volt que indican el grado de electrificación del cuerpo. Como las temperaturas se cuentan desde 0 que es el estado calórico del hielo fundente, así también se mide el potencial eléctrico de un conductor arbitrariamente en referencia al potencial de la tierra que se supone igual a cero.

Al ponerse en contacto un cuerpo caliente con otro frío pasa calor del primero al segundo hasta que se hayan igualado las temperaturas de ambos. De manera parecida, al unir dos conductores cargados a diferentes potenciales, decimos que la electricidad fluye des-

de el conductor de potencial superior hacia el de potencial inferior hasta que el potencial de ambos sea el mismo, aunque sea muy diferente la cantidad de electricidad que retiene cada conductor en proporción a su capacidad.

Sin embargo, en cuanto a la capacidad hay diferencia entre la capacidad calórica y la eléctrica de un cuerpo metálico. La capacidad calórica depende de la masa y del calor específico del cuerpo; en cambio, la capacidad eléctrica se relaciona con la extensión geométrica del conductor; p. ej.: una esfera metálica hueca y otra maciza, de igual radio, tienen igual capacidad eléctrica, pero no calórica.

¿De qué depende la capacidad eléctrica de un conductor?

El conjunto de estas condiciones constituye la eficacia de **los condensadores**; ¿para qué sirven éstos?

Indique el principio en que se basa el funcionamiento de un condensador.

La capacidad eléctrica de un conductor depende de la extensión de su superficie, de la distancia a que se halla de otros conductores y de la naturaleza del cuerpo aislador interpuesto entre los conductores.

Los condensadores eléctricos están destinados a acumular grandes cantidades de electricidad en pequeñas superficies; son conductores de gran capacidad formados por dos placas metálicas sostenidas por aisladores y separados entre sí por un cuerpo dieléctrico (aire, vidrio, papel parafinado, etc.).

Estas placas se llaman las armaduras del condensador.

Cuando se conecta la primera placa (A) de un condensador plano con el polo positivo de una máquina eléctrica, fluye hacia ella electricidad hasta que haya adquirido el potencial de la máquina. Luego se le acerca la otra placa (B) no electrizada. Debido a la influencia ejercida por la carga positiva de A, los electrones libres de B se acumulan sobre su cara más cercana al conductor A, cuyo potencial disminuye y por lo tanto puede recibir nuevas cantidades de la electricidad positiva de la máquina.

¿Cuáles son las formas principales que se dan a los condensadores?

Si se une a tierra la placa B, se observa una mayor disminución de potencial, o sea, un mayor aumento de la capacidad de la armadura A porque la electricidad positiva de B, repelida por la carga positiva de A, ha pasado a la tierra.

1) Fuera del condensador de placas merece mención la botella de Leyden que consta de un vaso de vidrio revestido con hojas de estaño en el interior y en el exterior, hasta los $\frac{2}{3}$ de su altura. Para cargarla se une a tierra la armadura exterior y la interior se conecta con una máquina eléctrica.

2) De uso muy frecuente son actualmente los condensadores de capacidad variable que están contruídos por una serie de discos metálicos semicirculares y paralelos formando dos grupos, uno fijo y otro móvil. Este último girando alrededor del eje común, puede introducir gradualmente los discos movibles entre los fijos.

¿Qué significado tiene el valor denominado la constante dieléctrica?

Cuando se reemplaza el aire o vacío que separa las armaduras de un condensador por una substancia aisladora, se aumenta la capacidad de éste, cierto número de veces, en comparación con la que posee sin dieléctrico. Este valor constante para cada dieléctrico se llama su constante dieléctrica; p. ej.: para el aire = 1; azufre, 4; vidrio, 7; mica, 8.

¿Qué fórmula se aplica al cálculo de la capacidad de un condensador?

Para calcular la capacidad de un condensador se aplica la fórmula:

$$C = \frac{k \cdot S}{4 \pi \cdot d} \text{ cm.} \dots \dots \dots (14)$$

en que k sería el valor de la constante dieléctrica; S, la superficie en cm^2 de una cara de una de las armaduras y d, la distancia en cm entre las armaduras o el espesor del dieléctrico.

¿Qué es una descarga eléctrica?

Siendo el aire un mal conductor de la electricidad, ¿cómo se explica que una descarga pueda atraerarlo?

La descarga eléctrica es la neutralización de cantidades eléctricas de signo contrario. Se verifica:

1) Por las descargas silenciosas de los conductores que terminan en puntas, en las que se observan en este caso efluvios y penachos de luz azulada. (Fuego de San Telmo).

2) Mediante una chispa, cuando se acercan dos cuerpos electrizados a una distancia tal que sus altos potenciales puedan vencer la resistencia del aire o del dieléctrico que hay entre ellos. (Rayos y relampagos en la naturaleza).

Precede a la descarga eléctrica la ionización del aire que rodea a los conductores o condensadores electrizados hasta altos potenciales. Este proceso consiste en que los iones libres, los que hay siempre en pequeño número, acelerados por la gran intensidad del campo eléctrico entre las armaduras, chocan con las moléculas de aire que encuentren en su camino y dividen la molécula impelida en dos iones, uno con carga positiva y otro con carga negativa. Los iones procedentes de los choques, a su vez originan otros iones por colisión con moléculas de aire y el conjunto de iones así formado constituye el conductor a través del cual se produce la descarga eléctrica.

II.—Electrodinámica

¿Cuál fué el experimento fundamental de Volta?

Volta descubrió que cuando dos metales diferentes se ponen en contacto, adquieren débiles cargas eléctricas de signos contrarios manteniéndose entre ellos una diferencia de potencial constante. Supuso que se generaba por el contacto de los metales una fuerza especial, que llamó fuerza electromotriz, la cual separaba los flúidos eléctricos de ambos cuerpos. Formó una serie colocando los meta-

¿Qué cuerpos son conductores de primera y cuáles de segunda clase?

Enuncie las leyes de Volta.

les en tal orden que, al juntarlos, el que antecede se electriza positivamente y negativamente el que ocupa un lugar posterior, estableciéndose entre los dos una diferencia de potencial tanto mayor cuanto más dista uno del otro en la serie: Zn, Pb, Sn, Fe, Cu, Ag, Au, Pt, C.

1) Son conductores de primera clase los metales y el carbón: al pasar por éstos una corriente eléctrica, hay en ellos un movimiento de electrones, pero ninguna alteración química.

2) Los conductores de segunda clase son los líquidos que se descomponen por efecto de la corriente eléctrica como asimismo las disoluciones de ácidos y sales.

1) Entre dos metales diferentes puestos en contacto, se produce una diferencia de potencial característica para cada par de metales, pero independiente de la extensión de las superficies en contacto.

2) La diferencia de potencial que se produce por una serie de conductores metálicos en contacto, es igual a la que corresponde a los dos cuerpos extremos en contacto directo.

Manteniendo los metales a la misma temperatura, no se origina corriente eléctrica cuando se unen los extremos de los cuerpos en contacto por medio de un alambre conductor.

3) Para poder producir una corriente eléctrica hay que poner en contacto conductores de primera y segunda clase, conjunto que se denomina pilas eléctricas.

Las reacciones químicas que se verifican en este caso se consideran como la fuente de la energía eléctrica que se manifiesta por la diferencia de potencial que se establece entre los extremos libres de los metales.

Describe la pila de Volta y su funcionamiento como generador de electricidad.

La pila de Volta consiste en dos placas, una de cobre y otra de zinc, sumergidas en ácido sulfúrico diluido. El cobre recibe el nombre de polo positivo y el zinc es el polo negativo, existiendo entre ambas placas metálicas una diferencia de tensión o potencial de casi 1 Volt.

Si se conectan los extremos libres del cobre y del zinc, con un galvanómetro, éste indicará el paso de una corriente eléctrica desde el potencial superior del cobre (polo+) hacia el potencial inferior del zinc (polo—). Durante el paso de la corriente, el ácido sulfúrico ataca al zinc amalgamado con desprendimiento de hidrógeno y a expensas de la energía química de esta reacción se mantiene la fuerza electromotriz de la pila que obliga a la electricidad a circular por efecto de la diferencia de potencial producida entre los polos.

¿Qué se entiende por el circuito exterior e interior de la pila?

El circuito exterior comprende el paso de la electricidad desde el polo + a través del alambre conductor al polo — de la pila, y la corriente de igual intensidad que desde la placa negativa atraviesa el líquido del interior de la pila hasta la placa positiva, forma el circuito interior.

El conjunto de ambos constituye el circuito cerrado, recorrido por la corriente en el sentido en que se traslada la electricidad positiva.

Para el circuito exterior, nunca se puede aprovechar toda la fuerza electromotriz de la pila, ya que una parte de ella debe constituir la diferencia de potencial necesaria para el circuito interior.

¿Cuál es la razón por la cual se dice que el movimiento de la electricidad se efectúa en sentido con-

Posteriormente a esa designación se observaron fenómenos que ponen en evidencia que la corriente eléctrica en los conductores consiste esencialmente en el movimiento de los electrones o partículas electronegativas y que,

trario a la designación convenida que lo hace partir del polo + hacia el polo—?

¿Es constante la fuerza electromotriz de la pila de Volta?

¿Cómo se puede evitar la polarización de las pilas?

Describe una pila de este tipo.

¿Qué se entiende por intensidad de la corriente eléctrica?

¿Cuál es la unidad de intensidad de la corriente eléctrica?

por lo tanto, como el sentido de la corriente debería considerarse aquel en que se desplazan los electrones, es decir la electricidad negativa.

No es constante; la fuerza electromotriz disminuye a causa de la polarización de la pila. Este proceso consiste en que sobre la parte sumergida del cobre se forma una capa gaseosa de hidrógeno que, además de aumentar la resistencia interior, altera la polaridad de la placa de cobre de tal modo que se origina una fuerza electromotriz contraria, la cual produce una corriente llamada de polarización, que circula en sentido opuesto a la anterior, debilitándola. El hidrógeno proviene del proceso electroquímico provocado por la corriente interior en su paso a través del líquido de la pila.

Este inconveniente se suprime mediante el empleo de sustancias oxidantes por las cuales el hidrógeno es oxidado y pasa a formar agua.

Una pila muy usada es la de Leclanché que tiene el zinc (polo—) sumergido en una solución de cloruro de amonio y el carbón (polo+) rodeado por granitos de bióxido de manganeso. Del mismo tipo son las conocidas pilas secas. Su fuerza electromotriz (f. e. m.) es = 1,5 V.

Se denomina intensidad de la corriente eléctrica a la cantidad de electricidad que pasa en 1 segundo por la sección transversal del conductor. Siendo E la cantidad de electricidad que circula en el tiempo t , la intensidad I será:

$$I = \frac{E}{t} \frac{\text{Coulomb}}{\text{segundo}} \dots \dots \dots (15)$$

La unidad de intensidad práctica es el Amperère, que es la intensidad de la corriente eléctrica que resulta, cuando la cantidad de

¿Cuál es la definición del Ampère deducida del equivalente electroquímico obtenido por la electrolisis del nitrato de plata?

¿De qué factores depende la intensidad de una corriente eléctrica?

¿Qué ley expresa esta relación fundamental entre la intensidad, diferencia de potencial y resistencia eléctricas?

1 Coulomb pasa por una sección cualquiera del conductor en 1 segundo.

$$1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ segundo}} \dots \dots \dots (16)$$

El Ampère es aquella intensidad de corriente eléctrica que en 1 segundo deposita electrolíticamente 1,118 milígramo de plata. (Voltámetro de plata, pág 138).

¿Cuántos Amp. tiene una corriente que en 5 min. precipita 2,0124 gr de plata?

$$\begin{array}{rcll} 1,118 \text{ mgr en } & 1 \text{ seg por } & 1 \text{ Amp} \\ 2012,4 & \gg \gg 300 & \gg \gg x \gg \end{array}$$

$$x = \frac{2012,4}{1,118 \cdot 300} = 6 \text{ A.}$$

1) La intensidad de una corriente eléctrica es proporcional a la diferencia de potencial (tensión o voltaje) que la produce. Si se conectan los extremos de un mismo conductor a pilas de distinto voltaje, un amperímetro indicará intensidades proporcionales a las respectivas diferencias de potencial.

2) La intensidad de una corriente eléctrica es inversamente proporcional a la resistencia del conductor. Si se acorta la longitud del alambre intercalado entre los polos, disminuyendo de este modo su resistencia, la intensidad de la corriente aumenta proporcionalmente.

La relación entre la intensidad, diferencia de potencial y resistencia vencida la expresa la ley de Ohm: La intensidad de una corriente eléctrica I es igual a la diferencia de potencial V que la produce, dividida por la resistencia R del conductor medida en Ohm Ω

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Dif. de pot.}}{\text{Resistencia}} \quad I = \frac{V}{R} \text{ Amp.} \quad (17)$$

Aplicación de las fórmulas en la solución de problemas.

Entre los extremos de un conductor de 44 Ohm de resistencia existe una diferencia de tensión de 220 Volt. Calcular la intensidad de la corriente y la cantidad de electricidad que pasa en 1 min por cualquiera sección del alambre conductor.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{44} = 5 \text{ Amp.}$$

$$E = I \cdot t = 5 \text{ Amp} \times 60 \text{ seg} = 300 \text{ Coulomb.}$$

¿Qué forma toma la ley de Ohm para el circuito cerrado de una pila eléctrica?

Designando por V la fuerza electromotriz de la pila, que es la suma de las caídas de potencial en los circuitos exterior e interior, por R_e la resistencia del alambre conductor y por R_i la resistencia interior de la pila, resulta la fórmula:

$$I = \frac{V}{R_e + R_i} \text{ Amp.} \dots\dots\dots (18)$$

En palabras: La intensidad de la corriente eléctrica en un circuito cerrado es igual a la fuerza electromotriz partida por la resistencia total.

¿Cómo se explica que la electricidad en su paso por un conductor encuentre cierta resistencia?

A semejanza del roce que interviene como fuerza frenadora en el movimiento mecánico, se supone que los electrones impulsados por la diferencia de potencial, al desplazarse en el alambre metálico, experimentan de parte de las moléculas del conductor una oposición o resistencia que tiende a impedir su paso libre.

¿Con qué nombre se designa la unidad de resistencia eléctrica y cuál es su definición?

La unidad práctica de la resistencia eléctrica es el Ohm (símbolo Ω) que es la resistencia que ofrece un filamento de mercurio de 106,3 cm de longitud y 1 mm² de sección a la temperatura de 0° C.

Según la ley de Ohm tiene la unidad de resistencia aquel conductor que con la diferencia de potencial de 1 Volt entre sus extremos, deja pasar la corriente de 1 Ampère.

¿De qué condiciones depende la **resistencia eléctrica** de un conductor?

$$R = \frac{V}{I}; \text{ luego, } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad (19)$$

La resistencia eléctrica de un conductor:

1) es proporcional a su longitud l que se mide en metros;

2) es proporcional a la resistencia específica ρ que es característica al material de que consta;

3) es inversamente proporcional al área de su sección transversal s que se mide en mm^2 . En fórmula:

$$R = \frac{l \cdot \rho}{s} \Omega \quad \dots\dots\dots (20a)$$

¿Qué es la **resistencia específica** de un conductor?

Resistencia específica es la resistencia en Ohm que tiene un alambre de dicho conductor de 1 metro de longitud y de 1 mm^2 de sección, a la temperatura de 0°C .

El valor recíproco de la resistencia específica $1/\rho$ se llama coeficiente de conductibilidad (símbolo λ) y la fórmula (20a) se expresa así:

$$R = \frac{l}{\lambda \cdot s} \Omega \quad \dots\dots\dots (20b)$$

¿Qué influencia tiene la **variación de temperatura** sobre la resistencia de un conductor?

En los conductores de 1.^a clase aumenta la resistencia con la temperatura.

En los conductores de II.^a incluso el carbón, disminuye su resistencia, si sube la temperatura.

El coeficiente de temperatura (símbolo δ) indica la variación que experimenta la resistencia de 1 Ohm del conductor, si la temperatura sube 1°C .

Ambos casos se expresan por la fórmula:

$$R_t = R_0 (1 \pm \delta t) \Omega \quad \dots\dots\dots (21)$$

Ejemplo para calcular la resistencia de un conductor aplicando estas fórmulas.

¿Qué resistencia adquiere a la temperatura de 100° un alambre de 120 metros de largo y de 1,6 mm de diámetro,

$$\text{si } \rho = 0,08 \text{ y } \delta = 0,0015?$$

Primero se calcula la resistencia del alambre a 0° C usando la fórmula (20a),

$$R_0 = \frac{120 \cdot 0,08}{3,14 \cdot 0,8^2} = 4,78 \Omega$$

A 100° C la resistencia será según (21);

$$R_{100^\circ} = 4,78 (1 + 0,0015 \cdot 100) = 5,497 \Omega$$

¿Qué son cajas de resistencia y reóstatos?

Son aparatos que contienen cierto número de espirales metálicas hechas con alambre de resistencia y dispuestas en tal forma que para graduar la intensidad de la corriente eléctrica se puedan intercalar en el circuito por medio de clavijas de bronce móviles (en las cajas) o mediante una manivela que resbala sobre los contactos terminales de las resistencias que componen el reóstato.

¿De cuántas maneras pueden intercalarse varias resistencias entre dos puntos de diferencia de potencial constante V_A y V_B ?

Dos o más resistencias pueden intercalarse:

1) en serie, uniendo las resistencias parciales una a continuación de la otra;

2) en paralelo o en derivación, es decir, se conectan en el mismo punto A los extremos de dos o más resistencias y se unen sus terminales en el punto B de modo que la corriente se traslade a la vez por varios conductores entre estos dos puntos de tensión constante.

Exponga el caso de conectar dos o más resistencias en serie.

La resistencia total del conjunto en serie es igual a la suma de las resistencias parciales.

Debe tenerse presente que la corriente eléctrica que pasa sucesivamente por las resistencias en serie tiene en todas ellas la misma intensidad, es decir, el mismo número de Ampère; a semejanza del movimiento de un líquido, dentro de una tubería, por una de

Explique el problema de dos resistencias en paralelo, o lo que es lo mismo, de dos conductores en derivación. (Leyes de Kirchhoff).

cuyas secciones debe pasar en cada segundo el mismo número de litros, o sea, la misma cantidad de líquido.

La caída o pérdida de potencial a lo largo de la resistencia total es proporcional a la resistencia existente entre los puntos considerados; en analogía hidráulica, la diferencia de potenciales es comparable a la diferencia de niveles que debe mantenerse para que un líquido se mueva bajando del nivel mayor al menor.

En este caso, una corriente de intensidad I llega al punto A, donde se bifurca en dos corrientes parciales, i_1 e i_2 , que vuelven a juntarse en el punto B después de haber pasado cada una por su respectiva resistencia, r_1 o r_2 .

Es evidente que la intensidad de la corriente I que llega al punto de ramificación A, debe ser igual a la suma de las intensidades de las dos corrientes parciales, según la 1.^a ley de Kirchhoff. $I = i_1 + i_2$. Generalizando se podrá escribir:

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n \dots \dots \dots (22)$$

Pero los puntos A y B son comunes a las resistencias ramificadas y por eso, la caída de potencial es la misma a lo largo de r_1 y de r_2 . Entonces, de acuerdo con la ley de Ohm, se encuentra que

$$i_1 = \frac{V_A - V_B}{r_1} \text{ y que } i_2 = \frac{V_A - V_B}{r_2}, \text{ de donde}$$

se deduce matemáticamente que $i_1 \cdot r_1 = i_2 \cdot r_2$, o en forma de proporción:

$$i_1 : i_2 = r_2 : r_1 \dots \dots \dots (23)$$

Las intensidades de dos corrientes derivadas son inversamente proporcionales a las resistencias respectivas.

II^a ley de Kirchhoff.

¿Qué se entiende por resistencia de combinación?

Llámanse resistencia de combinación a la que debería poseer un solo conductor capaz de reemplazar a las derivaciones sin cambiar la intensidad I del circuito.

Designando la resistencia de combinación por R_c , la intensidad I queda expresada por

la fórmula, $I = \frac{V_A - V_B}{R_c}$ y si se sustituyen

en la fórmula, $I = i_1 + i_2$ los valores equivalentes ya indicados, se obtendrá:

$$\frac{V_A - V_B}{R_c} = \frac{V_A - V_B}{r_1} + \frac{V_A - V_B}{r_2}. \text{ Dividendo}$$

los términos de esta ecuación por $(V_A - V_B)$ se deduce de ella la III.ª ley Kirchhoff:

$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \text{ y generalizando:}$$

$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n} (\Omega) \dots (24)$$

En palabras: El valor recíproco de la resistencia de combinación es igual a la suma de los valores recíprocos de las resistencias en derivación.

¿Qué resistencia presenta un conjunto de tres resistencias puestas, 1.º en serie y 2.º en derivación?

Sean $r_1 = 3\Omega$, $r_2 = 5\Omega$ y $r_3 = 8\Omega$ estas tres resistencias. Unidas en serie presentan un conjunto de 16Ω de resistencia; colocadas en derivación, su resistencia se reduce a la suma de sus valores recíprocos:

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{8} = \frac{40 + 24 + 15}{120} = \frac{79}{120} \Omega$$

¿Con qué instrumentos se mide la diferencia de potencial o la tensión eléctrica?

Se mide la diferencia de potencial empleando los voltímetros que son instrumentos graduados de tal modo que en su escala se lee directamente la tensión en Volt correspondiente a la corriente de muy poco amperaje que circula por el aparato. A causa de su

¿Cómo se usa un amperímetro?

Los amperímetros están frecuentemente provistos de ciertos agregados, llamados «shunts», ¿qué papel desempeñan éstos?

¿Cómo se forma con varias pilas eléctricas una batería en serie?

gran resistencia interna, un voltímetro se conecta en derivación entre los puntos cuya diferencia de potencial se quiere medir.

El amperímetro destinado a medir la intensidad de la corriente eléctrica, se usa colocado en serie con los aparatos que componen el circuito, y por eso su resistencia interna debe ser muy pequeña para que no aumente sensiblemente la resistencia total.

Si se quiere usar un amperímetro para la medición de grandes intensidades, se le agrega entre los bornes de contacto una derivación, llamada «shunt», cuya resistencia sea

$\frac{1}{9}, \frac{1}{99}, \frac{1}{999}$ de la propia del amperímetro am-

pliando de este modo el alcance de sus indicaciones a 10, 100 y 1000 veces el valor marcado en su esfera graduada.

En la asociación en serie se une el polo— de la I.^a pila con el polo + de la II.^a, cuyo polo— será conectado con el polo + de la III.^a, etc.

La fuerza electromotriz de la batería será igual a la suma de las fuerzas electromotrices de las pilas que la componen, aumentándose también la resistencia interior en proporción al número de los elementos acoplados en serie. Se recurre a este montaje cuando se requiere un alto potencial.

Designando por n , el número de pilas; por V la fuerza electromotriz de 1 pila; por r_i su resistencia interior; por R_e la resistencia exterior del alambre conductor y por I la intensidad de la corriente, se tendrá la fórmula:

$$I = \frac{n \cdot V}{n \cdot r_i + R_e} \text{ Amp} \dots \dots \dots (25)$$

¿Cuáles son las particularidades al mon-

Se unen entre sí todos los polos positivos, como asimismo los negativos.

tar varias pilas eléctricas **en paralelo?**

La fuerza electromotriz de la batería queda igual a la de 1 pila; pero como la superficie de las placas se hace n veces mayor, la resistencia interna de la batería será n veces menor que la de 1 pila.

En consecuencia, la intensidad I obtenida será:

$$I = \frac{V}{\frac{r_i}{n} + R_e} \quad \text{Amp. (26)}$$

¿Qué se puede decir del **montaje mixto?**

En el montaje mixto se forman primero grupos de n pilas en serie y luego se unen estos grupos, en número m , entre sí en paralelo. La intensidad I se calculará por la fórmula:

$$I = \frac{n \cdot V}{\frac{n \cdot r_i}{m} + R_e} \quad \text{Amp. (27)}$$

¿Qué son pilas termoeléctricas?

Si se juntan dos metales diferentes por una soldadura y se calienta el lugar de la unión, un galvanómetro conectado con los extremos libres y fríos de estos metales, indicará el paso de una corriente eléctrica.

La fuerza electromotriz de una pila termoeléctrica depende de la naturaleza de los metales y es proporcional, dentro de ciertos límites, a la elevación de la temperatura. Por ej.: para la combinación antimonio-bismuto, 0,0007 Volt por 1° de temperatura.

También se pueden asociar varios elementos termoeléctricos en serie. Se construyen termómetros termoeléctricos para medir temperaturas muy bajas y altas. Así se usa p. ej. la combinación platino-iridio para determinar muy elevadas temperaturas. En el galvanómetro conectado con la pila termoeléctrica se marcan directamente los grados de temperatura en vez del voltaje.

¿En qué consiste el trabajo realizado por la corriente eléctrica?

Como la corriente eléctrica consiste en el paso de una masa eléctrica E desde un punto de mayor potencial V_A a otro de potencial más bajo V_B , el trabajo realizado por las fuerzas eléctricas en este caso es:

$$T = (V_A - V_B) \cdot E \text{ Joule} \dots\dots\dots (28a)$$

Siendo $(V_A - V_B) = V$, y $E = I \cdot t$, pueden sustituirse estos valores en la fórmula (28a) y se tiene:

$$T = V \cdot I \cdot t \text{ Joule} \dots\dots\dots (28b)$$

En palabras: el trabajo de la corriente eléctrica es igual al producto de la diferencia de potencial (Volt) por la intensidad (Amp) y por el tiempo (segundos).

$$\text{Volt} \times \text{Amp} \times \text{seg} = \text{Volt} \times \text{Coulomb} = \text{Joule}.$$

¿Cuál es la unidad de trabajo práctica usada en la electricidad?

La unidad de trabajo en el sistema práctico es el Joule, que es el trabajo efectuado al moverse una masa eléctrica de 1 Coulomb entre dos puntos cuya diferencia de potencial es 1 Volt. 1 Joule o Volt - Coulomb =

Expresa el Joule en la unidad absoluta y en la práctica del trabajo.

$$\frac{1}{300} \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{1/2} \text{ seg}^{-1} \cdot 3 \times 10^9 \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1}$$

$$1 \text{ Joule} = 10^7 \text{ gr cm}^2 \text{ seg}^{-2} = \text{erg}.$$

$$1 \text{ Joule} = \frac{10\ 000\ 000}{98\ 060\ 000} = 0,102 \text{ mkg}.$$

¿Puede Ud. desarrollar una III.^a fórmula del trabajo eléctrico?

Según la ley de Ohm, $V = I \cdot R$, y por sustitución de este valor en (28b) se deriva una III.^a fórmula que expresa la energía de la corriente eléctrica.

$$T = I^2 \cdot R \cdot t \text{ Joule} \dots\dots\dots (28c)$$

Esta es la pérdida de energía que experimenta la carga eléctrica E al bajar del potencial V_A a V_B venciendo la resistencia que opone el conductor entre los puntos A y B.

¿Cómo se expresa por una fórmula la potencia de la corriente eléctrica?

Aplicando la fórmula de la mecánica,

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo}},$$
se obtiene la potencia de

la corriente eléctrica dividiendo por el tiempo t las fórmulas (28 a, b, c). Partiendo, por ej. de la fórmula (28b), la potencia puede expresarse en la forma siguiente:

$$P = V \cdot I \text{ Volt Ampère} = \text{Joule seg}^{-1} = \text{Watt} \quad (29)$$

¿Qué unidad es el Watt y el Kilowatt?

El Watt es la unidad práctica de la potencia equivalente a la energía eléctrica de una corriente de 1 Amp de intensidad y de la tensión de 1 Volt. El Kilowatt es igual a 1000 Watt.

¿Qué es entiende por Kilowatt-hora?

El Kilowatt-hora es el trabajo que efectúa una corriente que desarrolla la potencia de 1 Kilowatt y que circula durante 1 hora.

$$1 \text{ K W-h} = 3\,600\,000 \text{ Joule} = 366\,980 \text{ mkg.}$$

¿Qué se puede decir del efecto calórico de la corriente eléctrica?

Si se desea aprovechar la energía eléctrica para obtener mediante su transformación efectos químicos o trabajo mecánico, la inevitable producción de calor debido a la resistencia de los conductores representa, sin duda, una pérdida de energía que se trata de reducir a un valor mínimo empleando en las instalaciones alambres gruesos fabricados con metales de buena conductibilidad. Por otra parte es necesario aumentar en lo posible la resistencia de los conductores, si la producción de calor debe ser el efecto principal de la corriente, como en las lámparas, estufas y hornos eléctricos.

Enuncie la ley de Joule sobre la transformación de la energía eléctrica en calor.

La ley de Joule dice: El calor desarrollado por una corriente de intensidad I en un conductor de resistencia R durante t segundos, es igual a 0,24 multiplicado por el cuadrado de la intensidad, por la resistencia y por el tiempo. En fórmula:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ calorías.} \dots (30a)$$

De acuerdo con la ley de Ohm, $I \cdot R = V$, y sustituyendo este valor en (30), se obtiene que:

$$Q = 0,24 \cdot I \cdot V \cdot t = 0,24 \cdot W \cdot t \text{ calorías} \dots (30b)$$

¿Cuáles son las equivalencias eléctricas de la constante 0,24 cal?

¿Cómo se puede demostrar esta equivalencia entre el trabajo eléctrico y el calor producido por él?

Un ejemplo de la aplicación de estas fórmulas a las operaciones matemáticas exigidas por un problema de la materia.

0,24 calorías es el calor producido por 1 Amp durante 1 segundo venciendo la resistencia de 1 Ohm, o es el calor desarrollado por 1 Watt en 1 seg, o por 1 Joule.

Por medio de una Regla de Tres, tomando en cuenta el equivalente mecánico del calor (0,427 mkg=1 cal) y la equivalencia que 1 Joule=0,102 mkg.

Si 0,427 mkg producen 1 cal

0,102 mkg producirán x cal ($x=0,239$ cal)

Un motor eléctrico funcionó durante 2 horas con un rendimiento (η) de 85%, marcando el amperímetro del tablero de distribución 10 Amp, y el voltímetro 220 Volt. Calcular a) la potencia del motor; b) el trabajo efectuado; c) el equivalente de calor de la energía perdida por segundo.

$$\begin{aligned} \text{a) } P &= \eta \cdot I \cdot V = 0,85 \times 10 \times 220 = 1\,870 \\ \text{Watt} &= 1,87 \text{ K W} = 1\,870 \times 10^7 \text{ erg seg}^{-1} = \\ &= \frac{1\,870 \cdot 10^7}{98\,060\,000} = 190,69 \text{ mkg seg}^{-1} = 2,54 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } T &= 1\,870 \times 2 \times 60 \times 60 = 13\,464\,000 \\ \text{Joule} &= 1\,373\,328 \text{ mkg.} \end{aligned}$$

$$\text{c) } Q = W \cdot 0,24 = 1,5 \times 220 \times 0,24 = 79,2 \frac{\text{cal}}{\text{seg}}$$

¿Puede indicar algunas aplicaciones del efecto térmico de la corriente eléctrica?

Existen muchos aparatos destinados a la conversión de energía eléctrica en calórica los que prestan grandes servicios en la vida doméstica (lámparas, estufas, cocinas, plan-

¿Qué importancia tienen los fusibles que se intercalan en los circuitos?

¿Cuál es la terminología usada en la electroquímica?

¿Qué teoría se ha establecido para explicar los fenómenos electrolíticos?

chas eléctricas), en la medicina (termoterapia, diatermia, bisturí eléctrico) y en la industria (soldadores y hornos eléctricos).

Es necesario evitar el contacto directo entre los conductores de corriente eléctrica para que, por falta de resistencia, no se produzca un corto circuito, es decir una corriente de excesiva intensidad y de efecto destructor. Los cortacircuitos o fusibles son interruptores automáticos en forma de tapones o tubos de porcelana que contienen un delgado alambre que se funde, cuando la intensidad de la corriente sobrepasa el valor adecuado.

El electrólito es el líquido que permite el paso a la electricidad. Los electrodos, anodo y catodo, son las placas metálicas que se ponen en contacto con el electrólito; por el anodo, polo +, penetra la corriente y por el catodo, polo —, sale. Los iones son los átomos o radicales con carga eléctrica dentro del electrólito; los iones metálicos o sus equivalentes llevan carga positiva y caminan hacia el catodo, y por eso se llaman cationes; los de carga negativa son los aniones.

Nota: La Academia escribe: electrólisis, electrólito, ánodo, cátodo.

La teoría moderna (de Arrhenius) admite que en un electrólito, antes que pase a través de él la corriente, ya se hallan iones que provienen de la disociación de cierto número de moléculas de tales cuerpos al disolverse. Luego que se conecten el anodo y el catodo de la célula electrolítica con los polos respectivos de una batería, se produce en el electrólito un campo eléctrico en el cual los iones se ponen en movimiento (con velocidad de milésimo de cm): los positivos (hidrógeno y metales) se dirigen al catodo en el sentido de la corriente y los negativos caminan en sentido contrario. Cuando por ejemplo un catión de plata llega al catodo, éste le cede un

¿Qué se entiende por **equivalente electro-químico**?

Enuncie las leyes de Faraday que relacionan las cantidades depositadas en la electrolisis con las respectivas intensidades de la corriente.

Explique el sentido de la 2.^a ley por medio de un ejemplo.

electrón que neutraliza su carga positiva convirtiéndolo en un átomo neutro con las propiedades químicas de la plata, que se deposita sobre el electrodo.

Se llama equivalente electroquímico la cantidad depositada en la unidad de tiempo por una corriente de intensidad de 1 Amp. De especial importancia es el equivalente electroquímico de la plata, = 0,001 118 gr (1,118 mgr) de Ag en 1 seg, porque corresponde a la unidad de la intensidad, que es el Ampère. Otro equivalente electroquímico muy usado es la cantidad de gas detonante desprendida

en 1 minuto = 10,44 cm³; o del cobre = $\frac{1}{50}$ gr en 1 minuto.

1.^a ley de Faraday (referente a la electrolisis de un solo electrólito) dice: La cantidad (Q) de una misma substancia depositada es igual al producto de su equivalente electroquímico (M) por la intensidad de la corriente (I) y por el tiempo (t). En fórmula:

$$Q = M \cdot I \cdot t \text{ (gr)} \dots \dots \dots (31)$$

2.^a ley de Faraday (referente a la electrolisis de diferentes electrólitos puestos en serie, por una misma corriente) dice: Cuando diferentes electrólitos son atravesados por una misma corriente y durante igual tiempo, las cantidades depositadas son proporcionales a sus pesos equivalentes; es decir, a sus pesos atómicos divididos por las valencias de los respectivos elementos.

La intensidad de la corriente capaz de desprender 1 gr de H, depositaría en el mismo tiempo 107,9 gr de Ag; 63,6 gr de Cu de las sales cuprosas, pero 31,8 gr Cu de las sales cúpricas; 9 gr de Al, etc.

¿Qué cantidad de electricidad se necesita para precipitar el equivalente químico de un elemento expresado en gramos?

Pongamos como ejemplo la plata, cuyo equivalente químico es igual a su peso atómico = 107,9 gr. Se trata de encontrar, en este caso, la cantidad de electricidad en Coulomb o Amp $\times$ seg, necesaria para depositar por electrolisis sobre un catodo 107,9 gr de plata = Q.

La fórmula (31) nos da la siguiente ecuación:

$$107,9 = 0,001\,118 \cdot x$$

$$x = 96\,500 \text{ Amp} \times \text{seg} = \text{Coulomb}.$$

Esta es la cantidad de electricidad necesaria para precipitar un átomo-gramo de cualquier elemento monovalente. Tratándose de un elemento bivalente, esta misma masa eléctrica depositará medio átomo-gramo y un tercio de átomo-gramo de uno trivalente.

*¿Cuál es la carga eléctrica que lleva cada ión de plata o de un elemento monovalente?

La hipótesis de Avogadro afirma que el número de átomos que existen en la masa de un átomo-gramo de cualquier elemento, es siempre el mismo, $N = 6,023 \times 10^{23}$ (Número de Avogadro).

Sabiendo que un átomo-gramo lleva la carga eléctrica de 96 500 Coulomb, basta dividir este número por el Número de Avogadro para determinar la carga que lleva cada ión:

$$96\,500 : 6,023 \times 10^{23} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb, aproximadamente.}$$

Si se multiplica el resultado por 3×10^9 , se obtiene la «carga eléctrica elemental» expresada en la unidad absoluta $e = 4,8 \times 10^{-10} \text{ gr}^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ seg}^{-1}$. Se supone que esta masa eléctrica es la individual más pequeña que existe y por consiguiente es la del electrón.

¿Qué aplicaciones técnicas de la electrolisis merecen mencionarse?

1) La galvanoplastia que aprovecha el proceso electrolítico para cubrir objetos, colocados como catodo, con capas delgadas de metal. (Niquelar, platear, dorar).

¿Qué son los acumuladores?

¿Cuáles son los procesos químicos que tienen lugar durante la descarga y la carga del acumulador de plomo?

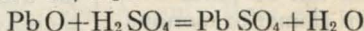
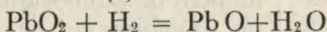
2) De idéntico modo se reproducen en metal objetos de los que primeramente se ha sacado un molde en cera o gutapercha y cuya superficie se cubre con polvo metálico o grafito antes de ponerlo como catodo en la cubeta electrolítica.

3) Sometiendo a la electrolisis las soluciones o fusiones de minerales, la industria extrae y refina los metales.

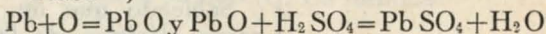
Los acumuladores son pilas eléctricas en que los electrodos se regeneran por electrolisis. En el acumulador de plomo, el electrodo positivo consta de bióxido de plomo (Pb O_2) y el negativo, de plomo esponjoso. El electrolito es ácido sulfúrico diluído.

1) Proceso de descarga: En el circuito interior, la corriente va del plomo (polo—) a la placa del Pb O_2 , produciéndose la electrolisis del $\text{H}_2 \text{ S O}_4$:

Placa+;

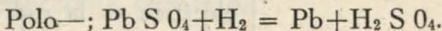
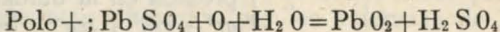


Placa—;



Como se ve, por las reacciones químicas durante la descarga, las superficies de ambos electrodos se transforman en Pb S O_4 y la concentración del electrolito baja por el agua producida.

2) Proceso de carga: En el circuito interior, la corriente pasa esta vez del polo+ al negativo.



En ambos electrodos se regeneran las capas activas y la concentración del ácido vuelve a subir. La fuerza electromotriz media de un acumulador de plomo es de 2 Volt.

¿Qué significado debe darse a la indicación de los Ampère-horas de un acumulador?

Otro efecto debido a la corriente eléctrica es la formación de un **campo electromagnético**, cómo se origina éste?

¿De qué observaciones se deduce la existencia de un campo magnético alrededor de un alambre que conduce corriente eléctrica?

¿Cómo se determina el sentido de las líneas magnéticas en el campo electromagnético?

En Ampère-horas se indica la capacidad de un acumulador; así, p. ej., 30 Ampère-horas debe interpretarse que este acumulador puede suministrar una corriente de 1 Ampère durante 30 horas o 3 Amp durante 10 horas. Corrientes de excesiva intensidad causan daño a los acumuladores.

El espacio dentro del cual una masa eléctrica en reposo ejerce su acción sobre otra carga eléctrica, se llama el campo electrostático de la misma. Pero tan luego como una masa eléctrica se pone en movimiento dando origen a una corriente eléctrica, a través de un alambre, se asocia al campo eléctrico un campo magnético cuyas líneas de fuerza son circunferencias que tienen su centro común en el conductor.

1) Si un alambre vertical atraviesa una hoja de cartón, cubierta de limaduras de hierro, éstas se agrupan en circunferencias concéntricas alrededor de él, al pasar la corriente eléctrica.

2) Una aguja magnética se desvía de su posición N — S, cuando se coloca paralelamente a su eje un alambre que conduce corriente. El sentido de la desviación, la cual depende de la intensidad y dirección de la corriente, se expresa por la regla del «nadador de Ampère»: Si uno estuviera nadando en dirección de la corriente, con la cara vuelta hacia la aguja, vería el polo norte desviado hacia su izquierda.

Se suspende de un hilo largo una aguja magnética de tal modo que su polo norte se encuentre frente al extremo superior del alambre. Si miramos en la dirección en que fluye la corriente (del polo+ al—), veremos al polo norte magnético girar en torno del alambre en igual sentido que las agujas del reloj.

Biot y Savart estudiaron los factores que determinan la acción ejercida por un pequeño conductor sobre un polo magnético, ¿qué fórmula expresa la ley de Biot-Savart?

Aplique la fórmula a un circuito circular en cuyo centro se supone un polo magnético de la masa (m).

¿Cuál es la II.^a forma de la ley de Biot-Savart?

Otra regla es la siguiente: El sentido de las líneas magnéticas en el campo electromagnético es igual al de la rotación que se imprime a un sacacorchos para que avance en la dirección de la corriente.

La I.^a forma de la ley de Biot-Savart, en las condiciones de que esté fijo el conductor y movable el imán, tiene la siguiente expresión matemática:

$$F = \frac{i \cdot l \cdot m}{10 \cdot r^2} \text{ dinas} \dots\dots\dots (32a)$$

En esta fórmula i representa la intensidad de la corriente; l la longitud de la parte del conductor que se halla frente al polo; m la masa magnético del polo y r la distancia entre el conductor y el polo. Enuncie la ley representada por esta fórmula.

Nota: La intensidad de la corriente se mide en el electromagnetismo en unidades electromagnéticas (u. e. m.). La unidad electromagnética, llamada Weber, es la décima parte de la unidad práctica que es el Ampère. Esto explica al número 10 en el denominador de la fórmula.

En este caso la suma de las partes l_1 , l_2 , l_3 , etc. en que se supone dividido el circuito, será igual a la longitud de la circunferencia $= 2 \pi \cdot r$, y resulta:

$$F = \frac{i \cdot 2 \pi \cdot r \cdot m}{10 \cdot r^2} = \frac{i \cdot \pi \cdot m}{5 \cdot r} \text{ dinas}$$

Si el circuito estuviese formado por varias vueltas del alambre conductor n , se multiplicaría esta fórmula por n .

Como la acción dinámica de las fuerzas electromagnéticas es recíproca, un conductor movable, colocado en un campo magnético fijo, se desplaza cuando pasa por él una corriente eléctrica.

Para expresar matemáticamente la II.ª forma de la ley de Biot-Savart reemplazamos en la fórmula (32 a) el cociente $\frac{m}{r^2}$ por la leytra H y obtenemos:

$$F = \frac{i \cdot l \cdot H}{10} \quad \text{dinas.} \dots\dots\dots (32b)$$

¿Cómo se demuestra experimentalmente el movimiento que ejecuta un conductor eléctrico colocado en el campo magnético de un imán?

¿Qué regla se aplica para determinar el sentido de la fuerza a la cual está sometida toda corriente que atraviesa un campo magnético?

¿Qué aplicaciones prácticas se han dado a las acciones recíprocas que se manifiestan entre los imanes y las corrientes eléctricas?

Para demostrarlo experimentalmente, se coloca a cierta altura un imán en forma de herradura en posición horizontal y se suspende entre dos contactos eléctricos un alambre muy flexible y suelto de tal modo que pase verticalmente entre los polos del imán. Cuando se cierra el circuito, el alambre se mueve hacia adentro o hacia fuera según la dirección de la corriente.

En este efecto se basa la construcción de motores eléctricos y de instrumentos de medida.

Para saber el sentido de la fuerza que actúa sobre un conductor eléctrico móvil, colocado en un campo magnético, se aplica la «regla de la mano izquierda»: Si se colocan los tres primeros dedos de la mano izquierda perpendicularmente unos a otros y se hace coincidir el dedo índice con la dirección positiva de las líneas de fuerza magnéticas (del polo norte al sur) y el dedo medio en el sentido de la corriente, el dedo pulgar indicará el sentido del movimiento del alambre conductor.

1) Los galvanómetros se fundan en el efecto magnético de la corriente eléctrica. Un alambre enrollado en un marco rectangular, forma un circuito de muchas vueltas alrededor de un imán móvil cuya desviación revela la presencia e intensidad de la corriente. Empleando un par de agujas astáticas suspendido de un hilo de seda, se obtiene una extrema sensibilidad del instrumento.

2) Instrumentos de medida de cuadro móvil o de Deprez-D' Arsonval. Entre los polos de un imán permanente cuelga un cuadro rectangular de alambre delgado por el cual pasa la corriente cuya intensidad se quiere medir. En los lados opuestos del cuadro, los sentidos de la corriente son contrarios de modo que se origina un par de fuerzas que hace girar el carrete (regla de la mano izquierda). A este movimiento se opone la torsión del hilo de suspensión o una espiral elástica, y el cuadro ocupará una posición en la cual estas fuerzas se equilibran, siendo el ángulo de desviación proporcional a la intensidad de la corriente que marca una aguja en la escala del instrumento.

3) El **electromotor de corriente continua** consta de una parte fija, el estator, que es un imán o electroimán en forma de herradura y de otra parte móvil, el rotor, que es un conductor rectangular arrollado en muchas espiras de alambre sobre un núcleo de hierro colocado entre los polos del imán de modo que pueda girar en torno de un eje.

Los extremos del conductor terminan en piezas metálicas aisladas y fijas sobre el eje, las que constituyen el conmutador sobre el cual resbalan, por lados opuestos, dos contactos, llamados escobillas, por los cuales entra y sale la corriente suministrada por un manantial de electricidad recorriendo las espiras del rotor siempre en el mismo sentido.

Sigamos el curso de la corriente que circula por el devanado del rotor y notamos que en los lados opuestos de este carrete rectangular el movimiento de la electricidad se efectúa en sentido contrario. Aplicando la regla de la mano izquierda a los lados opuestos del conductor, se encuentra que las fuerzas que actúan allí forman un par que pro-

¿Qué particularidad tiene el campo magnético existente en el interior de un conductor circular?

¿Qué se entiende por un solenoide?
(Solén significa tubo)

¿Cuál es la fórmula que expresa la intensidad del campo magnético provocado en el interior de un solenoide por la corriente eléctrica?

¿Qué sucede si dentro de un solenoide se coloca una barra de hierro dulce?

duce la rotación del conjunto de espiras en el mismo sentido.

Un conductor en forma de una circunferencia encierra un campo magnético cuyas líneas de fuerza entran por una cara y salen por la otra, así que el conjunto es de igual efecto como si fuera un delgado disco imanado. La cara norte de la espira es aquella frente a la cual un observador vería circular la corriente en sentido contrario al movimiento de las agujas del reloj.

Un solenoide es un conductor en forma de espiral de modo que se le puede considerar como un conjunto de espiras circulares. A semejanza de que un imán se puede suponer constituido por la yuxtaposición de muchos discos imanados, un solenoide sería la reunión de los campos magnéticos de las espiras que lo componen.

La intensidad H que existe en un punto de un campo magnético se expresa por el número de líneas de fuerza que pasan normalmente por 1 cm^2 ; dentro de un solenoide, dicho número es:

$$H = \frac{0,4 \cdot \pi \cdot n \cdot i}{l} \frac{\text{líneas}}{\text{cm}^2} \dots \dots \dots (33)$$

En esta fórmula, n representa el número de espiras; i la intensidad de la corriente y l la longitud del eje del solenoide.

El número total de líneas de fuerza N que atraviesan la sección transversal del solenoide $q \text{ cm}^2$ será, $N = H \cdot q$ líneas de fuerza magnéticas.

El campo magnético del solenoide orienta los imanes moleculares del hierro y la barra quedará imanada (electroimán). Tratándose de hierro dulce, la imanación sólo perdura mientras que circule la corriente; el acero se convierte en un imán permanente. La imanación tiene un valor máximo que corresponde a la saturación.

¿Cuál es la regla para conocer la situación de los polos de un solenoide o electroimán?

¿Qué diferencia hay entre las intensidades de los campos magnéticos de un solenoide sin o con hierro en su interior?

¿Conoce algunas aplicaciones de los electroimanes?

¿Cómo funciona el «martillo de Wagner»?

La polaridad de los extremos de un solenoide y de un electroimán depende del sentido de la corriente: El polo norte es aquel extremo de la barra en torno del cual se ve circular la corriente en sentido contrario al de los punteros del reloj y donde en el mismo sentido, se forma el polo sur del electroimán. Otro modo consiste en aplicar la mano derecha encima de la bobina de manera que la palma se halle contra las espiras y los dedos marquen en sentido de la corriente; el pulgar extendido en ángulo recto con los otros dedos indicarán el sentido de las líneas de fuerza y, por lo tanto, la situación del polo N.

El campo magnético del solenoide con hierro en su interior es mucho más intenso que el que se forma en una espiral vacía. Designando la intensidad del primero por B y la del segundo por H , el cociente B/H indicará la permeabilidad o conductibilidad magnética representada por la letra μ *mi* en las fórmulas. Los valores de μ varían de 100 hasta 5000 según la naturaleza de los metales permeables a las líneas de fuerza.

$$B = \mu \frac{0,4 \cdot \pi \cdot n \cdot i}{l} \frac{\text{líneas}}{\text{cm}^2} \dots\dots (34)$$

Aplicaciones de los electroimanes son: el interruptor automático a martillo o «martillo de Wagner», la campanilla eléctrica y el telégrafo electromagnético.

En el interruptor automático a martillo, el electroimán puede atraer una pequeña masa de hierro fija en una lámina elástica (martillo) que se halla colocada a corta distancia de sus polos. Esta pieza movable se apoya en reposo contra la punta de un tornillo que cierra el circuito formado por una pila que envía su corriente a través de las bobinas del electroimán y por el martillo al otro polo.

¿Cómo está construída la campanilla eléctrica?

¿Cómo funciona el telégrafo electromagnético?

¿En qué consiste el fenómeno de la inducción electromagnética?

¿Cuál es el procedimiento que se sigue para demostrar experimentalmente la inducción?

Cuando se da la corriente, y el electroimán atrae el martillo, se produce automáticamente la interrupción del circuito por separarse la lámina elástica del tornillo de contacto. El electroimán pierde su magnetismo, el martillo en virtud de la elasticidad del resorte, vuelve a establecer el contacto y el proceso se repite con rapidez.

La campanilla eléctrica es un interruptor automático a martillo con el agregado de una campanilla y de una esferita metálica montada sobre una prolongación del martillo movable.

Mediante un interruptor, llamado manipulador, se envían impulsos de corriente eléctrica de diferente duración al electroimán del aparato receptor cuyos polos atraen una armadura de hierro dulce la cual, girando en torno de un eje, mueve una palanca que oprime el borde de una rueda entintada contra una cinta de papel que se desliza con movimiento uniforme. Combinaciones de puntos y rayas forman el ABC de Morse.

La inducción electromagnética consiste en la producción de corrientes eléctricas dentro de circuitos cerrados por la acción de los campos magnéticos de los imanes o de los solenoides y bobinas.

A una bobina con varias vueltas de alambre, cuyos extremos están unidos a un galvanómetro, se acerca o se introduce un polo magnético. Durante el movimiento del imán el galvanómetro indica el paso de una corriente inducida por el circuito cerrado que forma la bobina con el galvanómetro conectado en serie.

La aguja del instrumento vuelve al cero apenas el imán permanece inmóvil y luego se desvía en sentido contrario, cuando se aleja.

Ha habido, pues, dos veces el paso instantáneo de una corriente inducida por el

¿Qué nos enseña este experimento sobre la causa eficiente de la inducción?

Explique la ley de Lenz que sirve para determinar el sentido en que la corriente inducida recorre el circuito cerrado.

circuito, pero el uno en sentido contrario del otro.

Se deduce de este experimento que la inducción se produce cada vez que hay una variación en el número de líneas de fuerza magnéticas que cortan la superficie limitada por el circuito inducido.

Dice la ley de Lenz: **La corriente inducida tiene siempre tal sentido que opone resistencia al movimiento o a la variación de la intensidad del campo magnético que la produce.**

Supongamos que a un carrete de varias vueltas de alambre aproximamos de frente el polo norte de un imán. La corriente de inducción recorrerá las espiras próximas al polo N que se acerca en sentido contrario al de las agujas del reloj, es decir formando en este extremo del circuito inducido también un polo norte. Entre ambos polos nortes habrá una repulsión y para acercar el imán a la bobina, se tendrá que efectuar el trabajo necesario que venza esta resistencia a la cual se refiere la ley de Lenz.

Cuando se retira el imán, se invierte el sentido de la corriente inducida. La cara de la bobina que mira al polo norte, tendrá entonces la polaridad sur correspondiente al paso de la corriente inducida en favor de las agujas del reloj. En consecuencia, se manifestará entre la bobina y el imán que retrocede una fuerza atractiva, a la cual se debe vencer con el trabajo que se verifica al retirar el imán.

En ambos casos, el trabajo gastado es equivalente a la energía eléctrica de la corriente inducida, cumpliéndose la ley de la conservación de la energía.

¿Cómo se explica la producción de una corriente inducida en

Como un solenoide o una bobina a través de la cual pasa corriente eléctrica adquiere las propiedades de un imán, pueden obte-

un circuito cerrado por la influencia de otra corriente eléctrica?

Toda corriente eléctrica supone una fuerza electromotriz; ¿de qué factores depende la fuerza electromotriz inducida?

¿Cómo se define la unidad absoluta de la fuerza electromotriz inducida?

nerse los mismos efectos de inducción empleando dos bobinas, llamadas respectivamente bobina primaria y secundaria. Mediante la primaria que está recorrida por la corriente continua de una pila y que por eso posee un campo magnético, se provocan los fenómenos de inducción en la secundaria, cuando la corriente primaria empieza o desaparece, cuando su intensidad aumenta o disminuye y cuando varía la distancia entre ambas bobinas.

Si la bobina primaria está provista de un núcleo de hierro en su interior, aumenta considerablemente la intensidad de su campo magnético inductor.

Experimentalmente se ha podido comprobar que la fuerza electromotriz inducida es:

1) proporcional al número de las espiras (n) que componen el carrete en que se produce la inducción;

2) es proporcional a la variación del número de las líneas de fuerza magnética (N) cortadas por la superficie del circuito inducido.

3) es inversamente proporcional al tiempo en que se verifica dicha variación. En fórmula:

$$V_{\text{ind.}} = \frac{n \cdot N}{t} \quad \text{unidad absoluta de inducción.} \dots \dots \dots (35)$$

La unidad absoluta de la fuerza electromotriz inducida es la que se produce en un circuito de 1 vuelta, si el campo magnético varía en 1 línea de fuerza en el tiempo de 1 seg.

Esta unidad electromagnética es muy pequeña; 10^8 de ellas equivalen a 1 Volt técnico. Por consiguiente, para expresar el voltaje inducido en Volt técnicos, se usa la fórmula:

$$V_{\text{ind.}} = \frac{n \cdot N}{10^8 \cdot t} \quad \text{Volt} \dots \dots \dots (36)$$

¿Qué es lo que se determina por «la regla de la mano derecha»?

¿Qué se entiende por autoinducción?

*¿Cuál es la unidad práctica de la autoinducción?

La regla de la mano derecha se presta para determinar la dirección de la corriente inducida en un conductor rectilíneo que se mueve entre los polos de un imán cortando las líneas de fuerza magnéticas.

Dice: «Si se colocan los tres primeros dedos de la mano derecha perpendicularmente unos a otros y se hace coincidir el dedo índice con la dirección positiva de las líneas de fuerza y el dedo pulgar con el sentido del movimiento del alambre el dedo medio indicará el sentido de la corriente inducida».

La autoinducción es un caso particular del fenómeno de la inducción. Se verifica esta inducción en el circuito primario sobre sí mismo a consecuencia de las variaciones de intensidad de su propia corriente.

Al cerrar el circuito de un solenoide, en especial de una bobina con núcleo de hierro, se provoca al instante un campo magnético cuyas líneas de fuerza producen en las mismas espiras, por inducción, una extracorrente en sentido opuesto (ley de Lenz) al que tiene la principal, la cual alcanza por esta causa sólo gradualmente el valor total de su intensidad.

Del mismo modo, cuando se interrumpe el circuito desaparecerá casi instantáneamente el campo magnético, lo que debe originar en las espiras del carrete una fuerza electromotriz inducida, tanto mayor cuanto más brusca sea la ruptura y dirigida en el sentido de la corriente principal, reforzándola en conformidad a la ley de Lenz. A esta corriente se llama extracorrente de ruptura que se manifiesta por las chispas de ruptura que se observan al abrir un circuito.

La unidad práctica de la autoinducción es el Henry y la posee un conductor en el cual la variación de la intensidad en 1 Amp durante 1 seg produce la fuerza electromotriz inducida de 1 Volt.

Explique el funcionamiento de la bobina de inducción (aparato de Ruhmkorff).

En este aparato distinguimos: la bobina primaria formada por un alambre arrollado en varias vueltas sobre un núcleo de hierro, la secundaria hecha con alambre fino que en numerosas espiras y en varias capas rodea el carrete primario y un interruptor de la corriente primaria (martillo de Wagner, o interruptor de Wehnelt o de mercurio).

Debido al funcionamiento del interruptor aparece y desaparece alternativamente el campo magnético originado por el paso intermitente de la corriente de una batería por el circuito primario, hecho que en el secundario da origen, por inducción, a tensiones de miles de veces más elevadas que la tensión aplicada en el primario.

Las fuerzas electromotrices inducidas cambian alternativamente sus polos, y por efecto de la extracorrente corresponde al momento de abrirse el circuito primario una fuerza electromotriz más elevada que al instante de cerrarlo.

¿A qué están destinados los aparatos llamados transformadores de la corriente alterna?

Los transformadores estáticos están destinados a transformar por inducción la potencia de corrientes alternas de alta tensión y baja intensidad $V_1 \cdot i_1$ en otras equivalentes de menor tensión y gran intensidad $v_2 \cdot I_2$.

Para conseguirlo se dispone de dos bobinas montadas sobre un núcleo de láminas de hierro en forma de anillo o marco rectangular. El primario está constituido por el arrollamiento de N_1 espiras que recibe la corriente de los generadores y la tensión dada V_1 , y el secundario formado por n_2 vueltas de alambre, proporciona la tensión inducida v_2 . Según que el transformador desempeñe el papel de elevador o rebajador de la tensión, el número de espiras del primario será inferior o superior al de espiras del secundario.

La razón entre los números de espiras en ambas bobinas, $N_1 : n_2$ es aproximadamente

igual a la que existe entre la tensión en los bornes del primario y del secundario $V_1 : v_2$, que se llama el coeficiente de transformación.

$$N_1 : n_2 = V_1 : v_2 = I_2 : i_1 \dots \dots \dots (37)$$

¿Qué función desempeñan los transformadores en el transporte de la energía eléctrica a grandes distancias?

Para transmitir económicamente la energía eléctrica a grandes distancias se debe reducir la inevitable pérdida de energía por calentamiento de los conductores $= I^2 \cdot R$ Watt. Como la disminución de la resistencia empleando cables gruesos, tiene un límite en el costo de tal instalación, es más ventajoso elevar previamente la tensión V y bajar la intensidad I de la corriente que al lejano lugar de consumo debe proporcionar la potencia de $I \cdot V$ Watt.

Para ello, en la central transmisora, la tensión de la corriente alterna suministrada por los generadores (6000 Volt) se eleva por medio de transformadores estáticos hasta más de 100 000 Volt. En las estaciones receptoras se verifica mediante transformadores la operación contraria rebajando la alta tensión a la necesaria para los aparatos de consumo (220 Volt).

¿De qué partes consta el teléfono magnético?

El teléfono magnético que transforma por inducción las vibraciones acústicas en eléctricas, se compone de un imán permanente que lleva en uno de sus polos una bobina de muchas vueltas de alambre de cobre delgado. Frente al mismo polo se halla una lámina de hierro dulce sostenida por un marco apropiado. Se conecta la bobina de este aparato transmisor con la del teléfono receptor de igual construcción.

¿Cómo funciona este aparato sencillo?

Las compresiones de aire, producidas por la voz, hacen vibrar la lámina de hierro delante del polo magnético, con lo que se modifica la distribución de las líneas de fuerza produciéndose en el mismo ritmo una corriente de inducción en la bobina del aparato

Como transmisor se usa hoy día en la telefonía **el micrófono**; ¿puede Ud. hacer una descripción de este aparato?

¿Cómo funciona el micrófono en el circuito telefónico?

¿Con qué nombre se designa una **máquina generadora de electricidad**, por inducción electromagnética y movimiento de rotación?

transmisor. Esta corriente es conducida a la bobina del teléfono receptor, donde origina modificaciones en la fuerza atractiva del polo magnético que hace oscilar en el mismo ritmo la delgada placa de hierro colocada en su campo de atracción.

El micrófono se funda en la variación notable de la resistencia eléctrica que experimentan los puntos de contacto de granitos, varillas y placas de carbón bajo la acción de presiones.

El micrófono consta de una caja cilíndrica en cuyo fondo hay un trozo de carbón y cuya tapa es una delgada membrana de carbón. El espacio libre entre estas dos partes contiene granitos sueltos de carbón. Uno de los polos de una pila eléctrica está unido a la placa de carbón de modo que la corriente cruza la capa granulada y sigue, atravesando el carbón en el fondo y luego el primario de una bobina de inducción, hasta el otro polo de la batería.

Cuando se habla frente al micrófono, los granitos de carbón reciben tantas sacudidas como vibraciones ejecuta la plaquita de carbón, las cuales originan en el mismo ritmo variaciones de resistencia entre los trocitos de carbón acompañadas por alteraciones rítmicas en la intensidad de la corriente que circula por el micrófono y el carrete primario de la bobina de inducción. En el secundario de ésta se logra obtener por inducción una corriente modulada de acuerdo con estas vibraciones la que se hace llegar al teléfono de la estación receptora.

Se llama **dinamo** a una máquina que, fundada en la inducción electromagnética, transforma la energía mecánica de un movimiento de rotación en energía eléctrica. Estas máquinas se dividen en generadores de corriente continua que circula siempre en el mismo sentido, y de corriente alterna (alternada)

¿En qué fenómeno se basa la construcción de una máquina dínamo-eléctrica y cuáles son sus partes esenciales?

¿Qué diferencia hay entre un electromotor y un generador de corriente continua?

¿Cómo se obtiene mediante una máquina dínamo corriente continua?

¿En qué se diferencia el generador de corriente alterna del de corriente continua?

que cambia periódicamente de intensidad y sentido.

Su construcción se basa en el hecho de que en un conductor que se mueve cortando las líneas de fuerza de un campo magnético, se generan corrientes de inducción.

Las partes esenciales de una máquina dínamo son: 1) El imán inductor, formado por un «magneto» o un sistema de electroimanes. 2) El inducido o arrollado de alambre que constituye generalmente la parte móvil en que se genera la corriente inducida. 3) El colector o conmutador que recoge la corriente producida para enviarla al circuito exterior.

No hay diferencia esencial en la construcción de estas máquinas electro-magnéticas que son reversibles; es decir, haciendo circular corriente por la máquina, su rotor se pone en movimiento (regla de la mano izquierda), y haciendo girar su inducido mediante una energía mecánica, se obtiene una corriente de inducción (regla de la mano derecha).

La descripción dada del electromotor (Pág. 144) se aplica también para el generador de corriente continua. Al colector segmentado se da en este caso el nombre de conmutador, por estar destinado a enderezar la corriente producida a fin de mantener constantes los polos + y — del generador.

En el generador de corriente alterna, los extremos del inducido terminan en dos anillos colectores, con los cuales están en contacto las escobillas. Estos anillos están aislados entre sí y fijos sobre el eje.

Con respecto a la fuerza electromotriz inducida valen las mismas consideraciones de antes; sólo es de advertir que por cada media vuelta que da la bobina en el campo magnético, la diferencia de potencial entre ambos anillos cambia alternativamente de signo,

¿Qué se llama período y qué se entiende por frecuencia de la corriente alterna?

y por eso, el sentido de la corriente que sale por las escobillas al circuito exterior **cambiará** también periódicamente.

Los dos cambios de polaridad que corresponden a una vuelta entera del inducido, forman 1 período y el número de períodos por segundo, se llama la frecuencia de la corriente alterna. Por ej., si la corriente alterna es de 50 períodos, se producen en 1 seg 100 cambios o alteraciones de los signos + y — en los polos.

Se representa tanto la variación de la intensidad como la de la fuerza electromotriz por una curva sinusoidal que es una línea curva compuesta de una convexidad seguida de una concavidad a ambos lados de un eje a manera de una $\sim$.

¿Qué dispositivo permite la observación del paso de la electricidad a través de los gases enrarecidos?

Se unen los electrodos, que se hallan en el interior de un largo tubo de vidrio, a los terminales del secundario de un carrete de inducción y se extrae el aire mediante una máquina neumática. Cuando el enrarecimiento ha llegado a 4 cm de presión de Hg, empieza la descarga eléctrica en forma de un filamento luminoso desde el anodo (+) hacia el catodo (—); a pocos milímetros de presión, esta cinta se ensancha a una columna luminosa de color rojizo dejando un espacio obscuro delante del catodo.

¿Qué son tubos de Geissler y qué fenómenos se observan por medio de ellos?

En los tubos de Geissler, en que el gas está a la presión de 4 a 1 mm y hasta décimos de mm de Hg, la variedad de los fenómenos luminosos depende: 1) de la gradual disminución de esta presión (el ensanche del espacio obscuro, la segmentación de la luz positiva y el avance de la luminosidad negativa); 2) de la naturaleza del gas (aire da color rojo; CO_2 , color verdoso); 3) de la fluorescencia y fosforescencia que aparece en las sustancias apropiadas. (Pág. 187).

¿Qué son rayos catódicos?

¿Cuál es el experimento que revela la naturaleza de los rayos catódicos?

¿Qué son rayos X o rayos Rontgen?

¿Cuál es la propiedad de los rayos X

Quando el enrarecimiento llega a centésimos y valores inferiores aún de mm, aparecen en el interior del tubo los rayos catódicos que son invisibles, pero que manifiestan sus propiedades por los efectos que producen: propagación rectilínea en dirección normal al catodo; proyección de sombras nítidas de los cuerpos interpuestos en su camino; calentamiento y fluorescencia y fosforescencia de los cuerpos adecuados heridos por estos rayos que son incapaces de atravesar las paredes del tubo.

Acercando un imán al tubo, el haz de rayos catódicos se desvía como una corriente eléctrica que pasaría del anodo al catodo de acuerdo con la regla de la mano izquierda (pág. 143). Pero como se trata de rayos que salen del catodo, su carga eléctrica debe ser negativa y se admite que los rayos catódicos consisten en el movimiento de electrones repelidos por el catodo, indicando este flujo electrónico la verdadera dirección de toda corriente eléctrica. (Pág. 124).

En 1895 Röntgen observó que se origina una radiación hasta entonces desconocida que él llamó rayos X, cuando los rayos catódicos chocan contra un obstáculo. Un tubo Röntgen tiene frente al catodo otro electrodo metálico, llamado anticatodo, sobre el cual se concentran los rayos catódicos. Los rayos X que parten de este punto hacia todas las direcciones, producen la fluorescencia del vidrio, atraviesan las paredes del tubo, impresionan placas fotográficas con excepción de aquellas partes que se hubieran protegido con objetos metálicos, ionizan el aire separando la molécula gaseosa en dos iones con cargas eléctricas iguales y contrarias. Un campo magnético no tiene influencia sobre los rayos X.

Por su notable poder de penetración a través de los cuerpos según su densidad, los ra-

que tiene importante aplicación práctica?

¿Qué se sabe sobre la naturaleza de los rayos X?

¿Qué es radioactividad?

¿En cuántos grupos se dividen las emanaciones del radio?

¿A qué se debe la radioactividad?

Los rayos X tienen mucha aplicación en la medicina, para el examen de los órganos internos por medio de las imágenes producidas sobre las pantallas de platino-cianuro de bario, o sobre placas fotográficas para obtener las conocidas radiografías.

Laue (1912) logró medir la longitud de onda de los rayos X, la cual encontró unos miles de veces más corta que la de la luz y pudo determinar que son vibraciones electromagnéticas semejantes a la radiación luminosa. La causa que produce los rayos X sería el brusco cambio de velocidad que sufren los electrones de los rayos catódicos al ser frenados por el choque con el anticatodo.

La radioactividad como propiedad de algunas sustancias consiste en la emisión espontánea y continua de radiaciones semejantes a los rayos obtenidos mediante los tubos catódicos. Tales sustancias son la pechblenda, minerales de uranio y sales de torio. En 1898 Curie extrajo de la pechblenda bromuro de radio, que supera al uranio en radioactividad en un millón de veces.

1) Rayos α , de carga eléctrica positiva, que están constituidos por núcleos de átomos de helio; su poder de penetración es tan pequeño que una hoja de papel los detiene.

2) Rayos β , formados por electrones como rayos catódicos de gran velocidad, por lo cual su poder penetrante es mayor que el de los rayos α .

3) Rayos γ ; son ondas electromagnéticas, semejantes a los rayos X, pero de menor longitud de onda aun que éstos. No se desvían en el campo magnético y son muy penetrantes, (aplicación en la medicina).

Los cuerpos radioactivos pertenecen a los de mayor peso atómico y su radioactividad se atribuye a un proceso de desintegración espontánea de sus átomos con emisión de

$$T = 2 \pi \sqrt{L \cdot C} \quad \text{seg} \quad \dots \dots \dots (39)$$

La letra L significa el coeficiente de inducción refleja y C la capacidad del circuito.

Las ondas cuyos números de oscilaciones alcanzan a más de 10 000 en 1 seg, se llaman de alta frecuencia.

Mediante la descarga oscilante se obtienen ondas electromagnéticas amortiguadas, cuya amplitud va decreciendo rápidamente. Actualmente se aprovechan en la radiotelegrafía y radiotelefonía los audiones o tubos termoiónicos para la emisión de ondas sostenidas, o sea de constante amplitud.

La más importante aplicación de las ondas electromagnéticas es la radiotelegrafía y radiotelefonía. Supongamos en funcionamiento como transmisor, un oscilador de gran capacidad, unido con un polo a tierra y con el otro a una bobina graduable que termina en una antena elevada. Por medio de un interruptor de la corriente se podrían emitir ondas de diferente duración y por el número de espiras intercaladas, de determinada longitud.

Estas ondas serían captadas por la antena del receptor que esté unido a un detector de cristal. Algunos minerales, como la galena y las piritas, tienen la propiedad de transformar las oscilaciones de alta frecuencia, que son las del emisor, en una corriente de baja frecuencia y de rectificar sus alternancias en impulsos que pasen en un solo sentido por el teléfono, ya que éste no podría funcionar con corrientes alternas de gran frecuencia a causa de la inercia de la membrana.

Para tener buena recepción, el aparato receptor debe estar sintonizado con el transmisor, es decir los períodos de oscilación de ambos aparatos deben coincidir, lo que se consigue aumentando o disminuyendo la autoinducción de la bobina deslizando sobre ella

¿Qué importante aplicación práctica se ha dado a las ondas electromagnéticas?

¿En qué consiste la sintonización del receptor?

¿Cómo está construido el audión o tubo termoiónico?

un contacto movable o empleando condensadores variables para ajustar los factores del producto, $L \cdot C$, a la correspondiente longitud de onda. La sintonización tiene su analogía en el fenómeno de la resonancia, Pág. 72

Se puede decir que el tubo termoiónico o audión es un tubo catódico de un vacío hasta millonésimos de mm de Hg y de tres electrodos:

1) El filamento como catodo que en el estado de incandescencia emite electrones. Por este filamento de tungsteno o de platino recubierto de óxido de bario, se hace pasar la corriente de una batería de pocos Volt. Circuito del filamento.

2) La rejilla o grilla, formada por una malla metálica de molibdeno, rodea el filamento y está conectada con la bobina receptora que le comunica potenciales variables positivos y negativos. Circuito filamento-rejilla.

3) La placa que en forma de un cilindro de níquel envuelve el conjunto anterior, está unido al polo + de una batería de 25 a 100 Volt cuyo polo— está enlazado con el polo— de la batería del filamento. Circuito filamento-placa.

¿Qué función desempeña la rejilla?

Las variaciones del potencial de la rejilla provocan notables cambios en la intensidad de la corriente electrónica que se dirige del filamento a la placa. Los electrones emitidos por el filamento calentado y atraídos por la placa electrizada positivamente cierran el circuito atravesando el espacio desde el filamento a la placa, sólo en esta dirección unilateral.

Ahora bien, supongamos que la rejilla esté cargada más o menos negativamente; en este caso puede repeler total o parcialmente a los electrones procedentes del filamento. Pero si a la rejilla se lleva un potencial positivo, su efecto se sumará al de la placa para atraer los electrones y la intensidad de la corriente

¿Para cumplir su función, ¿cómo está colocado el audión en el circuito del receptor?

Además de servir de detector, ¿qué otras funciones puede ejercer un audión?

¿Qué clase de ondas electromagnéticas toman el nombre de ondas moduladas?

filamento-placa aumenta. Modificando, pues, el potencial de la rejilla, se puede regular la intensidad de la corriente que va del filamento a la placa con toda precisión exenta de inercia, ya que no hay ningún órgano mecánico en movimiento, para que esa corriente que pasa también por el teléfono reproduzca fielmente las variaciones de frecuencia elevadas de las oscilaciones radiotelegráficas.

En el circuito filamento-rejilla del audión se halla intercalada una bobina mediante la cual las oscilaciones que recibe la antena, producen por inducción una tensión alternante de alta frecuencia que se suma o se resta al potencial de la rejilla. Las fases positivas de las oscilaciones aumentan la corriente filamento-placa, en cambio, las negativas la disminuyen o la anulan y, por este efecto rectificador del audión, cada tren de ondas origina en el circuito de placa una sucesión de impulsos en el mismo sentido que llegan al teléfono colocado en este circuito. La membrana del teléfono se encorvará al paso de cada tren de ondas y volverá a tomar su posición primitiva durante el tiempo que separa dos trenes de ondas consecutivas.

El tubo de tres electrodos puede funcionar también como amplificador y oscilador o generador de ondas hertzianas no amortiguadas, fundándose siempre en el hecho de producir variaciones periódicas del potencial de la rejilla las cuales a su vez determinan cambios de intensidad en el circuito filamento-placa.

La onda modulada, usada en radiotelefonía, es una onda electromagnética obtenida por la interferencia de las ondas sostenidas de alta frecuencia producidas por el emisor con las ondas de baja frecuencia y diferente amplitud debidas a un circuito microfónico que mediante un transformador se sobrepone al potencial de la rejilla.

OPTICA

¿Cómo se dividen los cuerpos con respecto a la emisión de luz?

¿Cuáles son las teorías que se han sostenido acerca de la naturaleza de la luz?

1) Algunos cuerpos son luminosos y como fuentes de luz emiten, desde la temperatura de 520°C , las radiaciones que impresionan nuestros ojos y nos dan la sensación de luz, como el sol y los cuerpos incandescentes.

2) Los cuerpos iluminados son visibles al reflejar la luz recibida de un foco luminoso, como la luna, las habitaciones, los libros, etc. A través de los cuerpos transparentes (aire, vidrio, agua) la vista puede percibir la forma de otros cuerpos, pero los cuerpos opacos interceptan los rayos luminosos.

1) La teoría de emisión (Newton, 1643-1727) afirmaba que los cuerpos luminosos emitirían a través del espacio corpúsculos materiales muy livianos que actuarían sobre nuestros ojos.

2) La teoría de ondulación (Huygens, 1629-1695) admite, en analogía con las ondas sonoras, que la luz es debida a un movimiento vibratorio del éter cósmico, el medio hipotético, imponderable y elástico que llena todo el universo. Un cuerpo luminoso provoca en el éter la formación de ondas transversales, y el rayo luminoso consiste en la propagación de estas vibraciones por el espacio.

3) La teoría electromagnética (Maxwell, 1831-1879) explica la luz por las vibraciones de los electrones en los átomos de los cuerpos luminosos, las cuales equivaldrían a oscilaciones eléctricas rapidísimas que dan origen a ondas electromagnéticas de longitud muy corta.

4) Actualmente se está discutiendo una nueva teoría mecánica ondulatoria que trata de reunir los resultados comprobados de las teorías precedentes, incluso los corpúsculos

de Newton, y hacerlos concordar con las nuevas investigaciones sobre los múltiples fenómenos y efectos de las radiaciones.

Es opinión ya aceptada que la emisión de las radiaciones de un foco luminoso no es un proceso continuo, sino que sólo puede efectuarse de un modo intermitente y brusco, de manera que la energía emitida cada vez sea igual a un múltiplo de una magnitud elemental, llamada «quantum» de luz. Así que un haz luminoso estaría formado por el flujo de estos corpúsculos de energía indivisibles, denominados fotones, que no podrían ser emitidos ni absorbidos parcialmente. (Hipótesis de los «Quanta»). Se comienza a comprender la posibilidad de que bajo ciertas condiciones la luz podría materializarse y la materia transformarse en luz.

¿Cómo se ha podido determinar la **velocidad** con que la luz se propaga en el espacio?

Olaf Römer fué el primero que determinó la velocidad de la luz (en 1673). Había medido el tiempo comprendido entre dos eclipses consecutivos del primer satélite de Júpiter ($42\frac{1}{2}$ horas), cuando la Tierra estaba en su posición más próxima a ese planeta. Con este dato se calcularon tablas de las fechas y horas en que debería acontecer el mismo fenómeno astronómico. Al controlar los valores anotados por observaciones efectuadas unos 200 días más tarde, cuando la Tierra llegó al punto de su órbita diametralmente opuesto con respecto a Júpiter, notó Römer que había un atraso como de 1000 segundos entre el tiempo calculado de antemano y el verdadero momento en que el satélite se eclipsó. Con razón atribuyó este retraso al hecho de que la luz tenía que recorrer un camino aumentado por el diámetro de la órbita terrestre = 300 000 000 km. Como la luz emplea 1000 seg en recorrer esta distancia, su velocidad resulta igual a 300 000 Km seg⁻¹

La física experimental dispone igualmente de métodos que permiten determinar la ve-

¿Cómo se propaga la luz en los medios homogéneos?

Describe la cámara oscura.

Explique la formación de la **sombra pura** y de la **penumbra**.

Para comparar la **intensidad de los focos luminosos** se han establecido uni-

dad de la luz, no solamente en el aire, sino que también en otros medios transparentes. El valor más reciente (1935) es de $299\,770\text{ Km seg}^{-1}$ en el vacío; en el agua es de $225\,000$ y en el vidrio de $200\,000\text{ Km seg}^{-1}$ aproximadamente.

En medios homogéneos la luz se propaga en línea recta; p. ej.: el rayo luminoso que penetra por un pequeño orificio al interior de una habitación oscura, los rayos emitidos por un reflector.

La cámara oscura consiste en una caja que tiene un orificio muy pequeño en una de sus paredes. Por esta abertura penetran los rayos de luz procedentes de un objeto luminoso o muy iluminado, los que proyectan una imagen invertida de dicho cuerpo sobre la pared opuesta. Para construir la imagen se trazan desde los extremos del cuerpo luminoso hasta la superficie que sirve de pantalla dos rectas que se cruzan en el orificio de la cámara.

1) Si la luz proviene de un foco luminoso de muy pequeña dimensión (fuente puntiforme), queda detrás de un cuerpo opaco un espacio a donde no llega ningún rayo de luz, o sea la zona de la sombra pura limitada por los rayos luminosos tangentes a la periferia del objeto iluminado.

2) Si la fuente luminosa es extensa, se observa detrás del cuerpo opaco una zona central de sombra pura limitada por las tangentes exteriores, y una zona de transición que recibe los rayos emitidos por una parte del cuerpo luminoso, la cual se designa con el nombre de penumbra y está limitada por las tangentes interiores.

Como unidad de intensidad de luz se adoptó el Violle que es la cantidad de luz que emite la superficie de 1 cm^2 de platino a la temperatura de solidificación (1770° C).

dades, ¿cuáles son las principales?

¿Cuál es la unidad práctica de la iluminación?

¿Qué relación existe entre la intensidad de un foco luminoso y la iluminación o cantidad de luz que recibe de él una superficie colocada a la distancia (r)?

En la técnica y en los laboratorios se usa la bujía Hefner *HK* que es la luz que emite una lámpara de dimensiones determinadas, cuyo combustible es el acetato de amilo y cuya llama se mantiene a 4 cm de altura.

La intensidad de iluminación de una superficie se expresa en lux o bujías-metro. Se entiende por bujía-metro o lux lx la iluminación de una superficie que recibe perpendicularmente la luz de *I H K* colocado a la distancia de 1 metro.

La iluminación de una superficie depende:

1) de la intensidad del foco a la cual es directamente proporcional; es decir, la iluminación crece con la intensidad del foco luminoso;

2) de la distancia a que se halla la superficie iluminada del foco luminoso; a saber, la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Si la distancia r se expresa en metros y la intensidad I en bujías, se calcula la iluminación L por la fórmula:

$$L = \frac{I}{r^2} \quad \text{lux o bujías-metro...} \quad (40)$$

La divergencia de los rayos luminosos emitidos por el foco es lo que hace disminuir la iluminación en razón inversa del cuadrado de la distancia, porque a doble distancia el flujo luminoso se distribuye sobre una superficie 4 veces más extensa y a distancia triple sobre otra 9 veces mayor que la primera.

Los fotómetros son aparatos destinados a medir la intensidad de los focos luminosos por comparación con la unidad.

Para comparar las intensidades I_1 y I_2 de dos focos de luz se regulan sus distancias r_1 y r_2 de modo que produzcan sobre una pantalla la misma iluminación representada según la fórmula 40 por la igualdad:

¿Qué son fotómetros?

¿En qué ley se funda la construcción de los fotómetros y el método fotométrico?

¿Conoce un fotómetro de los más usados?

¿Qué se observa cuando un haz de luz cae sobre la superficie de agua tranquila y clara?

¿En qué consiste la reflexión de la luz?

¿Cuáles son las leyes que rigen el fenómeno de la reflexión?

$I_1 : r_1^2 = I_2 : r_2^2$. De donde

$$I_1 : I_2 = r_1^2 : r_2^2 \dots \dots \dots (41)$$

Las intensidades de dos focos luminosos son proporcionales a los cuadrados de sus distancias a la pantalla igualmente iluminada.

El fotómetro de Bunsen cuya pantalla de papel tiene una mancha de aceite en la parte central que la hace más transparente que el resto. A un lado de la pantalla y perpendicularmente a ella se coloca el foco tomado por unidad de medida. (H K) y al otro lado el foco de la intensidad desconocida. Se desplazan los focos hasta que la mancha desaparezca por efecto de la igualdad de iluminación en ambas caras.

Siendo $I_1 = H K$, se calcula $I_2 = I_x$ por la fórmula

$$I_x = \frac{r_2^2}{r_1^2} H K \dots \dots \dots (42)$$

Cuando se hace llegar oblicuamente un haz de luz a otro medio, p. ej., de aire a agua se observará fácilmente que una parte de los rayos es rechazada con cambio de su dirección, éste es el fenómeno de la reflexión; otra parte del haz luminoso atraviesa el agua en dirección desviada, lo que constituye el fenómeno de la refracción y por el fenómeno de la absorción, la luz va perdiendo de intensidad.

La reflexión de la luz consiste en el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso cuando incide sobre una superficie pulimentada.

1) El rayo incidente con la normal forma un ángulo (ángulo de incidencia) igual al formado por la normal y el rayo reflejado (ángulo de reflexión).

2) El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están siempre en un mismo plano.

Aplique la 1.^a ley de la reflexión a la ubicación de la imagen de un punto luminoso que se halla delante de un **espejo plano**.

¿Cómo se construye la imagen que da un espejo plano de un objeto colocado ante él?

¿Qué se entiende por **imagen virtual**?

¿Qué se observa al colocar un objeto entre dos espejos planos

Se llama la normal a la recta perpendicular levantada a la superficie reflectora en el punto de incidencia.

El punto luminoso *A* colocado delante del espejo emite un número infinito de rayos. Como una imagen óptica es el punto de intersección de dos rayos, se eligen para determinarla dos rayos que parten del punto luminoso: el primer rayo sería el que cae normalmente sobre el espejo y que se refleja sobre sí mismo; el otro sería alguno de los que llegan oblicuamente al espejo y que se refleja, de acuerdo con la ley de la reflexión, en una dirección tal que su prolongación más allá del espejo se corta con la prolongación del rayo normal detrás del espejo en el punto *B*, simétrico con respecto al punto luminoso (*A*), del cual es la imagen.

Un objeto suele representarse por una flecha de cuya punta y plumilla se hacen partir los rayos utilizables en la construcción geométrica de la imagen.

Según la regla anterior se construyen las imágenes de los puntos extremos del objeto para determinar la posición de la imagen completa. Resultará una imagen de la misma magnitud que el objeto, simétrica, derecha y virtual,

Los rayos de luz reflejados por un espejo plano divergen entre sí, pero sus prolongaciones convergen hacia un punto situado detrás del espejo. Nuestro ojo, impresionado como si los rayos hubiesen partido de ese punto, ve en él una imagen que no puede tener existencia real, ya que los rayos luminosos no traspasan la superficie reflectora, y que por eso se llama imagen virtual (aparente).

Cuando se coloca un objeto entre dos espejos planos que forman un ángulo, se observan imágenes múltiples cuyo número aumenta, por sucesivas reflexiones, a medida

que forman un ángulo?

¿Qué son espejos esféricos?

Para la construcción de las imágenes producidas por los espejos cóncavos se eligen **rayos de marcha conocida**; ¿cuáles son éstos?

¿Cuántas clases de imágenes se forman por estos rayos?

que el ángulo α disminuye. Se encuentra el número de imágenes aplicando la fórmula:

$$n = \frac{360}{\alpha} - 1 \text{ imágenes.} \dots \dots \dots (43)$$

Una aplicación práctica de espejos angulares es el caleidoscopio.

Los espejos esféricos son casquetes de esfera pulimentados. Si la cara reflectora es la interna, ese espejo se llama cóncavo; si la externa, convexo.

El radio de la esfera pasa a ser el radio de curvatura o la normal de la superficie del espejo. El punto central del espejo se llama centro óptico O desde el cual se traza el eje principal como recta indefinida que pasa por el foco F y el centro geométrico C del espejo. El foco está situado en el punto medio entre O y C , y es el punto en que se cortan después de su reflexión, los rayos que inciden paralelos al eje principal.

Cuando el punto desde el cual parten los rayos está situado fuera del eje principal, su imagen se determina por dos rayos cuya marcha es conocida:

1) El rayo paralelo al eje principal que se refleja pasando por el foco F del espejo.

2) El rayo que pasa por el centro geométrico C del espejo se refleja sobre sí mismo puesto que es normal al espejo.

A estos dos rayos se puede agregar un tercero, a saber:

3) El rayo que pasa por el foco del espejo, se refleja en dirección paralela al eje principal.

1) Cuando los rayos reflejados por el espejo convergen realmente en un punto situado delante del espejo, formarán en él una imagen real que puede recibirse sobre una pantalla. La imagen real se presenta siempre en posición invertida.

¿En qué caso da el espejo cóncavo imágenes virtuales y cuando imágenes reales?

2) Cuando los rayos reflejados son divergentes entre sí, sus prolongaciones más allá del espejo se cortarán en un punto desde el cual parecen provenir para el ojo que recoge el haz divergente reflejado por el espejo. Tal imagen no se puede recibir en una pantalla, pues es una imagen virtual; es siempre derecha y aumentada.

Imágenes virtuales, derechas y aumentadas se obtienen en el caso que el objeto esté situado dentro de la distancia focal; es decir entre los puntos O y F del espejo cóncavo.

Si el objeto se coloca más allá de la distancia focal, resultan imágenes reales invertidas.

Cuadro ilustrativo de los casos principales.

Distancia del objeto al espejo	Distancia de la imagen al espejo	Magnitud de la imagen	Clase de imagen
∞	f	punto	
disminuye	aumenta	crece	real invertida
$2f = r$	$2f = r$	igual al objeto	» »
disminuye	aumenta	crece	» »
f	∞	∞	
disminuye	de ∞ se acerca al espejo	de infinitamente grande, decrece	virtual, derecha, aumentada.

¿Qué clase de imágenes produce un espejo convexo?

Las imágenes de un objeto colocado a cualquiera distancia delante de un espejo convexo son siempre virtuales, derechas y más pequeñas que el objeto.

En la construcción gráfica de estas imágenes que se ejecuta mediante dos rayos de marcha conocida, se trazan los rayos reflejados de tal

Construya la figura que relaciona la distancia focal con las distancias de un punto luminoso y de su imagen real al espejo cóncavo, medidas sobre el eje principal y deduzca de ella la fórmula respectiva para f , a y b .

modo que sus prolongaciones pasan respectivamente por el foco virtual y por el centro geométrico del espejo. El foco virtual está colocado detrás del espejo a la distancia de $\frac{1}{2} r$.

Se construye la imagen de un punto luminoso A situado sobre el eje principal a mayor distancia que el radio de curvatura r , aprovechando el rayo que coincide con el eje principal y haciendo incidir otro oblicuamente en el punto M del espejo. Este último, después de su reflexión, determina sobre el eje principal el lugar de la imagen B en el punto de intersección de ambos rayos. Con la letra C designamos el centro geométrico del espejo.

En el triángulo AMB , el radio es la bisectriz que divide la base AB en dos segmentos proporcionales a los lados AM y MB :

$$AC : CB = AM : MB$$

La distancia focal, o sea entre O y $F = f$

La distancia del objeto, o sea entre O y $A = a$

La distancia de la imagen, o sea entre O y $B = b$

Sustituyendo estos valores en la proporción, resulta:

$$(a-r) : (r-b) = a : b$$

Después de haber formado el producto de medios y extremos, se dividen los términos por a b r , y transponiendo se halla:

$$\frac{2}{r} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad \text{Por ser } \frac{2}{r} = \frac{1}{f}, \text{ se tiene}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \dots\dots\dots (44)$$

¿Qué cambio de signos hace a la fórmula (44) válida para los espejos convexos?

¿Qué fórmula relaciona la **magnitud de la imagen** con la del objeto?

¿En qué consiste la **aberración esférica**?

¿En qué consiste el fenómeno óptico de la **refracción de la luz**?

El valor recíproco de la distancia focal es igual a la suma de los valores recíprocos de las distancias del objeto y de la imagen al espejo.

Como las imágenes virtuales se forman detrás del espejo cóncavo, la distancia b es negativa.

Siendo virtuales las distancias f y b , cambiarán de signo y la fórmula (44) pasa a ser:

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \dots\dots\dots (45)$$

En la construcción gráfica de la imagen de un objeto colocado delante de un espejo esférico, se forman dos triángulos semejantes que permiten establecer la siguiente proporción en que BB' significa la magnitud de la imagen y AA' la del objeto:

$$BB' : AA' = b : a \dots\dots\dots (46)$$

Cuando un espejo esférico es de gran abertura, los rayos reflejados cerca de los bordes no concurren al foco, sino cortan el eje principal en puntos más cercanos al centro óptico presentándose una curva iluminada, llamada curva cáustica que puede observarse, cuando los rayos de luz llegan a una taza de té, a un anillo brillante, etc. De ahí resulta en las imágenes una falta de nitidez y precisión. Por este motivo se reemplazan, para fines determinados, los espejos cóncavos de gran abertura por espejos parabólicos (reflectores, faros).

La refracción de la luz consiste en la desviación que sufre un rayo luminoso al pasar oblicuamente de un medio transparente a otro de diferente densidad óptica.

Si un rayo pasa de un medio menos denso a otro más denso, al refractarse

¿De dónde proviene la refracción?

¿Cuáles son las leyes que se cumplen en la refracción?

¿Conoce el valor numérico de algún índice de refracción?

¿Puede indicar una construcción gráfica por la cual se determine la dirección del rayo refractado, dado el rayo incidente y el índice de refracción? (Construcción de Reusch).

se acerca a la normal levantada en el punto de incidencia; si pasa de uno más denso a otro menos denso, se aleja de la normal.

Un rayo que incide perpendicularmente a la superficie de separación de dos medios transparentes, continúa su marcha sin desviarse.

La refracción es la consecuencia del cambio de la velocidad de propagación que experimenta la luz al pasar de un medio a otro. La propagación de la luz se efectúa siempre de tal modo que el tiempo del trayecto sea lo más pequeño posible.

1) El rayo incidente, la normal y el rayo refractado se encuentran en un mismo plano.

2) La razón del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción tiene un valor constante, llamado índice de refracción n :

$$n = \frac{\text{seno } i}{\text{seno } r} \dots \dots \dots (47)$$

Se llama seno de un ángulo a la razón entre el cateto opuesto a dicho ángulo y la hipotenusa.

El valor del índice de refracción depende solamente de la naturaleza de los cuerpos transparentes y es distinto para cada par de medios; por ej. aire a agua, 4 : 3; aire a vidrio, 3 : 2; aire a diamante, 5 : 2.

Por una recta horizontal se representa la superficie de separación de dos medios, por ej. aire y vidrio. En el punto de incidencia del rayo oblicuo se levanta la perpendicular a ese plano y haciendo centro en el mismo punto se trazan dos circunferencias cuyos radios tengan tantas unidades como lo expresa la razón del correspondiente índice de refracción: 2 cm y 3 cm en el caso citado. Se

prolonga la dirección del rayo incidente con puntitos hasta que se llegue a la circunferencia interior. Desde este punto se traza la paralela a la perpendicular hasta que corte la circunferencia exterior. Uniendo luego este punto de intersección con el de incidencia, se tiene la dirección del rayo refractado. (Para la demostración puede aprovecharse el teorema de geometría que dice: En un triángulo, una paralela a la base es a la base, como el segmento superior de un lado es a este lado entero).

¿Qué fenómenos se explican como consecuencias de la refracción de la luz?

Por efecto de la refracción los cuerpos sumergidos en el agua parecen acercarse a la superficie según la oblicuidad con que se los mire. Una varilla puesta oblicuamente en el agua parece quebrada, porque la parte sumergida se ve más levantada de lo que está en realidad. La refracción atmosférica desvía los rayos procedentes de las estrellas encorvándolos hacia la superficie de la tierra de modo que los astros parecen más elevados sobre el horizonte de lo que están realmente.

¿En qué condiciones se verifica el fenómeno óptico, llamado **la reflexión total de la luz**?

Cuando un rayo pasa de un medio más refringente a otro menos refringente, por ej. del agua al aire, se aparta de la normal. Por lo tanto, en este caso el ángulo i es siempre menor que el ángulo r y aumentándose el ángulo de incidencia i alcanzará un valor para el cual el ángulo de refracción r es de 90° .

Este ángulo de incidencia se llama «ángulo límite» de la refracción, porque para cualquier ángulo mayor que él se produce otro fenómeno, la reflexión total del rayo luminoso dentro del medio más refringente. Ángulo límite del agua al aire, 48° ; del vidrio al aire, 42° .

Ejecutando la constr. de Reusch en sentido inverso al indicado anteriormente, se encuentra la marcha del rayo emergente para

¿Qué explicación se da del espejismo, fenómeno que se observa en días calurosos y de calma?

¿Qué aplicación práctica se ha dado a la reflexión total en la construcción de algunos instrumentos ópticos?

¿Qué desviación del rayo luminoso se

los ángulos de incidencia menores que el ángulo límite.

El espejismo es una ilusión óptica que hace ver la imagen invertida de un objeto lejano como si se reflejase en el agua. En días despejados las capas de aire que están en contacto con el suelo fuertemente calentado por el sol pueden adquirir una densidad menor que las partes superiores de la atmósfera. Un rayo luminoso que se dirige al suelo desde un objeto elevado, atraviesa capas de mayor a menor densidad y por las refracciones sucesivas que le apartan más y más de la normal, puede alcanzar **un ángulo límite**. Pasado este límite, el rayo **se refleja**. Sigue ahora elevándose cada vez más y llega al ojo del observador como si proviniera de un punto situado debajo del horizonte y simétrico con respecto al objeto que se ve como rodeado de agua.

Son fenómenos de espejismo los que se observan en los días de verano, cuando el sol ha calentado el pavimento de los caminos. A lo lejos, el camino parece estar cubierto de agua y a veces se perciben imágenes algo vagas de cercos y árboles. Al acercarse uno, se estrecha la superficie de lo que parecía agua y finalmente desaparece la ilusión.

Un prisma de vidrio cuya sección es un triángulo rectángulo isósceles sirve para desviar un rayo de luz en ángulo recto por reflexión total. Se hace incidir el rayo sobre una de las caras perpendiculares del prisma, el cual se refleja totalmente sobre la cara inclinada en 45° , por ser este ángulo mayor que el ángulo límite de 42° . Tales prismas de reflexión total están intercalados en la marcha de los rayos de luz dentro de los anteojos prismáticos, periscopios, telémetros.

Cuando un haz luminoso atraviesa un medio de caras paralelas, los rayos emergentes

observa cuando pasa por un medio de caras paralelas?

¿Qué se entiende en óptica por un prisma?

¿Qué camino sigue un rayo a través de un prisma?

¿Cuál es el ángulo de desviación que sufre el rayo en su paso a través del prisma?

son paralelos a los incidentes, observándose un desplazamiento lateral que es tanto mayor cuanto mayores sean el ángulo de incidencia, el índice de refracción y el espesor del medio. Comprobación: Colocar un vidrio sobre una hoja de papel lineado; mirando normalmente no se observa ningún cambio de continuidad de las líneas; pero si se mira oblicuamente a través del vidrio, se ven las líneas más o menos desplazadas.

Se llama prisma a un medio transparente de caras planas no paralelas. El ángulo diedro que forman los dos planos recibe el nombre de ángulo refringente, α .

Un rayo de luz monocromática que incide oblicuamente sobre una cara del prisma sufre dos refracciones: la primera, al pasar del aire al vidrio, le acerca a la normal y la segunda, al salir del vidrio al aire, le aleja de la normal.

Para trazar la marcha del rayo se aplica en su punto de incidencia la construcción de Reusch (pág. 174) como asimismo en el punto por donde sale del prisma.

El ángulo de desviación, δ , está formado por las direcciones del rayo incidente y del emergente. Considerando geométricamente la figura que representa la marcha de un rayo luminoso por un prisma, se llega a la deducción que el ángulo de desviación

$$\delta = \angle i + \angle i' - \alpha \dots \dots \dots (48)$$

En esta fórmula, (i) significa el ángulo de incidencia que está comprendido entre el rayo incidente y la normal, e (i') el ángulo formado por el rayo emergente y la respectiva normal.

Cuando estos dos ángulos son iguales entre sí, el ángulo de desviación δ pasa por un valor mínimo.

¿De qué factores depende la desviación que un prisma imprime a la luz monocromática?

¿Cómo actúa un prisma sobre un haz de luz compuesto de varios colores?

¿Qué colores resultan de la descomposición de la luz blanca (solar)?

***¿De qué partes consta un prisma acromático?**

¿Qué son lentes?

La desviación depende: 1) Del ángulo de incidencia. 2) De la naturaleza del prisma (índice de refracción del vidrio común = 1,5; del vidrio flint = 1,6 y de vidrio especial = 1,7). 3) Del ángulo refringente. 4) Del color de la luz. Los rayos menos desviables son los de color rojo y los que más se desvían son los de color violeta.

Cuando a un prisma llega un haz de luz compuesto de varios colores, cada uno de ellos, al refractarse experimenta una desviación distinta y sobre una pantalla se obtienen tantas franjas de diferentes colores como los haya en la mezcla. La descomposición de la luz en sus colores constitutivos se llama la dispersión de la luz.

La luz blanca se descompone a su paso por un prisma en una serie continua de colores, el espectro, en que se distinguen bien siete colores: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta (colores del arco iris). De esto se deduce que la luz blanca es una mezcla de rayos de todos los colores.

Un prisma acromático es una combinación de dos prismas: uno de vidrio óptico común y el otro de vidrio flint reunidos en sentidos contrarios con respecto a sus aristas refringentes. Como el ángulo refringente del primer prisma se elige mayor que el del prisma flint, la combinación imprime a la luz una desviación; pero el índice de dispersión del vidrio flint es mayor que el del vidrio común, por lo que el prisma acromático, como dice su nombre, emite luz blanca desviada.

Lentes son medios transparentes limitados por superficies curvas o esféricas. El centro de la lente es su centro óptico; a ambos lados y equidistantes de este punto se encuentran los focos situados sobre el eje principal que pasa por el centro óptico.

La definición de la expresión «**focos de las lentes**».

¿En cuántas clases se dividen las lentes por la forma de sus caras?

¿Qué clases de imágenes producen las lentes?

¿Cómo se construyen las imágenes producidas por una lente convergente?

En las lentes, lo mismo que en los espejos se llaman focos los puntos en que concurren los rayos refractados o sus prolongaciones, cuando estos rayos inciden sobre las lentes paralelamente al eje principal.

Si los focos son reales, la lente es convergente y de mayor espesor en la parte central; si son virtuales, es decir, no formados por los rayos mismos sino por las prolongaciones de éstos, la lente es divergente o más delgada en el centro que en los bordes.

Según la curvatura de sus caras, las lentes convergentes pueden ser: biconvexas, plano-convexas y cóncavo-convexas.

Las lentes divergentes se presentan como bicóncavas, plano-cóncavas y convexo-cóncavas.

La parte central de las lentes delgadas se considera como un vidrio de caras paralelas y todo rayo que pasa por el centro óptico no sufre desviación apreciable.

1) Una lente convergente produce imágenes reales e invertidas, cuando el objeto está colocado a mayor distancia de la lente que la distancia focal, y cuando está situado el objeto entre el foco y el centro óptico de la lente, resultan imágenes virtuales, derechas y aumentadas. Conviene fijarse en la analogía que existe con el espejo cóncavo (pág. 169).

2) Las lentes divergentes producen únicamente imágenes virtuales, derechas y más pequeñas que el objeto. Hágase la comparación con los espejos convexos.

En analogía a la construcción de las imágenes obtenidas por medio de un espejo cóncavo (pág. 168), trazamos desde cada extremo del objeto hasta la lente:

1) un rayo paralelo al eje principal que refractado por la lente pasa por el foco de ella;

¿En qué detalle hay que fijarse al construir una imagen producida por una lente divergente?

¿Qué fórmula relaciona entre sí la distancia a del objeto a la lente, la distancia b de la imagen y la distancia focal f de una lente?

2) otro rayo que atraviesa el centro de la lente sin desviarse;

3) también podría aprovecharse un tercer rayo que pasara por el foco que está del lado del objeto y que después de su refracción en la lente siguiese su marcha paralelo al eje principal.

Los tres rayos (basta elegir dos) se cortan en un solo punto formando allí la imagen del punto correspondiente del objeto.

Se aprovechan los mismos rayos de marcha conocida tomando en cuenta que el rayo paralelo al eje principal es refractado de tal modo que su prolongación pasa por el foco virtual del mismo lado del objeto. La imagen virtual se forma para el ojo del observador en el punto donde la prolongación del primer rayo corta el rayo verdadero que atraviesa el centro óptico de la lente sin desviarse.

Designando con f la distancia entre un foco y el centro óptico de la lente; con a , la distancia del objeto al centro óptico y con b , la de la imagen al centro de la lente, se expresa la dependencia de estas distancias entre sí por la fórmula siguiente:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \dots\dots\dots (49)$$

Los signos negativos que se anteponen a los valores de las distancias de las imágenes y focos virtuales, cambian para las imágenes virtuales producidas por las lentes convergentes la fórmula (49) en:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \dots\dots\dots (50)$$

y para las lentes divergentes en:

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \dots\dots\dots (51)$$

¿Cómo se procede para encontrar experimentalmente las distancias designadas con a y b en la fórmula 49?

Se usa el «banco óptico» que es una regla graduada a lo largo de la cual pueden moverse un objeto luminoso, un portales y una pantalla. Se desplaza convenientemente la pantalla o la lente hasta que se reciba en la pantalla con toda nitidez la imagen real e invertida del objeto, de la llama de una vela, por ej.

Para calcular la distancia focal de esta lente, se aplica la fórmula mencionada.

Directamente se conoce la distancia focal de una lente, midiendo la distancia entre ella y la imagen que produce de un objeto situado a gran distancia, del sol, p. ej.

La fórmula que relaciona la distancia focal f con el índice de refracción n y con los radios de curvatura es la siguiente:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \dots \dots \dots (52)$$

Los radios de curvatura de las superficies convexas llevan el signo $+$; de cóncavas, $-$ y de planas, ∞ .

Cuando la distancia focal se mide en metros, la potencia de la lente se expresa en dioptrías. Una lente de la distancia focal de 1 metro tiene la potencia de 1 dioptría D . Se encuentran las dioptrías de las lentes dividiendo 100 por sus distancias focales expresadas en centímetros, anteponiendo el signo $+$ tratándose de lentes convergentes y el signo $-$ a las dioptrías de las lentes divergentes.

Si BB' denota la magnitud lineal de la imagen y AA' la del objeto, se usa para el cálculo de una de estas magnitudes la siguiente fórmula deducida de la semejanza de los triángulos que resultan en la construcción geométrica de las imágenes:

$$BB' : AA' = b : a \dots \dots \dots (53)$$

¿Qué fórmula relaciona la distancia focal de una lente con el índice de refracción del vidrio y con los radios de curvatura de sus caras?

¿Cómo se expresa la distancia focal de una lente en dioptrías?

¿Qué fórmula relaciona la magnitud de la imagen con la del objeto?

¿Qué defectos tienen las lentes simples?

1) Aberración esférica, la cual consiste en que los rayos marginales sufren mayor desviación que los rayos centrales produciéndose por eso una imagen menos precisa.

Este defecto puede atenuarse con auxilio de un diafragma que ataje los rayos periféricos.

2) Aberración cromática que se manifiesta por los bordes coloreados de las imágenes y que tiene su origen en la dispersión que experimenta la luz blanca al refractarse.

La corrección de este defecto se consigue combinando una lente convergente de vidrio óptico común con otra divergente de vidrio flint; esta última debe ser de menor distancia focal pero de igual poder dispersivo que la primera para anular la dispersión producida. Tal sistema de lentes se llama lente o sistema acromático.

¿Por medio de cuál fórmula se obtiene la distancia focal de un sistema de lentes?

El valor recíproco de la distancia focal de un sistema de lentes juntas es igual a la suma de los valores recíprocos de las distancias focales de las lentes que lo componen:

$$\frac{1}{f_s} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \dots \dots \dots (54)$$

Al aplicar esta fórmula debe tenerse presente que a la distancia focal de lentes convergentes corresponde el signo +, y a la de divergentes, el signo —.

Conociendo la distancia focal del sistema y de la lente convergente, esta fórmula sirve para calcular la distancia focal negativa de lentes divergentes.

¿De qué manera se producen en el ojo humano las imágenes de los objetos mirados?

Los rayos luminosos, al penetrar en el ojo, sufren una refracción sucesiva en los diversos medios que atraviesan hasta llegar a la retina. El cristalino como lente convergente ($f = 1,5$ cm) proyecta una pequeña imagen real invertida sobre la mancha amarilla. El

¿Qué función del ojo se llama **acomodación**?

¿En qué particularidad consiste el defecto de la **miopía**?

¿Cuál es el defecto a la inversa de la **miopía**?

¿Cómo se determina la distancia focal de la lente que conviene al ojo en un caso dado?

iris es un diafragma automático que regula la cantidad de luz que la pupila deja pasar al interior del ojo.

La acomodación es la facultad que tiene el ojo de acomodar la curvatura del cristalino a la distancia del objeto mirado. Cuando el ojo se fija en un objeto cercano, el cristalino, por contracción de los músculos ciliares, disminuye su distancia focal aumentando la curvatura de sus caras y cuando se mira un objeto que se aleja, el cristalino aumenta su distancia focal adelgazándose. Objetos situados a la distancia de 12 metros hasta el infinito, están enfocados sin esfuerzo de acomodación y para los que están a la distancia de la visión distinta, 25 a 30 cm, el esfuerzo de acomodación es imperceptible.

La miopía consiste en que las imágenes de objetos lejanos se forman delante de la retina y para lograr que se desplacen algo más atrás y se proyecten sobre la retina hay que anteponer al ojo una lente divergente.

Sería que las imágenes de los objetos cercanos se formasen detrás de la retina, defecto que se llama hipermetropía, la cual proviene de la disminución de la facultad de acomodación después de los 45 años de edad (presbicia), o del diámetro algo corto que pueda tener un ojo (hipermetropía axial). Este defecto se corrige mediante el empleo de lentes convergentes.

Se determina la distancia de la visión distinta d que tenga el ojo la cual resultará inferior a 25 cm en un caso de miopía y superior tratándose de un ojo hipermetrope. Para devolver al ojo la normalidad de la vista, se calcula la distancia focal de la lente apropiada por la fórmula:

$$f = \frac{25 \cdot d}{d - 25} \text{ cm} \dots\dots\dots (55)$$

¿Qué valor mínimo debe tener el **ángulo visual** para que el ojo distinga dos puntos muy próximos de un objeto?

¿Qué es un **microscopio simple**?

¿Cómo se puede calcular el aumento obtenido mediante un microscopio simple para el ojo de visión distinta normal de 25 cm?

¿De qué partes consta el **microscopio compuesto**?

Para que el ojo pueda distinguir dos puntos muy próximos como separados, el ángulo visual formado en el ojo por los dos rayos respectivos debe ser aproximadamente igual a 1 minuto de arco (ángulo de separación).

Para extender la percepción más allá de lo que se puede ver a simple vista, se usan los instrumentos ópticos que aumentan el ángulo visual: microscopios si se trata de agrandar el ángulo visual de objetos muy pequeños y anteojos para los objetos que se ven pequeños por la gran distancia.

Un microscopio simple o lente de aumento o lupa, es una lente convergente a través de la cual se mira el objeto que debe encontrarse dentro de la distancia focal. El ojo percibe, a la distancia de la visión distinta una imagen virtual, derecha y mayor que el objeto.

El aumento o sea el número de veces que supera el tamaño de la imagen al del objeto, está expresado según la fórmula 53, por la razón $b : a$. Además, tratándose de una imagen virtual, se aplica la fórmula 50,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}, \text{ la cual, después de haber mul-}$$

tiplicado todos sus términos por b y haberlos ordenado, se transforma en la ecuación,

$$\frac{b}{a} = \frac{b}{f} + 1. \text{ Se reemplaza } b \text{ por } 25 \text{ y } b : a$$

por la palabra «aumento» y se tiene:

$$\text{Aumento} = \frac{25}{f} + 1 \dots \dots \dots (56)$$

El microscopio compuesto está formado por dos sistemas de lentes:

Uno, llamado el objetivo, constituye esencialmente una lente convergente de muy corta distancia focal, la cual produce una ima-

¿Cómo está construido el anteojo astronómico?

¿Qué ventajas tiene el anteojo de Galileo o de teatro?

gen real, invertida y aumentada del objeto que debe estar colocado a una distancia algo mayor que la distancia focal del objetivo.

La segunda combinación de lentes, el ocular, actúa como lente de aumento para agrandar la imagen real, la cual debe hallarse dentro de la distancia focal del ocular.

El microscopio compuesto produce una imagen virtual, invertida y mayor que el objeto. El aumento es igual al producto de los aumentos debidos al objetivo y al ocular.

El anteojo astronómico o de Kepler consta de dos lentes convergentes: el objetivo y el ocular.

El objetivo tiene una gran distancia focal y da de un objeto lejano una imagen chica, real e invertida la cual es recibida dentro de la distancia focal del ocular que actúa como lente de aumento. La imagen que ve el observador es virtual e invertida con respecto al objeto.

El aumento es aproximadamente igual al cociente de las distancias focales del objetivo F y del ocular f .

$$\text{Aumento} = F : f \dots \dots \dots (57)$$

$$\text{La longitud del anteojo} = F + f \text{ cm} \dots (58)$$

Su longitud es más reducida que la del instrumento anterior por ser $= F - f \dots (59)$

Además presenta los objetos en su verdadera posición.

En la parte óptica se diferencia del anteojo de Kepler por el ocular que es una lente divergente.

El objetivo es una lente convergente que formaría una imagen real e invertida del objeto; pero la lente divergente del ocular intercepta estos rayos antes que lleguen a producir una imagen y cambia la convergencia de los mismos en una divergencia por la cual se obtiene finalmente, en vez de una ima-

gen real, una imagen virtual y derecha del objeto.

El aumento del anteojo del teatro se calcula, como en el caso anterior, también por la fórmula.

$$\text{Aumento} = F : f, \dots \dots \dots (60)$$

¿Qué es un aparato espectral o espectroscopio?

¿Qué función corresponde a cada una de estas partes al efectuar la observación de los espectros?

¿Cómo se clasifican los espectros?

El espectroscopio sirve para la observación de los espectros. Sus partes principales son: un prisma de flint, un colimador, un anteojo y un proyector de la escala para medir.

Por la ranura graduable del colimador entra la luz que se quiere analizar la cual convertida por una lente en un haz de rayos paralelos, llega al prisma donde se desvía y se descompone, conforme al índice de refracción de cada color, en una banda multicolor, llamada espectro.

El anteojo sirve para examinar el espectro y el proyector de la escala de medición hace aparecer en el anteojo, junto con el espectro, una escala de rayas equidistantes para precisar la posición de las líneas espectrales.

Los espectros se clasifican en espectros de emisión y de absorción.

Según la fuente luminosa que emite la luz se distingue entre los cuerpos sólidos y líquidos en incandescencia que dan los **espectros** llamados **continuos**, y entre los gases y vapores luminosos que producen los **espectros lineales** formados por rayas coloreadas más o menos numerosas.

Una tercera clase son los **espectros de absorción** que se obtienen interponiendo entre la fuente de luz blanca y el colimador, cuerpos transparentes que absorben ciertos colores, así que en el aparato se ve un espectro interrumpido por rayas y franjas oscuras.

¿De dónde provienen las líneas de Fraunhofer que se observan en el espectro solar?

Las líneas de Fraunhofer en el espectro solar se deben al fenómeno de la inversión del espectro. Cuando el medio absorbente es un gas o vapor que está a una temperatura menor que la fuente luminosa, se sitúan en el espectro rayas oscuras de absorción en los mismos lugares que ocuparían las rayas brillantes de emisión de estos mismos gases o vapores en incandescencia, fenómeno que se designa con el nombre de **inversión del espectro**.

De acuerdo con esto, las líneas de Fraunhofer se originan así: El núcleo solar de temperatura elevadísima emite un espectro continuo; pero los gases y vapores de más baja temperatura que constituyen la zona de la atmósfera del sol, llamada «capa de inversión», absorben los rayos luminosos que ellos emitirían. Por comparación de las líneas de Fraunhofer con las correspondientes a sustancias terrestres se logró determinar la composición química de la masa solar.

¿En qué hecho se funda el análisis espectral?

El análisis espectral se basa en el hecho de que cada sustancia produce un espectro característico cuyas líneas en número, color, intensidad y posición son siempre las mismas. De esto se deduce que un espectro examinado puede revelar la naturaleza química de las sustancias luminosas o absorbentes que ha intervenido en su formación comparando las líneas observadas con las anotadas en las tablas espectrales (de Kirchhoff y Bunsen).

¿Qué se entiende por color de un rayo luminoso?

La sensación de color es puramente subjetiva; es el resultado de la excitación de los conos de la retina, la cual es conducida por el nervio óptico al centro de visión del cerebro y clasificada y reconocida en el centro de la visión psíquica (memoria visual).

¿Cuál es la propiedad física que dife-

La propiedad física que diferencia los colores de un haz de luz está relacionada con

rencia los colores entre sí?

¿Qué sucede si se hace pasar por un segundo prisma un solo color del espectro?

¿Qué son colores complementarios?

¿Cuáles son los colores fundamentales?

¿Cómo pueden explicarse los colores con que se ven los cuerpos opacos o transparentes?

la longitud de las ondas luminosas en la parte visible del espectro que abarca las longitudes desde 76 millonésimos de cm ($0,76\mu$) en el rojo hasta 38 millonésimos de cm ($0,38\mu$) en el violeta.

Al hacer pasar por un segundo prisma un solo color espectral, por ej. el rojo, se observa una nueva desviación, pero ninguna descomposición en otros colores. De ahí se deduce que **los colores del espectro son simples u homogéneos.** (Luz monocromática).

Se llaman colores complementarios todo par de luces coloreadas que superpuestas producen luz blanca. Si en el ejemplo anterior se reuniesen mediante una lente convergente los colores del espectro desde el anaranjado hasta el violeta, se obtendría en una pantalla una imagen de color verde-azulado que se convertiría en luz blanca al superponerle el rojo que se había separado. Colores complementarios son: azul con amarillo; verde con purpúreo, etc.

Lo dicho vale para luces coloreadas y no para materias colorantes.

Como colores fundamentales se consideran estos tres: rojo, verde e índigo. Por la mezcla y graduación de tres luces de estos colores se pueden producir todos los colores del espectro y también la luz blanca.

Los cuerpos transparentes absorben ciertos colores de la luz y el determinado color que presentan es debido al conjunto de rayos coloreados que los atraviesan.

El color de los cuerpos opacos depende de la clase de rayos coloreados que difunden o reflejan. Es negro un cuerpo cuando absorbe todos los rayos de los colores espectrales, es blanco cuando los difunde todos y es verde cuando absorbe todos los colores a excepción de aquél, es decir difunde el verde. En consecuencia, los cuerpos no tienen

¿Está compuesta la luz blanca únicamente por las radiaciones visibles que corresponden al espectro?

*¿Puede Ud. citar algunos ejemplos notables de efectos que se atribuyen a la luz absorbida por ciertos cuerpos?

colores propios, sino dependientes de la clase de luz que reciben y de la parte que reflejan.

Las radiaciones que componen la luz blanca solar no se limitan tan sólo a la zona visible del espectro, sino que existen también radiaciones portadoras:

1) de energía calórica, las infra-rojas, de longitud de onda mayor que los rayos visibles, y

2) de energía química, las ultra-violetas que se extienden más allá del violeta visible, de longitud de onda cada vez más corta.

1) La fosforescencia se presenta en muchos cuerpos que expuestos a la luz solar, a la eléctrica, a la de Geissler o a los rayos catódicos permanecen luminosos durante algún tiempo en la obscuridad (sulfuros de Ba, Zn, el diamante, etc.).

2) La fluorescencia es la propiedad que tienen algunos cuerpos de emitir rayos luminosos distintos de los de las radiaciones a que están sometidos. Ejemplos tenemos en las pantallas de platino-cianuro de bario, en el vidrio de uranio, en la eosina, en el petróleo, etc. Estos cuerpos mirados por transparencia presentan color distinto del que ofrecen mirados por reflexión de la luz. Según la regla de Stokes, los rayos luminosos emitidos por la fluorescencia de un cuerpo son siempre de ondas más largas que las radiaciones excitativas, y por eso, dichas sustancias se vuelven visibles en la obscuridad bajo la acción de la radiación ultra-violeta, de los rayos X, del radium, etc.

3) La clorofila de las plantas absorbe una parte de los rayos rojos del espectro y descompone bajo la acción de la luz el anhídrido carbónico.

4) La luz acelera y activa muchos procesos químicos, como la síntesis del ácido clorídrico.

Describe brevemente el proceso fotográfico.

5) La fotografía está fundada en la acción de la luz sobre ciertas sales de plata, de platino, etc.

La máquina fotográfica es una cámara oscura con una lente convergente que proyecta una imagen real del objeto sobre una placa sensibilizada para la luz por una emulsión de bromuro de plata. Durante el tiempo de exposición que depende de la iluminación del objeto, la luz altera químicamente el bromuro de plata sin dejar una impresión visible en la placa o en el film.

Al bañar la placa fotográfica en un revelador (metol, hidroquinona) aparece la imagen, formada por plata reducida, en la graduación que corresponde a la intensidad de la luz recibida. Se procede a fijarla disolviendo el bromuro de plata no alterado, en una solución de hiposulfito de sodio y se obtiene el negativo.

Las pruebas positivas se sacan por un proceso análogo colocando el negativo sobre una hoja de papel sensible y exponiéndolo a la luz. El papel es impresionado a través de las partes transparentes del negativo, y el resultado final es un retrato en que la distribución de luz y sombra es semejante a la del objeto fotografiado.

*¿En qué consiste el efecto fotoeléctrico de la luz?

Con el nombre de efecto fotoeléctrico de la luz se designa el hecho de que bajo la acción de los rayos luminosos las superficies metálicas, principalmente las de los metales alcalinos (sodio, potasio; cesio) emiten electrones, o sea partículas con cargas electronegativas elementales.

*¿Puede Ud. citar alguna observación a este respecto?

Un electroscope cargado de electricidad negativa se descarga pronto cuando se lo expone a la luz rica en rayos ultravioletas que proviene de un arco voltaico o a los rayos solares, pero se mantiene cargado si su carga es positiva.

*Describa una célula fotoeléctrica.

El aspecto exterior de una célula fotoeléctrica es el de una ampolla de vidrio provista de dos contactos eléctricos. En su interior se encuentran dos electrodos: uno, el cátodo (—), se halla constituido por una delgada película de un metal alcalino depositado, o sobre la pared interna, o sobre un soporte especial; el otro, el ánodo (+), está formado por un alambre metálico. Para evitar la oxidación del metal alcalino, se extrae el aire de la ampolla y si luego se introduce en su interior un gas noble (helio, argón), la célula resulta más sensible.

*¿Cómo se hace funcionar la célula fotoeléctrica?

Si se conecta el cátodo de la célula al polo negativo de una batería de unos 100 Volt y su ánodo al polo positivo de la misma intercalando un amperímetro muy sensible, se observará el paso de una corriente eléctrica que aumenta con la intensidad de la iluminación y se anula en la obscuridad, siguiendo instantáneamente la variación de intensidad de la corriente eléctrica a los cambios de intensidad de la luz excitatriz.

*¿Por qué la célula sometida a la acción de la luz, deja pasar la corriente eléctrica suministrada por la batería?

La batería con el amperímetro y la célula fotoeléctrica conectados en serie constituyen un circuito que se halla interrumpido dentro de la ampolla por el espacio que separa el ánodo de la placa alcalina sensible la cual, bajo la acción de la luz, emite los electrones que atraídos por el polo positivo forman el flujo fotoelectrónico que cierra el circuito en el interior de la célula.

*¿Qué clase de rayos luminosos tienen influencia sobre la emisión de electrones en las células f. e.?

Las células fotoeléctricas no funcionan solamente con los rayos de la luz visible, sino también con las radiaciones infrarrojas y en más alto grado con las ultravioletas. Para una determinada longitud de onda (luz homogénea) la cantidad de electrones emitidos es proporcional a la intensidad de la radiación.

*¿Cuál es la teoría que trata de explicar el efecto fotoeléctrico

Según la hipótesis moderna de la luz, la radiación luminosa estaría formada por cantidades elementales indivisibles de energía,

producido por las radiaciones luminosas?

los fotones, expresando a la energía E de cada uno de ellos la fórmula, $\epsilon = \nu \cdot h$, en que ν significa la frecuencia de la oscilación y h , una constante universal $= 6,55 \cdot 10^{-27}$ erg · seg (constante de Planck).

En el efecto fotoeléctrico se supone que un fotón pone en libertad a un electrón. Designando m la masa y v la velocidad del electrón, y T el trabajo necesario para desligarlo del metal, el equivalente a la energía $\nu \cdot h$ del electrón quedaría determinado por la ecuación:

$$\nu \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} + T \dots \dots \dots (61)$$

*¿Cuáles son las principales aplicaciones de la célula fotoeléctrica?

Las aplicaciones de la célula fotoeléctrica son muy diversas; por ej. interrumpiéndose la radiación excitadora por el paso de un objeto, la corriente fotoeléctrica se anula inmediatamente, lo cual, mediante adecuados mecanismos, puede producir el sonar de una campanilla de alarma, el abrirse una puerta, el funcionamiento de un registrador, de un interruptor, etc.; en la televisión y en la proyección del film sonoro es uno de los elementos esenciales.

*¿En qué particularidad de la célula fotoeléctrica está basado el funcionamiento del cine sonoro?

En las películas usadas en el cine sonoro se distingue en un borde, al lado de las vistas, la franja acústica de 2 mm de ancho. La técnica de la toma de vistas sonoras se encuentra tan avanzada que se consigue fotografiar sonidos de 40 hasta 10 000 Hertz, es decir se ha llegado a transcribir este número de vibraciones sonoras por segundo mediante distintos grados de ennegrecimiento en la banda acústica del film. La célula fotoeléctrica debe transformar las variaciones luminosas recibidas a través de la franja acústica del film en variaciones de energía eléctrica correspondientes al grado de transparencia de cada parte que pasa frente a ella.

*Describa brevemente la disposición técnica del agregado fotoeléctrico del aparato de proyección para películas sonoras.

Una lamparita incandescente, llamada lámpara excitadora, proyecta sobre la banda acústica de la película un rayo finísimo de luz blanca que, moderado de intensidad según el grado de opacidad de la parte atravesada, incide sobre la célula fotoeléctrica la cual a su vez convierte los cambiantes impulsos luminosos en variaciones de la energía eléctrica que suministra la diferencia de potencial que hay en sus electrodos. Como la intensidad de la corriente que proviene de la célula es del orden de los miliampère, se la hace llegar a un amplificador que la aumenta al grado utilizable en el altoparlante.

PROBLEMAS DE FISICA

¿Qué método conviene seguir para resolver un problema de física?

Después de haber apuntado en orden los datos proporcionados por el problema, se reducen todas las magnitudes físicas que intervienen a una misma sistema, o al sistema absoluto (C. G. S.) o al práctico (técnico). Esta condición de homogeneidad debe cumplirse estrictamente y controlarse con el resultado obtenido.

Luego se busca la fórmula correspondiente, se reemplazan las letras por los números y se ejecutan las operaciones algebraicas.

Problemas

1. El diámetro del árbol de un torno mide 10 cm y el manubrio 0,4 m; $Q=100$ Kg. Calcular la potencia práctica sabiendo que el rendimiento η es del 85%.

DATOS

$R = 0,4$ m
 $R = 40$ cm
 $r = 5$ cm

SOLUCIÓN

Aplicando la fórmula (25) de la mecánica se encontrará el valor de la potencia matemática, $y = 12,5$ Kg-p, y mediante la fórmula,

DATOS

$$Q = 100 \text{ Kg}$$

$$\eta = 85\%$$

$$P_{\text{matem.}} = y$$

$$P_{\text{práct.}} = x$$

SOLUCIÓN

$$\eta = \frac{P_{\text{matem.}}}{P_{\text{práct.}}} \text{ o sea } 0,85 = \frac{12,5}{x}, \text{ se halla la}$$

$$\text{potencia práctica, } x = 14,706 \text{ Kg-p.}$$

$$\text{En una sola fórmula, } x = \frac{Q \cdot r}{\eta \cdot R}$$

2. Un pedazo de metal pesa en el aire 31,5 gr, sumergido en el agua, 28,5 gr y sumergido en el alcohol, 29,1 gr. Determinar: a) la densidad del metal; b) la del alcohol.

$$m_1 = 31,5 \text{ gr}$$

$$m_2 = 28,5 \text{ »}$$

$$m_3 = 29,1 \text{ »}$$

$$d_m = x \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$d_{\text{al.}} = y \text{ »}$$

a) Los dos primeros datos del texto sirven para calcular la densidad del metal de acuer-

do con la fórmula (41). Resultado: $10,5 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

b) El empuje o sea la pérdida de peso que experimenta el cuerpo al sumergirlo en el alcohol, d la masa del alcohol desalojado, cuyo volumen es igual a 3 cm^3 como en el caso anterior. Dividiendo $2,4$ por 3 se obtiene la densidad del alcohol, $(0,8)$.

3. Si la masa de la corona de Hieron, pesada en el aire hubiera sido de 1070 gr y sumergida en el agua de 1010 gr ; ¿cuántos cm^3 de plata y cuántos cm^3 de oro habrían constituido su volumen? (Densidad de la plata = $10,5$ y la del oro = $19,3$).

$$m_1 = 1070 \text{ gr}$$

$$m_2 = 1010 \text{ »}$$

$$\text{vol.} = 60 \text{ cm}^3$$

$$\text{vol.}_{\text{pl.}} = x \text{ »}$$

$$\text{vol.}_{\text{oro}} = y \text{ »}$$

$$y = 60 - x \text{ »}$$

Teniendo presente que la masa es igual al producto del volumen por la densidad del cuerpo y que lógicamente rige la siguiente igualdad:

$$\text{masa}_{\text{plata}} + \text{masa}_{\text{oro}} = \text{masa}_{\text{corona}}$$

se obtiene la ecuación:

$$\begin{aligned} x \cdot 10,5 + (60 - x) 19,3 &= 1070 \\ 8,8 x &= 88 \\ x &= 10 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Para resolver el problema con respecto a las masas de la plata y del oro que componían la corona, se establece la ecuación:

$$\text{Vol. plata} + \text{vol. oro} = \text{vol. corona}$$

Sea x la masa de plata y $(1\,070 - x)$ la masa del oro;

$$\text{resulta, } \frac{x}{10,5} + \frac{1070 - x}{19,3} = 60 \quad (x = 105 \text{ gr}).$$

4 a) ¿Con qué fuerza media actúan los gases del explosivo en el fusil sobre un proyectil de 10 gr de masa, si le comunican la velocidad de $700 \text{ m} \cdot \text{seg}^{-1}$ y el tiempo de su acción es de $0,002 \text{ seg}$?

b) Calcular la energía cinética de esa bala de 10 gr de masa y de la velocidad de $700 \text{ m} \cdot \text{seg}^{-1}$ expresando el trabajo que puede desarrollar al chocar contra un obstáculo.

c) ¿Qué longitud habrá tenido el cañón del fusil usado para disparar la bala mencionada?

a) El problema se resuelve mediante la fórmula del impulso (50),
 $F \cdot t = m \cdot v$

$$x = \frac{10 \text{ gr} \times 70\,000 \text{ cm}}{0,002 \text{ seg} \times \text{seg}} = 350\,000\,000 \text{ dinas} = 350 \text{ Kg-p.}$$

Por diversas circunstancias, como por ej. para vencer el roce de la bala, la fuerza provocada por la explosión de la pólvora debe ser mucho mayor que la calculada que pone en movimiento acelerado el proyectil en el cañón.

b) Recibe el nombre de energía cinética el producto de la mitad de la masa que se mueve por el cuadrado de su velocidad. Fórmula 51 que aplicada al problema nos da:

$$E = 5 \text{ gr} \times 70\,000^2 (\text{cm}^2 \cdot \text{seg}^{-2}) = 245 \times 10^8 \text{ erg} = 250 \text{ m-kg.}$$

Se supone que la velocidad final de la bala llega a ser nula.

$$F = 350 \text{ Kg-p}$$

$$s = x \text{ cm}$$

$$m = 10 \text{ gr}$$

$$v = 700 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

c) La energía cinética adquirida por un cuerpo es equivalente al trabajo que le ha sido

$$\text{aplicado, o sea; } F \cdot s = \frac{m}{2} \cdot v^2 \quad (51)$$

$$x = \frac{24\,500\,000\,000 \text{ erg}}{350\,000\,000 \text{ dinas}} = 70 \text{ cm}$$

5. ¿Qué aumento de longitud (x) y de volumen (y) experimenta una barra de zinc de 1 m de largo y de 1 cm² de sección a 0° C, si se aplican a ella 26 130 calorías? El coeficiente $\lambda = 0,000\ 029$; el calor específico = 0,092 y la densidad del zinc = 7,1.

Para calcular el alargamiento lineal por efecto de la dilatación por el calor, se debe conocer la temperatura a la cual se eleva la barra de zinc desde la temperatura de 0°, la que se encuentra aplicando la fórmula (28).

De la multiplicación del volumen (100 cm³) por la densidad (7,1) resulta la masa de zinc = 710 gr, y la ecuación $26\ 130 = 710 \cdot 0,092 \cdot t$, nos da la temperatura, $t = 400^\circ$.

Ahora bien, el aumento de longitud se encontrará aplicando la fórmula (12); $X = 100 \cdot 0,000\ 029 \cdot 400 = 1,16$ cm, y el aumento de volumen por la fórmula de la dilatación cúbica (15 a);

$$y = 100 \cdot 3 \cdot 0,000\ 029 \cdot 400 = 3,48\text{ cm}^3$$

6. Determine el calor específico del hierro sabiendo que una masa de 24 gr de este metal que está a la temperatura de 100°, colocada sobre un trozo de hielo fundente derrite 3,3 gr de hielo.

$$m_{\text{Fe}} = 24\text{ gr}$$

$$m_{\text{h}} = 3,3$$

$$t_1 = 0^\circ$$

$$t_2 = 100^\circ$$

$$c_{\text{Fe}} = x$$

Recordando que el calor de fusión del hielo es de 80 calorías, se aplica la regla:

calor cedido = calor absorbido

$$m_{\text{Fe}} \cdot c_{\text{Fe}} \cdot (t_2 - t_1) = m_{\text{h}} \cdot 80$$

$$24 \cdot x \cdot 100 = 3,3 \cdot 80$$

$$x = 0,11 \frac{\text{caloría}}{\text{gr} \cdot \text{grado}}$$

7. Un vaso que contenía cierta cantidad de agua a 0° se puso sobre la llama de un mechero y se observó que en 3 minutos la temperatura del agua llegó a 100° y en los siguientes 16 min. el agua se evaporó. ¿Cuál sería el calor de vaporización deducido de este experimento?

Sea m_a la masa de agua. El producto $m_a \times 100$ expresa el número de calorías proporcionadas por la llama para elevar la temperatura del agua a 100°, su punto de ebullición, recibiendo 1 gr 100 cal.

Para convertir 1 gr de esta agua en vapor de 100°, se necesitarán, según el experimento, tantas veces 100 calorías, cuántas veces 3 esté contenido en 16, o sea $100 \cdot 5,33 = 533$ calorías, número que sería el valor del calor de vaporización del agua.

8. Calcular el tiempo en que se desprende por una corriente de 4,9 Amp en un voltámetro de gas detonante un vol. de 228 cm³ a la presión de 72 cm y a la temperatura de 15°.

Primero se debe reducir el volumen v_t de 228 cm³ al correspondiente volumen normal $v_o = y$ empleando la fórmula 23 o 24 (pág. 80) que da:

$$\frac{V_t}{V_o} = \frac{p_o \cdot T_t}{p_t \cdot T_o} \text{ o sea } \frac{228}{y} = \frac{76 \cdot 288}{72 \cdot 273} \quad (v_o = 204,75 \text{ cm}^3)$$

Luego se calcula el tiempo del paso de la corriente usando la fórmula (31 pág. 138); $Q = M \cdot I \cdot t$. Siendo $M = 10,44 \text{ cm}^3$ por min, resulta $204,75 = 10,44 \cdot 4,9 \cdot x$ ($x = 4 \text{ min}$).

9. En un taller se utiliza la corriente eléctrica de 220 V: a) para un motor de 5 HP, b) para 20 lámparas de 150 bujías c/u y de $\frac{1}{2}$ watt por bujía, y c) para una instalación de niquelado en que se precipitan 8,75 gr de níquel por hora. Calcúlese la intensidad total de la corriente.

Suponiendo que las tres derivaciones de la instalación eléctrica del taller están bajo la tensión de 220 Volt, se resuelve el problema de la siguiente manera:

a) Como 1 HP equivale a 736 Watt, los 5 HP equivaldrán a 3 680 Watt que divididos por 220 Volt dan el valor de la intensidad de la corriente del motor; $3\,680 : 220 = 16,73 \text{ Amp}$.

b) Las 20 lámparas de 75 Watt c/u gastan 1 500 Watt y dividiendo este producto por 220, se encuentra el número de Amp que pasa por las lámparas; $1\,500 : 220 = 6,82 \text{ Amp}$.

c) Sabiendo que el equivalente electroquímico (M) del níquel es $= 0,304 \text{ mg por seg}$, puede establecerse de acuerdo con la fórmula (31) la ecuación siguiente:

$$8\,750 = 0,304 \cdot 3\,600 \cdot x; \quad \text{de donde, } x = 8 \text{ Amp.}$$

$$\text{Intensidad total} = 16,73 + 6,82 + 8 = 31,55 \text{ Amp.}$$

10 a) ¿Qué resistencia óhmica tiene un calentador eléctrico de inmersión que conectado con una línea de 220 V calienta $\frac{1}{4}$ de litro de agua de 15° en 5 min hasta el punto de ebullición normal?

b) ¿Qué energía eléctrica consume este proceso, si la décima parte del calor producido por la corriente se pierde por radiación?

c) ¿Cuánto se pagará por este servicio a razón de \$ 1,30 el K.W. H?

a) La cantidad de calor que recibe el agua está expresada por el producto $250 \cdot (100 - 15) = 21\,250$ calorías.

Para conocer el número de calorías producidas por la corriente eléctrica, hay que recurrir a la ley de Joule representada por la fórmula (30 b) a la cual, para incluir en ella el rendimiento η del 90%, se le dará la forma, $Q = \eta \cdot 0,24 \cdot V \cdot I \cdot t = 0,9 \cdot 0,24 \cdot 220 \cdot I \cdot 300 = 14\,256 \cdot I$ calorías.

Resolviendo con respecto a I la ecuación que puede establecerse en razón de la equivalencia de ambas cantidades calóricas, se encuentra la intensidad de la corriente, $14\,256 \cdot I = 21\,250$; de donde, $I = 1,49$ Amp.

Así hemos obtenido finalmente los datos necesarios para calcular la resistencia buscada aplicando la fórmula de la ley de Ohm (17)

$$R = \frac{220 \text{ V}}{1,49 \text{ A}} = 148 \, \Omega$$

b) Teniendo presente la fórmula (28 b), $T = V \cdot I \cdot t$, que da la energía de la corriente en Joule, resulta como expresión de la energía gastada el siguiente producto:

$$220 \cdot 1,49 \cdot 300 = 98\,340 \text{ Joule o Watt seg} = 98,34 \text{ Kilowatt seg} = \frac{98,34}{3\,600} = 0,0273 \text{ KW hora.}$$

c) El costo se halla multiplicando el número de los K. W. H. por el precio de 1 K. W. H; $0,0273 \cdot 1,30 = \$ 0,03549$ o sea $3\frac{1}{2}$ ctvos.

11. ¿Cuál es la frecuencia en kilociclos de una onda electromagnética de la longitud $\lambda = 200 \text{ m}$?

$$\begin{aligned} v &= 3 \times 10^8 \text{ m seg}^{-1} & \text{La frecuencia de 1 kilociclo es igual a 1 000} \\ \lambda &= 2 \times 10^2 \text{ m} & \text{ciclos o períodos o oscilaciones por seg.} \\ n &= x \text{ K. C.} \end{aligned}$$

$$\text{Mediante la fórmula, } \lambda = \frac{v}{n}, \text{ reemplazando las letras por los números, se encuentra que } x = 1\,500 \text{ kilociclos.}$$

12. En un fotómetro de Bunsen, la pantalla igualmente iluminada divide la distancia entre los focos F_1 y F_2 en la razón de 6 : 4. Determine las intensidades de estos focos sabiendo que F_1 tiene 15 bujías más que F_2 .

$$\begin{aligned} F_1 &= x \text{ bujías} \\ F_2 &= (x - 15) \text{ b} \\ r_1 &= 6 \text{ unidades} \\ r_2 &= 4 \quad \gg \end{aligned}$$

El enunciado en la pág. 166 que las intensidades de dos focos luminosos son proporcionales a los cuadrados de sus distancias a la pantalla igualmente iluminada, nos da la siguiente proporción:

$$F_1 : F_2 = r_1^2 : r_2^2$$

(Respuesta: $F_1 = 27$ y $F_2 = 12$ b.)

13. ¿A qué distancia (a) de una lente convergente de la distancia focal (f) debe colocarse un objeto para que su imagen tenga la doble magnitud lineal de la del objeto?

La combinación de las fórmulas (53) y (49) de la óptica conduce a la siguiente solución del problema:

$$BB' : AA' = b : a = 2 : 1, \text{ pone en evidencia que } b = 2a.$$

Reemplazando en la fórmula (49) b por 2 a, se llega a la respuesta final que dice que el objeto debe colocarse a la distancia de $\frac{3}{2} f$ de la lente.

14. Conocido es el juego que consiste en que dos personas o dos grupos de niños para medir sus fuerzas tiran de los extremos opuestos de una cuerda tratando de superar el esfuerzo del bando contrario. Se pregunta: ¿La tensión que debe soportar la cuerda será acaso igual a la suma de las fuerzas individuales, o sólo al esfuerzo del bando vencedor, o finalmente al del grupo vencido?

Respuesta: La tensión del cordel ha de medirse, de acuerdo con el principio de acción y reacción, por el esfuerzo que desplegara el grupo vencido y de ningún modo por la suma de las fuerzas individuales, ya que se trata de fuerzas que actúan en sentido contrario.

Ejemplo: Supongamos que el primer grupo de niños pueda llegar hasta los esfuerzos individuales de 20, 15, 14 y 17 Kg-p y el segundo, hasta 19, 16, 21 y 12 Kg-p. Si la resistencia del cordel tiene su límite en los 70 Kg-p, se pregunta: a) ¿Se romperá el cordel? - b) Cuál será el grupo ganador?

Respuesta: El cordel no se romperá y el segundo grupo será el ganador.

ERRATAS

Págs.	Línea	Dice:	Debe decir:
29	Fórmula (30)	$N = \alpha \cdot N$	$R = \alpha \cdot N$
51	7. ^a	$S_1 : S_2 : S_2$	$S_1 : S_2 : S_3$
70	en el medio	escala diatómica	escala diatónica
87	21	es la humedad relativa.	es la humedad absoluta.
90	Fórmula (31)	$\frac{m_s \cdot c_s (T - \delta) - m_v \cdot c_v (\delta - t)}{M_l}$	$\frac{m_s \cdot c_s (T - \delta) - m_v \cdot c_v (\delta - t)}{M_l (\delta - t)}$
146	6. ^a	done	donde
187	última	clorhídrico	clorhídrico

NOTA.—Con referencia a la pág. 107 arriba: El producto $4\pi \cdot m$, se denomina también «flujo de fuerza», cuyo símbolo es la letra Φ (fi); $\Phi = 4\pi \cdot m$ líneas.

INDICE

	<u>Págs.</u>
Mecánica	
Movimiento.—Principios de Newton.—Fuerza.—Momento estático.—Trabajo.—Potencia.—Máquinas simples.—Rendimiento.—Roce	5-31
Hidromecánica	
Fuerza y presión de los líquidos.—Vasos comunicantes.—Principio de Arquímedes.—Cuerpos flotantes.—Densidad	31-41
Aeromecánica	
Presión atmosférica.—Barómetros.—Máquina neumática	42-47
Cinemática	
Impulso.—Energía.—Elasticidad	50-55
Movimiento circular y oscilatorio	56-62
Teoría de las ondas	63-65
Acústica	
Propagación del sonido.—Intensidad, altura y timbre de un sonido.—Escala musical.—Vibraciones de cuerdas.—Tubo sonoro.—Resonancia.—Fonógrafo . .	66-73
Calor	
Escalas termométricas.—Dilatación de los sólidos, líquidos y gases.—Ley de Gay-Lussac y Mariotte.—Fusión.—Vaporización.—Higrometría.—Calorimetría.—Calor específico.—Fuentes de calor.—Equivalente mecánico del calor.—Máquinas térmicas.—Propagación del calor	74-102

Magnetismo

- Ley de Coulomb.—Campo magnético.—Declinación e inclinación magnéticas..... 103-108

Electrostática

- Electricidad positiva y negativa.—Masa eléctrica.—Campo eléctrico.—Potencial.—Capacidad eléctrica. Condensadores..... 109-121

Electrodinámica

- Corriente eléctrica.—Intensidad, tensión y resistencia eléctricas.—Ley de Ohm.—Trabajo y potencia de la corriente eléctrica.—Ley de Joule.—Electrólisis.—Leyes de Faraday.—Electromagnetismo.—Ley de Biot y Savart.—Electromotor.—Inducción electromagnética.—Regla de Lenz.—Teléfono.—Generadores y transformadores de electricidad.—Rayos α , β y γ .—Telegrafía sin hilos..... 122-161

Optica

- Propagación de la luz.—Intensidad luminosa.—Fotómetro.—Espejos planos y esféricos.—Refracción de la luz.—Prisma.—Lentes.—Ojo.—Instrumentos ópticos.—Análisis espectral.—Colores.—Efecto fotoeléctrico de la luz..... 162-191

Problemas de Física 191-197

CONDICIONES GENERALES DE LOS CAMBIOS DE ESTADO DE LOS CUERPOS

ESTADO FÍSICO	CUALIDADES DISTINTIVAS	LÍMITE DE TEMPERATURA	EJEMPLO
Sólido.....	Los sólidos ofrecen resistencia tanto a la variación de forma como a la de volumen y por eso su forma y volumen es constante.	A partir del 0 absoluto hasta que la temperatura llegue a sus puntos de fusión que muy poco suben con la presión, excepto el hielo que baja al p. de f.	Hielo, desde -273° C hasta 0° C.
Líquido	Los líquidos oponen gran resistencia a los cambios de volumen, pero ninguna a la variación de forma; su vol. es constante, pero su forma variable.	Desde el punto de fusión de la sustancia hasta llegar al punto de ebullición, el cual varía con la presión.	Agua; desde 0° C hasta 100° C, bajo la presión normal.
Gaseoso Vapores: saturados no saturados	Forma y volumen variables. Mientras exista líquido sobrante en el espacio que ocupan, cada vapor mantiene su tensión máxima que depende sólo de la temperatura. Parcialmente se liquidan al reducir su temp. y vol.	A contar desde el punto de ebullición de cada líquido hasta su temp. crítica y presión crítica. La evaporación no tiene temp. límite.	Vapor de agua de 100° C hasta 374° C y 205 atm.
	Cortada la comunicación con el líquido, los vapores saturados se convierten en no saturados cuando se les proporciona calor o mayor espacio. Cumplen las leyes de Mariotte y Gay-Lussac, como los gases.	Temperaturas próximas al punto de saturación e inferiores a la temp. crítica. Los gases están a temperaturas superiores a la crítica y su licuefacción no se consigue por presión.	Vapor de agua más allá de 374° C.

IMPRESA Y LITOGRAFÍA UNIVERSO, S. A.
AHUMADA 32
SANTIAGO DE CHILE