Ing. José S. Fernandez

PROBLEMAS

DE

FISICA

BUENOS AIRES

1932

Ing. José S. Fernandez

$ 1.35
$ 2.50

PROBLEMAS

DE

FISICA

(109)

190x130

BUENOS AIRES

1932

DOS PALABRAS

Esta colección de PROBLEMAS fué publicada en 1923, respondiendo al programa de Física para el examen de Ingreso a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Universidad de Buenos Aires.

Al ser designado para integrar la mesa de Ingreso en la citada Facultad (en mi carácter de Profesor Suplente de Física Aplicada), resolví retirarla de la venta.

Vuelvo hoy a ponerla a disposición del público, movido por numerosos pedidos, y en la convicción de que, aunque ya no llene el fin que inspiró su publicación, puede ser de gran utilidad para los estudiantes secundarios del país.

EL AUTOR

Buenos Aires, Agosto de 1932.

METODO A SEGUIR

La mayor dificultad que se le presenta al estudiante que aborda el estudio de los problemas de Física, con el bagaje de conocimientos adquirido en sus dos últimos años del Bachillerato, depende del empleo de las unidades de medida.

La enseñanza de la Física se hace, en la mayor parte de los Establecimientos de Enseñanza Secundaria, con un caracter puramente experimental y descriptivo; la teoría de las unidades se estudia ligeramente y la extensión de los programas no permite dedicar clases a problemas de aplicación.

Por esta razón, los estudiantes a pesar de poseer nociones generales se encuentran con dificultades cuando deben concretar en números el enunciado de una ley física, necesitando ser guiados en el empleo de las armas que poseen.

Este pequeño libro trata de llenar esa misión: **guiar al estudiante**; por eso comienza desde aquí a cumplir su propósito indicando el método a seguir para utilizarlo con eficacia.

Como en Física son muchos los grandores a medir y los hay de muy diversas especies, la primera condición para trabajar con ellos es conocer muy bien las UNIDADES con que se les mide y su inter-relación.

Por eso es que la primera parte de estas lecciones comienza por el estudio de las Unidades mecánicas (precedidas por las definiciones más indispensables a modo de recuerdo). Recomiéndase especialmente al lector que **no siga adelante** hasta dominar bien las unidades del **sistema métrico,** de constante aplicación.

En los problemas se ha hecho casi siempre una resolución general, seguida del ejemplo numérico que aclara la aplicación de las unidades y muestra la relación que hay entre las empleadas en los datos y las que expresan los resultados.

El lector debe ejercitarse en la resolución de los problemas presentados, cambiando los datos y, en lo posible las unidades que los expresan, insistiendo hasta el completo dominio de cada caso.

Los problemas de Electricidad van precedidos por las Unidades eléctricas y algunas nociones fundamentales indispensables para comprender bien las soluciones.

Siendo este libro sumamente concreto, es necesario no saltear nada en su lectura; una deducción hecha en un problema se aplica en los que le siguen, y una noción general enunciada se aplica en la serie de problemas que la suceden. Más aún, esta publicación no es más que una guía: el estudiante debe complementarla con el repaso de un buen texto de Física en cualquier parte en que se le presenten dudas.

Siguiendo fielmente este método, pronto llegará a dominar la solución de los 35 problemas presentados y todos sus similares.

m. - metro

m.^{2} - metro cuadrado

m.^{3} - metro cúblico

dm. - decímetro

dm.^{2} - decímetro cuadrado

dm.^{3} - decímetro cúblico

cm. - centímetro

cm.^{2} - centímetro cuadrado

cm.^{3} - centímetro cúbico

mm. - milímetro

mm.^{2} - milímetro cuadrado

mm.^{3} - milímetro cúbico

Km. - kilómetro

gr. - gramo

dg. - decígramo

cg. - centígramo

mg. - milígramo

kg. - kilógramo

ton. - tonelada métrica

atm. - atmósferas de presión

t°C. - t grados Centígrados

H.P. - Caballo-vapor

Cal. - Caloría (Kg-grado)

s. - segundo

kgm. - kilográmetro

Kw. - Kilowatts

Kw-h. - Kilowatt-hora

Amp. - Amperes

Coul. - Coulombs

Oh. - Ohms

V. - Volts

g. - Aceleración de la gravedad

@' - aproximadamente

PARTE I

Definiciones y unidades mecánicas

NOCIONES FUNDAMENTALES DE MECANICA

La Mecánica estudia el movimiento y sus causas: las fuerzas.

Movimiento es el estado de un cuerpo que cambia de lugar en el espacio, y que por tal causa se denomina móvil.

Movimiento Uniforme es aquel en que el móvil recorre espacios iguales en tiempos iguales.

Velocidad es el espacio recorrido en la unidad del tiempo.

Leyes del movimiento uniforme:

1° La velocidad es constante.

2° El espacio recorrido es proporcional al tiempo; $E = V \times t$.

Movimiento variado es aquel en que el móvil recorre en tiempos iguales espacios diferentes.

En este movimiento la velocidad no es constante; al **aumento de la velocidad en la unidad de tiempo** se llama **aceleración.**

Cuando la **aceleración es constante** el movimiento se denomina **uniformemente variado**; siendo acelerado o retardado según que la aceleración sea positiva o negativa, es decir, en el sentido del anterior movimiento o en sentido contrario.

Leyes del movimiento uniformemente variado:

1º La velocidad adquirida por un cuerpo que parte del reposo es proporcional al tiempo: $V = a \times t$.

2º El espacio recorrido es proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido: $E = \frac{1}{2} at^2$.

FUERZA es la causa que modifica o tiende a modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo.

MASA de un cuerpo es la relación constante entre las intensidades de las fuerzas que le son aplicadas y las aceleraciones que le producen, sean F, F' y F'' tres fuerzas que aplicadas a un cuerpo le producen aceleraciones a, a' y a''; la masa del cuerpo será:

$$M = \frac{F}{a} = \frac{F'}{a'} = \frac{F''}{a''}$$

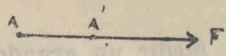
Siendo P el peso de un cuerpo (intensidad de la fuerza de gravedad) y g la aceleración con que cae el vacío, la masa será:

$$M = \frac{P}{g}$$

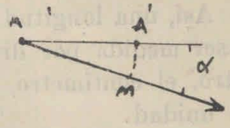
y por lo tanto: $P = M \times g$.

TRABAJO de una fuerza, es el producto de la intensidad de la fuerza por el trayecto recorrido por el punto de aplicación en su dirección: $T = F \times AA'$.

En caso de que el punto de aplicación no se mueva en la dirección de la fuerza se toma la proyección del camino sobre dicha dirección:



$T = F \times AM = F \times AA' \cos \alpha$



POTENCIA de una máquina es el trabajo que realiza en la unidad de tiempo.

ENERGIA es la capacidad de efectuar un trabajo.

Es **Potencial** cuando no se manifiesta; Ejemplo:

Un cuerpo de peso P suspendido a una altura L del suelo tiene una energía potencial medida por el trabajo $P \times L$, que produciría si cayese.

Al caer el cuerpo va transformándose su energía potencial en **Energía Cinética, actual,** o **de movimiento.** Esta energía para un cuerpo de masa M que se mueve a velocidad V es equivalente a:

$$\frac{1}{2} M V^2$$

o sea a la **mitad de la fuerza viva,** **($M V^2$)**.

La energía se transforma pero no se pierde.

La suma total de las energías del Universo permanece constante.

UNIDADES MECANICAS

Medir un grandor es hacerle corresponder un número.

El número que corresponde a un grandor depende de la unidad elegida para medirlo.

Así, una longitud determinada por dos puntos fijos puede ser medida por diversos números según que se emplee el metro, el centímetro, el Kilómetro, la yarda o la milla como unidad.

Para tener medidas comparables sin recurrir a reducciones más o menos incómodas, los físicos han tratado de unificar las unidades a emplearse para medir los diversos grandores con que operan.

Pero, no basta con usar las mismas unidades para medir cada especie diversa de grandores, sino que es necesario que esas unidades guarden entre sí una relación correspondiente a la de los grandores medidos; de otro modo siempre habría que usar coeficientes de proporcionalidad. Un ejemplo aclarará esto último:

Si elegimos como unidad de longitud el metro y como unidad de superficie el Kilómetro cuadrado , al medir el área de un rectángulo nos encontramos con que al producto de sus dos dimensiones en metros habría que multiplicarlo por una fracción de valor un millonésimo para tener la superficie en $Km.^2$.

Si en cambio, se eligiera la unidad de superficie: metro cuadrado el producto daría directamente el resultado.

Es, pues, muy conveniente el uso de sistemas de unidades racionalmente vinculadas para los diversos grandores medibles. Por esta razón se han ideado y se usan los sistemas de Unidades Absolutas. En estos sistemas se establecen tres unidades fundamentales y luego se deducen de ellas las otras (derivadas), de acuerdo con la relación entre las entidades a medir.

Dos sistemas de unidades absolutas están en uso: el Sistema METRICO y el sistema C.G.S. En los problemas usaremos casi exclusivamente el primero, siendo para este fin el más importante.

SISTEMA METRICO

Las tres unidades fundamentales son:

1°.— **Unidad de longitud**: el **metro** internacional.

Esta unidad que da nombre al sistema, es la distancia entre dos trazos marcados marcados sobre una regla platino iridiado, que se conserva en el Bureau Internacional de Pesas y Medidas de Sevres, cuando está a la temperatura de 0 grados Centígrados.

Cuando se estableció se creía que era la diezmillonésima parte del arco de meridiano comprendido entre un polo y el Ecuador.

2.°— **Unidad de fuerza**: el Kilógramo.

Es el peso de un cilindro de platino, conservado en Sevres junto con el metro y que representa con un error insignificante el peso de un decímetro cúbico de agua destilada 4° C. de temperatura, tomado al nivel del mar y a la latitud de ~~París~~. 45°.

Esta unidad varía con el punto de la Tierra y con la altura sobre el suelo, siendo máximo el peso en el polo y al nivel del mar.

3°.— **Unidad de tiempo**: el **segundo.**

Es la 86.400ª, parte del día solar medio, o sea, del intervalo que separa dos pasajes del Sol medio por un determinado meridiano.

Unidades derivadas

Las principales son:

Unidad de **superficie: metro cuadrado.**

„ „ **volumen: metro cúbico.**

„ „ **velocidad**: Es la velocidad de un móvil que en movimiento uniforme recorre la unidad de longitud en la unidad de tiempo.
De acuerdo con las unidades fundamentales elegidas, debe ser: un **metro por segundo**

„ „ **aceleración**: Es la que tiene un móvil animado de un movimiento uniformemente acelerado, cuya velocidad crece de una unidad de velocidad en la unidad de tiempo. En este sistema será: un **metro por segundo en cada segundo**, y se expresará así:

$$\frac{m.}{s^2}$$

„ „ **trabajo**: Es el efectuado por la unidad de fuerza en la unidad de longitud. Al levantar un Kilógramo a una altura de un metro, se realiza un trabajo mecánico que es la unidad llamada **Kilográmetro,** producto de 1 Kg. por 1 metro.

„ „ **potencia**: Es la potencia de una máquina que en la unidad de tiempo produce la unidad de trabajo.
En este sistema es: un **Kilográmetro por segundo**.

... **Unidades prácticas de potencia y trabajo**

Se usa frecuentemente el **Caballo-Vapor** o **Caballo de fuerza**: (H.P.).

Un **Caballo-Vapor** equivale a **75 Kilográmetros por segundo.**

Otras unidades de trabajo y potencia, especialmente usadas para mediciones ue se refieren a fenómenos eléctricos son el Joule y el Watt.

El **Joule** es **unidad de trabajo**; es casi 10 veces menor que el Kilográmetro.

$$1 \text{ Kgm.} = 9{,}81 \text{ Joules}$$

En un sitio donde la aceleración de la gravedad fuese $1 \dfrac{m}{s^2}$ en vez de 9,81, el trabajo para elevar un metro la masa de 1 Kg. sería de un Joule.

El **Watt**, unidad de potencia, es igual a un Joule por segundo; por tanto:

$$1 \frac{\text{Kgm}}{\text{s}} = 9{,}81 \text{ Watts}$$

Un H.P. equivale a $75 \times 9{,}81 =$ **736 Watts** = 0,736 Kiwatts. (Un Kilowatts equivale a 1.000 watts).

SISTEMA C.G.S.

Sus unidades fundamentales son: **Centímetro — Gramo — Segundo**; de ahí su designación.

Unidades fundamentales

1º.— Unidad de **longitud. — Centímetro.**
Es la centésima parte del metro, base del sistema ya descripto.

2º.— Unidad de **masa.** — Es el **Gramo-masa.**
Este es **la masa de un gramo,** o sea la masa de la milésima parte del Kilógramo, unidad ya definida.

La elección de la masa como unidad fundamental, tiene la ventaja de que esta permanece constante en cualquier punto de la Tierra. El peso absoluto del cuerpo que determina la unidad Kilógramo y por lo tanto el gramo, varía de un punto a otro de la Tierra, según la latitud y la altura sobre el mar, mientras que su masa permanece constante, pues a cada variación del peso corresponde una correlativa de la aceleración.

3º.— Unidad de **tiempo.** — El **Segundo,** de tiempo medio, ya definido.

Unidades derivadas

Unidad de **superficie: centímetro cuadrado.**
„ „ **volumen: centímetro cúbico.**

„ „ **velocidad: centímetro por segundo.**
„ „ **aceleración: centímetro por segundo, en cada segundo**

$$\frac{cm.}{s^2}$$

„ **fuerza:** Es la fuerza que aplicada a la unidad de masa le produce la unidad de aceleración.

De acuerdo con las unidades fundamentales elegidas, dicha unidad será la **fuerza que aplicada al Gramo-masa le produce una aceleración de un centímetro por segundo,** en cada segundo de movimiento.

Esta unidad de fuerza se llama DINA. El peso **1 gramo** (fuerza de gravedad) aplicado al gramo-masa le produce una aceleración de 981 cm|s², mientras que la **dina,** aplicada al mismo gramo-masa le produce una aceleración 981 veces menor.

La **dina,** es por tanto una fuerza 981 veces menor que 1 gramo, o sea. aproximadamente igual a **un milígramo.**

Siendo muy pequeña esta unidad, suele usarse un multiplo denominado **Megadina** (un millón de dinas), que equivale a un Kilógramo aproximadamente.

Unidad de Trabajo: — Se denomina **ERG**, y es el trabajo producido por una fuerza de **una dina** desplazando su punto de aplicación en **un centímetro**.

Como unidad práctica se usa el **Joule**, que equivale a 10^7 Ergs. Ya sabemos que el Joule equivale a un décimo de Kilográmetro, el cual vale así unos cien millones de Ergs, aproximadamente.

„ „ **Potencia**. — Es **Un ERG por segundo**. Siendo muy chica esta unidad, en la práctica se usa el Watt, o sea el Joule por segundo, que equivale a 10 millones de unidades teóricas.

RESUMEN DE LAS UNIDADES MECANICAS

A) SISTEMA METRICO.—

Fundamentales	Longitud	— METRO	m.
	Fuerza	— Kilógramo	Kg.
	Tiempo	— Segundo	s.
Derivadas	Superficie	— Metro cuadrado	m^2
	Volumen	— Metro Cúbico	m^3
	Velocidad	— Metro por segundo	$\frac{m.}{s.}$
	Aceleración	— Metro por segundo^2	$\frac{m.}{s^2}$
	Trabajo	— Kilográmetro	Kgm.
	Potencia	— Kilográmetro por segundo	$\frac{Kgm.}{s.}$

B) SISTEMA C.G.S.

Fundamentales	Longitud	— Centímetro	cm.
	MASA	— Gramo - masa	g
	Tiempo	— Segundo	s.
Derivadas	Superficie	— Centímetro cuadrado	cm^2
	Volumen	— Centímetro cúbico	cm^3
	Velocidad	Centímetro por segundo	$\frac{cm}{s.}$
	Aceleración	— Centímetro por segundo^2	$\frac{cm.}{s^2}$
	Fuerza	— Dina $\longrightarrow$	$\frac{g\,cm}{s^2}$
	Trabajo	— Erg. $\longrightarrow$ $\frac{g\,cm^2}{s^2}$	
	Potencia	— Erg. por segundo	$\frac{Erg.}{s.} = \frac{g\,cm}{s}$

Unidades prácticas:

Fuerza: **Megadina.** Trabajo: **Joule.** Potencia: **Watt.**

PARTE II

Problemas sobre peso específico de sólidos

Peso específico absoluto de un cuerpo, es el peso de la unidad de volumen de dicho cuerpo.

Se obtiene como cuociente del peso sobre el volumen

$$p = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Suele expresarse en Kg. por decímetro cúbico, o en Toneladas por metro cúbico. Los manuales técnicos dan los pesos específicos de los cuerpos en tablas especiales.

El peso específico relativo al agua, es la relación o cuociente entre el peso del cuerpo y el peso de un volumen igual de agua destilada a 4° Centígrados de temperatura (máximun de densidad).

Como el peso de un dm. cúbico de agua a 4°, es casi exactamente un Kilógramo, el número que mide el peso específico absoluto no tendrá prácticamente diferencia con el que mide el relativo, pero este último es un número, una relación, que no puede expresarse en unidades de ninguna especie.

El peso específico absoluto, tomado en Kg. por metro cúbico, estaría dado por un número 1.000 veces mayor que el que corresponde al peso específico relativo, porque 1 Kg. de agua ocupa un volumen de 1 dm^3.

Sin embargo, en los problemas que siguen los datos y resultados están indicados de modo conveniente para que no se presente el caso recientemente citado.

En ellos consideraremos siempre el p.e. absoluto y aplicaremos la relación (1).

Un repaso de los valores de los volúmenes y áreas de cuerpos geométricos es indispensable, para resolver los problemas que siguen y los análogos que pudieran presentarse.

PROBLEMA 1

¿Cuánto pesa un cubo de mármol de a m. de arista si el peso específico de este material es de 2,8 kg.|dm³?.

La relación (1) da: $P = p \times V$.

Como conocemos la arista del cubo, podemos calcular su volumen: $V = a^3$ y por tanto: $P = p \times a^3$.

Ejemplo numérico:

Si el cubo tuviera 2 m. de arista, su peso sería:

$$P = 2{,}8 \frac{\text{Kg.}}{\text{dm}^3} \times 2^3 \text{ m}^3$$

$$P = 2{,}8 \frac{\text{Kg.}}{\text{dm}^3} \times 8 \text{ m}^3$$

Para homogeneizar las unidades empleadas expresaremos el volumen en decímetros cúbicos:

$$P = 2{,}8 \frac{\text{Kg.}}{\text{dm}^3} \times 8.000 \text{ dm}^3$$

donde simplificando las unidades y efectuando el producto, resulta:

$$P = 22.400 \text{ Kg.}$$

PROBLEMA 2

Un cuerpo prismático que pesa P gramos mide a mm. de largo, b mm. de ancho y c mm. de espesor, ¿qué peso específico tiene la materia de que está hecho el cuerpo?.

Sabemos que el volumen de un cuerpo prismático, de forma de paralelipípedo recto rectángulo como se supone, es igual al producto de sus tres dimensiones:

$$V = a \times b \times c$$

y el peso específico será:

$$p = \frac{P}{V}$$

Como el peso se da en gramos y las dimensiones en milímetros, el peso específico resultará expresado en gramos por mm. cúbico.

Si se deseara tenerlo en Kg. por dm. cúbico habría que expresar en esas unidades a P y a V.

Ejemplo numérico:
Supongamos que $P = 1.600$ gr.; $a = 100$ mm.;
$b = 200$ mm.; $c = 40$ mm.

Resulta: $V = 100 \times 200 \times 40 = 800.000 \text{ mm}^3$

$$y \quad P = \frac{1.600 \text{ g.}}{800.000 \text{ mm}^3} = \frac{1{,}6 \text{ Kg.}}{0.8 \text{ dm}^3} = \frac{\text{Kg.}}{\text{dm}^3}$$

El peso específico resulta ser de 2 Kilógramos por decímetro cúbico.

PROBLEMA 3

El peso de un cuerpo cilíndrico recto, de sección circular, es de P gr. ¿Qué peso específico tiene la materia que lo constituye si la longitud del cuerpo es de L **mm.** y **su** diámetro de d. mm.?.

Siendo d el diámetro de la base, su área es:

$$s = \frac{\pi \; d^2}{4}$$

El volumen del cilindro es:

$$V = s.L = \frac{\pi \; d^2 . L}{4}$$

y el peso específico será:

$$p = \frac{P}{V}$$

Ejemplo numérico:
Siendo P = 700 gr.; d = 50 mm.; L = 300 mm.
Resulta:

$$s = \frac{3{,}1416 \times 50^2}{4} = 1963{,}5 \text{ mm}^2$$

el volumen es:

$$V = s.L = 1963{,}5 \;.\; 300 = 589.050 \text{ mm}^3$$

$$\text{o sea: } V = 589{,}05 \text{ cm}^3$$

El peso específico es:

$$p = \frac{700 \text{ gr.}}{589{,}05 \text{ cm}^3} = @' \; 1{,}19 \frac{\text{gr.}}{\text{cm}^3} = 1{,}19 \frac{\text{Kg.}}{\text{dm}^3}$$

PROBLEMA 4

Una esfera de fundición gris pesa P. gr. ¿Qué radio tiene la esfera si el peso específico de la fundición es de 7,2 Kg. por dm^3?.

El volumen de la esfera será:

$$V = \frac{P}{p} \text{ (de la (1)).}$$

y como por otra parte el volumen de la esfera en función del radio es:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

resulta igualando los segundos miembros de las dos igualdades y despejando el valor de r:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{P}{p}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 P}{4 \pi p}}$$

Ejemplo numérico:

Sean: P = 321.135 gr.; p = 7,2 Kg por dm^3.

Aplicando la fórmuda anterior, previa reducción del peso a kilógramos:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \times 321,135 \text{ Kg.}}{4 \times 3,1416 \times 7,2 \text{ Kg.}|dm^3}}$$

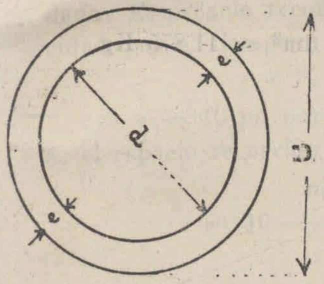
$$r = \sqrt[3]{\frac{963,405 \text{ Kg.}}{90,477 \text{ Kg.}|dm^3}} \quad r = \sqrt[3]{10,648 \ dm^3} = 2,2 \text{ dm.}$$

El radio es: r = 22 cm.

Nota. — En la mayor parte de los casos convendrá hallar el valor de **r**, por medio de **logaritmos.**

PROBLEMA 5

¿Cuánto pesa un metro de caño de fundición de d cm. de diámetro interior y e mm. de espesor de pared?. (Peso específico de la fundición: 7,2 Kg. por dm^3).



La sección del caño se obtiene como diferencia de las áreas de los dos círculos de diámetros d (interior) y D (exterior).

$$s = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$$

$$s = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2).$$

El volumen de un metro lineal, si el área está en centímetros cuadrados, se obtiene en centímetros cúbicos, multiplicándola por los 100 cm. del metro lineal.

Para obtener el peso basta multiplicar el volumen hallado por el peso específico: 7,2.

Caso numérico:

Sean: $d = 10$ cm. y $e = 5$ mm.

En la figura se ve que: $D = d + 2e$

$$D = 10 + 2 \times 0,5 = 11 \text{ cm.}$$

La sección transversal es:

$$s = \frac{3,1416}{4} (11^2 - 10^2) \text{ cm}^2$$

y el volumen de 1 m. lineal de caño es:

$$V = s \cdot 100 \text{ cm}^3$$

$$V = \frac{3{,}1416 \times 21}{4} \cdot 100 = 1649{,}34 \text{ cm}^3$$

El volumen en dm^3 es: $V = 1{,}64934 \text{ dm}^3$.

El peso del metro lineal resulta:

$$P = 7{,}2 \frac{\text{Kg.}}{\text{dm}^3} \times 1{,}64934 \text{ dm}^3 = 11{,}875 \text{ Kg.}$$

PARTE III

Problemas sobre mecánica

PROBLEMA 6

Si un tren marcha a razón de v metros por segundo, ¿cuántos kilómetros habrá recorrido al cabo de una hora?.

Se supone el movimiento uniforme con la velocidad dada. El espacio recorrido es igual al producto de la velocidad por el tiempo.

$$e = v \times t \text{ (Ley de los espacios).}$$

Si $v = 10$ m. por segundo, como $t = 1$ hora $= 3.600$ s., el espacio recorrido será:

$$e = 10 \frac{\text{m.}}{\text{s.}} \times 3.600 \text{ s.} = 36.000 \text{ m.}$$

El recorrido en kilómetros es, por tanto:

$$e = 36 \text{ Km.}$$

PROBLEMA 7

Un volante de 3 metros de diámetro da 80 revoluciones por minuto. ¿Qué velocidad en metros por segundo tiene un punto cualquiera de su periferia?.

La circunferencia del volante es igual a:

$$c = \pi . d = 3{,}1416 \times 3 \text{ m.} = 9{,}4248 \text{ m}$$

En cada vuelta que da el volante, un punto de la periferia recorre 9,4248 m. y por lo tanto en las 80 vueltas dadas por minuto recorrerá:

$$9{,}4248 \times 80 = 753{,}984 \text{ m.}$$

La velocidad, en metros por segundo, será 60 veces menor:

$$V = \frac{753{,}984 \text{ m.}}{60 \text{ s.}} = 12{,}5664 \text{ metros por segundo.}$$

PROBLEMA 8

Un tren que se pone en marcha adquiere una velocidad de 16 m. por segundo después de recorrer un camino de 500 m. ¿Con qué aceleración se mueve el tren?. ¿Qué tiempo ha necesitado para recorrer los primeros 500 metros?.

Suponiendo constante la fuerza que lo pone en marcha, el movimiento del tren será uniformemente variado, y como parte del reposo, las leyes de ese movimiento permiten establecer estas relaciones:

Ley de las velocidades: $V = a \cdot t$ (2)
Ley de los espacios: $e = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ (3).

Los datos de que disponemos en este problema son: el espacio e y la velocidad v, mientras que las incógnitas son a y t.

Tenemos escritas dos ecuaciones que ligan los datos con las incógnitas; eliminando una de estas por los métodos conocidos en Algebra elemental podremos establecer una ecuación entre los datos y una sola de las dos incógnitas.

Eliminemos el tiempo por sustitución:
De la primera relación se saca:

$$t = \frac{V}{a}$$

y sustituyendo este valor en la segunda, resulta:

$$e = \frac{1}{2} a \cdot \frac{V^2}{a^2} = \frac{V^2}{2a}$$

y por tanto: $2 . a . e = V^2$ (4)

De esta fórmula se saca:

$$a = \frac{V^2}{2e}$$

Conocido el valor de a, basta sustituirlo en la primera fórmula (2), para deducir t.

Ejemplo numérico:

Siendo: e = 500 m. y V = 16 m. por segundo, la aceleración:

$$a = \frac{16^2 \dfrac{m}{s^2}}{2 \times 500 \text{ m.}} = \frac{256}{1.000} \frac{m}{s^2}$$

$$a = 0{,}256 \frac{m.}{s^2}$$

y el tiempo empleado en recorrer los primeros 500 m. resulta:

$$t = \frac{V}{a} = \frac{16 \dfrac{m}{s}}{0{,}256 \dfrac{m}{s^2}}$$

$$t = 62{,}5 \text{ segundos.}$$

PROBLEMA 9

Un montacargas cae libremente en un pozo vertical, recorriendo sus h metros de profundidad. ¿Con qué velocidad llegará al fondo del pozo prescindiendo de la resistencia del aire?. ¿Qué tiempo habrá durado la caída?.

El movimiento de caída es un movimiento uniformemente variado con aceleración $g = 9{,}81$ m.|s².

Las leyes que rigen este movimieto están dadas por las fórmulas (2) y (3) citadas en el problema anterior. Se conocen ahora la aceleración y el espacio recorrido, pidiéndose la velocidad y el tiempo.

Eliminando la incógnita tiempo habíamos sacado la fórmula (4) que da:

$$V^2 = 2.a.e$$

y en este caso:

$$V^2 = 2.g.h, \text{ y por tanto: } V = \sqrt{2gh}$$

Conocida la velocidad, el tiempo resulta: $t = \dfrac{V}{g}$

Caso numérico:
Siendo: h = 20 m.
Resultan:

$$V = \sqrt{2 \times 9{,}81 \dfrac{\text{m.}}{\text{s}^2} 20 \text{ m.}} = 19{,}80 \dfrac{\text{m.}}{\text{s.}}$$

y

$$t = \dfrac{19{,}80 \dfrac{\text{m}}{\text{s.}}}{9{,}81 \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}} = @' \ 2 \text{ segundos.}$$

Nota: — Obsérvese como efectuando las operaciones con los símbolos de las unidades empleadas, resulta la correspondiente a la entidad buscada.

1° En el problema 8, al determinar la aceleración se divide una velocidad al cuadrado expresada en $\frac{m^2}{s^2}$, por una longitud en metros
y resulta:

$$\frac{m^2}{s^2} \div m = \frac{m.}{s^2}$$

2° En el problema 9, buscando la velocidad se extrae la raíz cuadrada de un producto de aceleración por distancia recorrida.

Multiplicando las unidades en que se expresan esas entidades se tiene:

$$\frac{m.}{s^2} \times m. = \frac{m^2}{s^2}$$

y su raíz cuadrada resulta ser:

$$\frac{m.}{s.}$$ o sea, la unidad de velocidad.

3° En ambos problemas, 8 y 9, el tiempo se ha hallado dividiendo una velocidad por una aceleración. Se puede ver que dividiendo las correspondientes unidades, resultan segundos.

$$\frac{m.}{s.} \div \frac{m.}{s^2} = \frac{m.\, s^2}{m.\, s} = s.$$

Esto, que no es más que una consecuencia de la forma racional en que las unidades elegidas están ligadas a los grandores medidos, podrá verificarse en todos los problemas. Sin embargo, para no complicar la notación, no lo haremos sino en algunos casos.

PROBLEMA 10

Un cuerpo es lanzado verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial de 40 m. por segundo.

¿A qué altura llegará el cuerpo prescindiendo de la resistencia del aire?. ¿Cuánto tiempo durará el movimiento ascensional?.

La velocidad del cuerpo lanzado hacia arriba irá disminuyendo gradualmente hasta llegar a la altura máxima a la que se detiene iniciando enseguida el movimiento de descenso por acción de la gravedad.

Al ser arrojado, el cuerpo posee una energía cinética, cuyo valor es igual a la mitad del producto de su masa por el cuadrado de su velocidad. Llamado **v** a esta velocidad inicial y **M** a la masa, la energía cinética es:

$$E = \tfrac{1}{2} M . v^2$$

Al ascender el cuerpo, su velocidad decrece y lo mismo su energía cinética, pero en cambio al aumentar la altura a que se encuentra crece su energía potencial.

Esta energía potencial es igual, en cada instante, al producto del peso del cuerpo por su altura sobre el suelo; pero el peso de un cuerpo es igual al producto de su masa por la aceleración de la gravedad g. Siendo **h** la altura, la energía potencial resulta:

$$E = P . h = M . g . h$$

Como la energía se transforma, pero no se pierde, en virtur del principio fundamental de la **Conservación de la ENERGIA**, cuando el cuerpo alcance la altura máxima H a la que se detiene, **toda** su energía de movimiento se habrá transformado en potencial.

Podemos pues escribir.

$$\tfrac{1}{2} M . v^2 = M . g . H$$

suprimiendo el factor M de los dos miembros de la igualdad y despejando H, resulta:

$$\frac{v^2}{2.g} = H$$

Para determinar el tiempo que dura el movimiento ascensional, recordaremos que el ascenso es un movimiento uniformemente retardado; su velocidad en un instante dado, siendo v la velocidad inicial y g la aceleración (negativa en este caso) de la gravedad, es:

$$V = v - g.t$$

Cuando el cuerpo se detiene su velocidad se hace igual a cero y entonces

$$O = v - g.t$$

de lo cual se deduce que:

$$g.t = v; \text{ y } t = \frac{v}{g}$$

Resulta así que la altura máxima es igual al cuadrado de la velocidad inicial dividida por el duplo de g, y el tiempo que dura el movimiento se obtiene dividiendo la velocidad inicial por la aceleración g. de la gravedad.

Empleando unidades del sistema métrico para la velocidad y aceleración, la altura máxima resulta en metros y el tiempo en segundos.

Ejemplo numérico:

Siendo v = 40 m. por segundo:

$$H = \frac{40.^2}{2 \times 9,81} = \frac{1600}{19,62} = @' \ 81,5 \text{ m.}$$

$$t = \frac{40}{9,81} = @' \ 4 \text{ segundos}$$

PROBLEMA 11

¿Qué esfuerzo de tracción deberá ejercer una locomotora sobre un tren que pesa P toneladas para que este último se ponga en movimiento con una aceleración de 0,3 m. por s^2?.

Prescindiendo de la resistencia de rodamiento del tren, calcularemos la fuerza, aplicando la definición de **masa**.

Diversas fuerzas aplicadas a un mismo cuerpo le producen distintas aceleraciones, pero el cociente de cada fuerza por la aceleración que ella produce es una cantidad constante para cada cuerpo, que se llama su **masa**.

La fuerza de gravedad (peso del cuerpo), le produce cayendo libremente una aceleración g. ; la masa puede también tenerse dividiendo el peso por g.

De acuerdo con esto, llamando F la fuerza a aplicar y a la aceleración que ella produce al vagón de peso P, tenemos:

$$\frac{F.}{a.} = \frac{P.}{g.} = M$$

y

$$F = \frac{P.a}{g.}$$

Caso numérico:

Siendo P = 30 ton. y $a = 0{,}3 \frac{m.}{s^2}$

la fuerza F es.

$$F = \frac{30 \times 0{,}3}{9{,}81} = 0{,}91 \text{ toneladas}$$

PROBLEMA 12

Una fuerza de F. Kg. imprime a un cuerpo una aceleración de 0,4 metros por s^2. ¿Qué masa tiene este cuerpo y cuánto es el peso del mismo?.

Recordando que $M = \frac{F}{a.} = \frac{P.}{g.}$

Se deduce enseguida:

$$P = \frac{F}{a} \cdot g$$

Caso numérico:

Si la fuerza F = 100 Kg., como a = 0,4 m. por s^2 se tiene:

$$M = \frac{100}{0,4} = 250$$

y el peso del cuerpo es:

$$P = 250 \times 9,81 = 2453,5 \text{ Kg.}$$

PROBLEMA 13

Un vagón se mueve uniformemente ejerciendo sobre él un esfuerzo de tracción de 60 Kg.

¿Qué trabajo se habrá realizado cuando el vehículo haya recorrido **d** metros?. ¿Qué potencia en Kgm. por segundo se habrá desarrollado si ese camino ha sido recorrido en **n** minutos?. ¿A cuántos caballos de fuerza equivale esa potencia?. ¿Con qué velocidad se ha movido el vagón?.

Si el vagón se mueve uniformemente, la fuerza de 60 Kg. aplicada es igual a la resistencia de rodamiento sobre la vía. Por eso el vagón sometido a dos fuerzas iguales y contrarias, sigue con movimiento uniforme su vía supuesta rectilínea, como un cuerpo no sometido a la acción de ninguna fuerza, que de acuerdo con el principio de la Inercia de Galileo, prosigue indefinidamente el movimiento de que está animado.

1º El trabajo producido, venciendo esa resistencia de rodamiento está dado por el producto de la fuerza 60 Kg. por el trayecto recorrido sobre la vía supuesta rectilínea y horizontal.

$$T = 60 \text{ Kg.} \times \text{d.m.}$$

Si d = 800 m.

$$T = 60 \text{ Kg.} \times 800 \text{ m.} = 48000 \text{ Kgm.}$$

2º La potencia desarrollada, es el trabajo por segundo, y como n minutos equivalen a 60.n segundos:

$$\text{Pot.} = \frac{48000 \text{ Kgm.}}{60.\text{n}}$$

Si n = 5 minutos:

$$\text{Pot.} = \frac{48000 \text{ Kgm.}}{300 \text{ s}} = 160 \frac{\text{Kgm.}}{\text{s.}}$$

3º Un caballo de fuerza, o caballo vapor, equivale a 75 Kgm. por segundo. Para tener la potencia en caballos fuerza, basta dividir la potencia en Kgm. por segundo, por 75.

$$\text{Pot.} = \frac{160}{75} = 2{,}13 \text{ H.P.}$$

4º Siendo uniforme el movimiento su velocidad es igual al espacio recorrido dividido por el tiempo.

$$V = \frac{e}{t} = \frac{800 \text{ m.}}{300 \text{ s.}} = 2{,}66 \frac{\text{m.}}{\text{s.}}$$

PROBLEMA 14

Un obrero levanta en **t** segundos una carga de P Kg. a **h** metros de altura. ¿Qué trabajo habrá realizado este obrero si su peso propio es de **p** Kg. . ¿Qué potencia representa este trabajo?.

Al levantar el peso el obrero realiza un trabajo, venciendo la fuerza de gravedad correspondiente a dicho peso, más el de su propio cuerpo.

El trabajo que es producto de la fuerza por la distancia recorrida por el punto de aplicación en su dirección, resulta así:

$$T = (P + p) . h$$

y la potencia desarrollada, es:

$$\frac{(P + p) . h}{t}$$

Ejemplo numérico:

Supongamos: $P = 30$ Kg.; $h = 12$ m.; $t = 40$ s.
y $p = 60$ Kg.

Resulta así:

Trabajo: $(30 \text{ Kg.} + 60 \text{ Kg.}) \times 12 \text{ m} = 1080$ Kgm.

Potencia: $\dfrac{1080 \text{ Kgm.}}{40 \text{ s.}} = 27$ Kgm. por segundo.

¿Qué fuerza centrífuga desarrolla un cuerpo de 1 Kg. de peso, que en un segundo recorre dos veces una circunferencia de 0,5 m. de radio?.

La fuerza centrífuga, desarrollada en un cuerpo de masa M. que recorre una circunferencia de radio R con velocidad V, es:

$$f = \frac{M.\ V^2}{R.}$$

La masa del cuerpo cuyo peso es de 1 Kg. es: $\dfrac{1}{g.}$

La velocidad, está dada por el espacio recorrido en la unidad de tiempo, el cual equivale al duplo de la longitud de la circunferencia de radio dado.

En el caso planteado en el problema, la velocidad es:

$$V = 2 \times 2\ \pi\ R = 4 \times 3{,}1416 \times 0{,}5 = 6{,}28\ \frac{m}{s}$$

y la fuerza centrífuga desarrollada resulta ser:

$$f = \frac{1\ Kg.\ (6{,}28)^2\ \dfrac{m^2}{s^2}}{9{,}81\ \dfrac{m.}{s^2}\ 0{,}5\ m.} = \text{@' 8 Kg.}$$

PROBLEMA 16

¿Qué longitud tiene un péndulo matemático que bate segundos a los 45° de latitud?. ($g = 9.806$ m. por s^2 a los 45° de latitud).

La duración de una oscilación simple de un péndulo matemático está dada por la fórmula:

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (5)$$

En dicha fórmula, t es el tiempo en segundos; $\pi = 3{,}1416$; l es la longitud del péndulo en metros y g es la aceleración de la gravedad en m. por s^2.

Conocido $t = 1$ segundo, puesto que el péndulo dado bate el segundo, y conocido también el valor de g en el punto de la tierra en que está el péndulo, se puede calcular la longitud l, despejándola de la fórmula (5).

Pasando π al primer miembro:

$$\frac{t}{\pi} = \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Elevando al cuadrado los dos miembros y pasando el divisor g. al primero, queda:

$$\frac{g.t^2}{\pi^2} = l$$

Sustituyendo los datos numéricos del problema:

$$l = \frac{9{,}806 \times 1^2}{(3{,}1416)^2} = \frac{9{,}806}{9{,}867} = @' \; 0{,}99 \text{ m.}$$

PROBLEMA 17

Un péndulo matemático da en determinado lugar de la superficie terrestre 299 oscilaciones simples en 300 segundos. ¿Cuánto mide la aceleración terrestre en ese lugar?.

Para poder determinar la aceleración es necesario conocer además de duración de una oscilación (dada en el enunciado), la longitud del péndulo; pues en un mismo punto de la Tierra, péndulos de distinta longitud tienen distinta duración de oscilaciones.

En la impresión del programa debe haberse deslizado un error por el cual los datos son incompletos; para hacer posible la resolución tomaremos la **longitud** igual a **un metro.**

Conocidos t y l, para hallar g se despeja su valor de la fórmula (5).

Pasando al primer miembro y elevando ambos al cuadrado se tiene

$$\frac{t^2}{\pi^2} = \frac{l}{g}\text{; y despejando } g = \frac{\pi^2 . l}{t^2}$$

Ejemplo numérico:

La duración de una oscilación es según los datos:

$$t = \frac{300 \text{ s.}}{299} = 1{,}003 \text{ segundos}$$

y siendo l igual a 1 m., la aceleración g, es:

$$g = \frac{(3{,}1416)^2 \ . \ 1 \text{ m.}}{(1{,}003)^2 \ s^2} = 9{,}808 \ \frac{\text{m.}}{s^2}$$

PARTE IV

PROBLEMAS VARIOS:

LIQUIDOS, GASES, OPTICA Y CALOR

PROBLEMA 18

Expresar una presión de M Kg. por centímetro cuadrado en alturas de columna de agua y de mercurio.

Para expresar una presión de M Kg. por cm^2 en altura de un líquido cualquiera hay que imaginar una columna de ese líquido que tenga por base un centímetro cuadrado y calcular su altura de modo que el peso de la columna sea igual al número M de Kilógramos.

El número de cm. que mide la altura de tal columna es igual al de centímetros cúbicos de su volumen. Conocido el peso específico del líquido se determina fácilmenhte el volumen que equivale a la presión dada. Basta dividir la presión expresada en gramos por centímetro cuadrado, por el peso específico del líquido.

Siendo p. el peso específico del líquido, el volumen requerido para la presión dada, es:.

$$V = \frac{1000\ M}{p}\ cm^3$$

Caso numérico:

Sea: M = 7 Kg. por cm^2.

1º Para el agua cuyo peso específico es 1 (1 cm^3 pesa 1 gr)

$$V = \frac{7000 \text{ gr.}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 7000 \text{ cm}^3$$

La altura de la columna de agua de 1 cm^2 de sección y peso 7 Kg. es de 7000 cm o sean 70 metros.

Una columna de agua de 10 metros de altura equivale a una presión de 1 Kg. por cm^2, como es fácil comprobar. Con este dato se puede calcular rápidamente la altura de agua equivalente a cualquier presión.

2º Tratándose del mercurio, cuyo peso específico relativo al agua es 13,6, el volumen será

$$V = \frac{7000}{13,6} = 515 \text{ cm}^3$$

La altura de mercurio, es así de 5,15 metros.

PROBLEMA 19

¿Cuánto es el peso específico del aire a 0º y a una presión de 600 mm. de mercurio si a la presión de H mm. y a la misma temperatura es igual a 1,293?.

La ley de Mariotte expresa que el volumen de una masa gaseosa está en razón inversa de la presión que soporta, mientras la temperatura permanece constante.

Siendo P, V, P', V' las presiones y volúmenes correspondientes:

$$\frac{P}{P'} = \frac{V'}{V}$$

Pero, por otra parte, al aumentar el volumen de una masa gaseosa su peso específico disminuye. Entre los volúmenes ocupados por una masa de gas y sus pesos específicos existe la siguiente relación:

$$\frac{p}{p'} = \frac{V'}{V}$$

Comparando las dos fórmulas últimas se puede establecer que:

$$\frac{p}{p'} = \frac{P}{P'}$$

Es decir, que los pesos específicos de una masa gaseosa, a una determinada temperatura, son directamente proporcionales a las presiones que soporta.

En el caso del problema se tiene:

$$\frac{p}{1{,}293} = \frac{600 \text{ mm.}}{\text{H mm.}} \quad \text{(La temperatura es } 0^\circ \text{ C.)}$$

Dándose a H el valor de 850 mm. de mercurio, resulta despejando el valor del p:

$$p = \frac{600 \times 1{,}293}{850} = 0{,}915$$

PROBLEMA 20

Si los gases igneos tienen en el hogar de una caldera una temperatura de 1200° C y entran en la chimenea con una temperatura de 250° C, ¿cuántas veces menos espacio ocuparán ahora que al principio?.

Gay Lussac estableció la constancia del coeficiente de dilatación de los gases entre 0° y 100°. Si bien solamente un gas ideal, llamado gas perfecto, sigue estrictamente las leyes de Mariotte y Gay Lussac, consideraremos para este problema que los gases del hogar las cumplen, y que su coeficiente de dilatación es constante e igual a

$$\alpha = \frac{1}{273}$$

Si V_0 es el volumen de una masa gaseosa a la temperatura de 0° C y Vt el volumen de la misma masa a la temperatura t° C y a la misma presión (la atmosférica en el caso del problema), se tiene:

$$V_t = V_0 (1 + \alpha t)$$

Para establecer la relación de los volúmenes de una misma masa de gas. considerada a las temperaturas t y t' (y a presión constante) hay que determinar el valor de:

$$\frac{V_t}{V_{t'}} = \frac{V_0 (1 + \alpha t)}{V_0 (1 + \alpha t')}$$

y simplificando,

$$\frac{V_t}{V_{t'}} = \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t'}$$

En el caso numérico del problema, tenemos:

$$t = 1200^\circ C; \; t' = 250^\circ C$$

Luego:

$$\frac{V_t}{V_{t'}} = \frac{1 + \alpha \cdot 1200}{1 + \alpha \cdot 250}$$

$$\alpha \cdot 1200 = \frac{1}{273} \times 1200 = \frac{1200}{273} = 4{,}39$$

$$\alpha \cdot 250 = \frac{250}{273} = 0{,}916$$

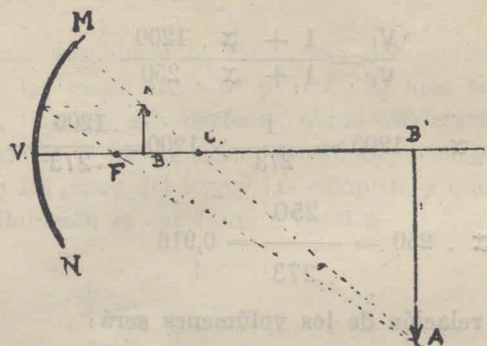
La relación de los volúmenes será:

$$\frac{V_t}{V_{t'}} = \frac{1 + 4{,}39}{1 + 0{,}916} = \frac{5{,}39}{1{,}916} = @' \; 2{,}82.$$

El volumen ocupado por los gases en la chimenea es 2,82 veces menor que en el hogar.

PROBLEMA 21

Un espejo esférico cóncavo produce a 2,2 m. de distancia una imagen real de un objeto situado a 0,8 m. de distancia del espejo. Hallar la distancia focal y el radio de curvatura del espejo.



Sea M.N la sección principal del espejo cóncavo; V C el eje principal y F el foco principal.

Llamando **p** a la distancia **V B** y **p'** a la distancia **B' V** se puede establecer la fórmula siguiente:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

donde **f** es la distancia focal **F V = F C.**

La distancia del objeto al espejo, es, en nuestro caso, p = 0,80 m., y la p' = 2,20 m.

Sustituyendo estos valores:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{0,80} + \frac{1}{2,20} = \frac{2,20 + 0,80}{1,76} = \frac{3}{1,76}$$

$$f = \frac{1,76}{3} = 0,5867 \text{ m.}$$

El radio curvatura C V es igual al doble de la distancia focal:

$$R = 2f = 1,1734 \text{ m}$$

PROBLEMA 22

¿Qué distancia focal tiene un lente biconvexo cuyo índice de refracción es 1,6 y cuyos radios de curvatura son iguales a 50 cm.?.

La relación que liga la distancia focal con el índice de refracción de un lente biconvexo y los radios de curvatura de las caras es:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{R}\right)$$

En el caso del problema tenemos:

$$R = R' = 0{,}50 \text{ m}; \ n = 1{,}6$$

Luego:

$$\frac{1}{f} = (1{,}6-1)\left(\frac{1}{0{,}50} + \frac{1}{0{,}50}\right)$$

$$\frac{1}{f} = 0{,}60 \times \frac{2}{0{,}50} = 2{,}40$$

La distancia focal resulta:

$$f = \frac{1}{2{,}40} = @'0{,}42 \text{ m.}$$

PROBLEMA 23

Una regla de hierro mide a 5º C L m. de largo. ¿Qué longitud tendrá a tº y a t'º?.

El coeficiente de dilatación lineal del hierro (dilatación de la unidad de longitud para una elevación de temperatura de 1º C.), es:

$$l = 0{,}0000118 \text{ (ver tabla I)}$$

Siendo Lt la longitud de la barra a tº y L_0 la longitud a 0º y l el coeficiente de dilatación lineal:

$$Lt = L_0 \ (1 + l \ t)$$

Análogamente siendo L_5 la longitud a 5º C, dada en el problema

$$Lt = L_5 \left(1 + l \,(t^{o} - 5^{o})\right)$$

Ejemplo numérico:

Sean L = 15 m.; t = 64º; t' — 3°

$$t - 5^{o} = 64^{\circ} - 5^{o} = 59^{o}$$
$$t' - 5^{o} = -3^{o} - 5^{o} = -8^{\circ}$$

Las longitudes de la barra a esas temperaturas son:

$$Lt = 15 \text{ m } (1 + 0{,}0000118 \times 59) = @' \ 15{,}014 \text{ m.}$$

$$Lt' = 15 \ (1 + 0{,}0000118 \times -8) = @' \ 14{,}998 \text{ m.}$$

PROBLEMA 24

¿Qué volumen ocupa a t° un cubo de fundición que a 20° mide 1 dm. de arista?.

El coeficiente de dilatación lineal de la fundición es:

$$l = 0{,}0000110 \text{ (Ver tabla I)}$$

Al pasar de 20° a t° la arista del cubo toma una longitud de:

$$Lt = 1 \text{ dm.} \left(1 + 0{,}0000110\ (t - 20°)\right)$$

Suponiendo que $t = 120°$, resulta

$$t - 20° = 100°$$

y por lo tanto la longitud de la arista es:

$$Lt = (1 + 0{,}0000110 \times 100) \text{ dm} = 1{,}00\,11 \text{ dm}$$

El volumen del cubo dilatado resulta así:

$$Vt = (1{,}0011)^3 = 1{,}0022 \text{ dm}^3$$

El aumento del volumen es de 2,2 cm^3.

PROBLEMA 25

Un recipiente de latón que pesa 0,238 Kg. experimenta un aumento de temperatura de 12°. ¿Cuántas calorías habrán sido necesarias para obtener ese resultado?.

La cantidad de calor que hay que darle a un Kg. de un cuerpo para elevar de 1° C su temperatura es lo que se llama su **calor específico.**

El calor específico del agua se toma como unidad de cantidad de calor, designándose con el nombre de **caloría** (se denomina también **gran caloría,** para distinguirla de la **pequeña caloría**, que corresponde a la elevación de un grado en la temperatura de 1 gramo de agua, y que es mil veces menor).

Un cuerpo de peso P y calor específico c, al elevar su temperatura de t° a T°, absorbe una cantidad de calor.

$$Q = P \times c \times (T° - t°) \text{ Calorías}$$

El calor específico del latón que forma el recipiente dado en el problema es

$$c = 0{,}094 \text{ (Ver tabla II)}$$

La cantidad de calor absorbida al elevar de 12° de temperatura resulta:

$$Q = 0{,}238 \text{ Kg} \times 0{,}094 \times 12^\circ = 0{,}268 \text{ Cal.}$$

Esta cantidad de calor equivale a 268 pequeñas calorías (gramo-grado).

PROBLEMA 26

En 3,2 Kg. de agua a 45°,5 se echa 1,1 Kg. de hielo. ¿Qué temperatura tendrá el agua después de la fusión?.

La mezcla del agua con el hielo dará lugar primero a la fusión de la masa de hielo, y luego al equilibrio de temperatura de toda el agua.

Al fundirse el hielo absorbe calor pero su temperatura permanece constante. La cantidad de calor absorbida por 1 Kg. de hielo al fundirse se denomina su **calor latente de fusión** y es igual a **80 calorías.**

Para transformar en agua a 0° C la cantidad dada de hielo se necesitan

$$1{,}1 \text{ Kg.} \times 80 = 88 \text{ Cal.}$$

Siendo x° la temperatura final pedida, tendremos que para llegar a ella el agua caliente habrá perdido

$$3{,}2 \text{ Kg.} (45^\circ{,}5 - x^\circ) \text{ Calorías}$$

Estas calorías serán ganadas por el hielo y su agua de fusión. Esta última al elevar su temperatura de 0° a x°, absorberá

$$1{,}1 \text{ Kg.} \times x^\circ \text{ Calorías}$$

La cantidad de calor perdida por el agua caliente es igual a la que han ganado el hielo y su agua de fusión, por tanto:

$$3{,}2\ (45{,}5 - x) = 1{,}1.\ x + 88$$

y despejando x:

$$145{,}6 - 3{,}2\ x = 1{,}1\ x + 88$$

$$57,6 = 4,3\ x$$

$$x = \frac{57,6}{4.3} = 13^{\circ},4$$

La temperatura final es de $13^{\circ},4$

PROBLEMA 27

¿Qué cantidad de vapor de agua a 3 Atmósferas de presión es necesaria para elevar la temperatura de 50 Kg. de agua de 15º a 99º C?.

La cantidad de calor que hay que ceder a los 50 Kg. de agua, es:

$$50\ (99^{\circ} - 15^{\circ}) = 50 \times 84 = 4.200 \text{ Cal.}$$

Hay que calcular cuántos Kg. de vapor a 3 Atmósferas son necesarias para que al pasar al estado de agua a 99º C pierdan las 4,200 calorías que debe ganar el agua.

De la tabla III, agregada al final, sacamos que la temperatura del vapor de agua saturado a 3 Atmósferas de presión es de 133º,9.

La cantidad total de calor absorbido por un Kg. de agua para pasar de la temperatura 0º al estado de vapor a tº es, según Regnault:

$$L = 606,5 + 0,305\ t$$

Para que 1 Kg. de agua pase de 0º, al estado de vapor a la temperatura de 133º,9 que corresponde a las tres Atmósferas de presión, debe absorber:

$$606,5 + 0.305 \times 133^{\circ},9 = 647,34 \text{ Cal}$$

1 Kg. de vapor a 3 Atm. para volver al estado de agua a 0° perdería una cantidad igual de calor, es decir 647,34 calorías. Pero el vapor en el caso del problema se convierte en agua a 99° de modo que no pierde toda esa cantidad. Conserva el número de calorías necesarias para pasar 1 Kg. de agua de 0° a 99°, o sean 99 calorías.

El calor perdido por 1 Kg. de valor a 3 Atm. al pasar a los 99° es:

$$647,34 - 99 = 548,34 \text{ Cal.}$$

Para ceder las 4.200 calorías se necesitan:

$$\frac{4200}{548,34} = 7,66 \text{ Kg.}$$

La cantidad de vapor necesaria es de 7,66 Kg.

PARTE V

Unidades eléctricas y problemas sobre electricidad

UNIDADES ELECTRICAS

Carga, cantidad, o masa eléctrica.

La **unidad electrostática de carga eléctrica** es aquella que rechaza con fuerza de una **dina** a otra masa igual colocada a 1 cm. de distancia.

La unidad práctica es el **Coulomb** que equivale a 3×10^9 unidades electrostáticas (tres mil millones).

Diferencia de potencial:

La **unidad electrostática de diferencia de potencial** es la que existe entre dos conductores tales que la unidad de carga eléctrica positiva, al pasar de uno al otro realiza un trabajo de un **erg.** $T = q(V - V_1)$; $V - V_1 = \frac{T}{q}$

Como el potencial de la Tierra es **cero,** un conductor que tenga con ella una unidad de diferencia de potencial se dice que tiene **potencial igual a 1.**

La unidad práctica es el VOLT, que equivale a $\frac{1}{300}$ de unidad electrostática.

Capacidad eléctrica.

La capacidad de un conductor es la relación constante entre la carga y el potencial.

$$C = \frac{Q}{P} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Voltios}}$$

La **unidad electrostática de capacidad** eléctrica es la que posee un conductor al que la unidad de carga le produce la unidad de potencial.

La **unidad práctica de capacidad es el Farad**; tiene esta capacidad un conductor que con una carga de un Coulomb adquiere un potencial de un VOLT.

Se usa generalmente el **microfarad,** o sea el millonésimo de **Farad.** La capacidad de la esfera terrestre es 700 microfarads.

Corriente Eléctrica

La **unidad de electrostática de corriente,** es aquella que transporta por segundo una unidad electrostática de carga.

La **unidad práctica es el Ampere,** que es la intensidad de una corriente eléctrica que transporta un Coulomb por segundo.

La corriente de un Ampere, deposita en el polo negativo de un voltámetro que contiene una sal de plata 0,001118 gramos de metal puro por segundo.

Resistencia Eléctrica

La **unidad electrostática, es la resistencia** de un conductor que teniendo la unidad de diferencia de potencial entre sus extremos se deja atravesar por la unidad de intensidad.

La **unidad práctica es el Ohm** que es la resistencia de un conductor que se deja atravesar por una corriente de un Ampere, cuando entre sus extremos actúa una fuerza electro motriz de un **VOLT.**

Una columna de mercurio de 1 mm^2 de sección y 106,3 cm de longitud, presenta, a la temperatura de 0º Centígrados, una resistencia eléctrica de **un Ohm**.

El **Microhm** o millonésimo de **Ohm** se emplea para medir la resistencia específica de los conductores.

Trabajo y potencia

El transporte de la unidad de carga desde un punto de un campo eléctrico a la Tierra, produce un trabajo (producto de la fuerza eléctrica por distancia) (*), que caracteriza el potencial de ese campo, en el punto considerado.

Este potencial es algo así como el nivel en el campo de atracción de la Tierra. El trabajo mecánico producido por la unidad de masa al caer, caracteriza el nivel del punto de partida; si al caer un kilógramo produce 5 Kgm. sabemos que cayó desde un punto 5 m. arriba del suelo. Por el trabajo de la unidad conocemos la diferencia del nivel,, pero no hay que confundir el uno con la otra.

El transporte de una carga de un **Coulomb** de un conductor a otro cuya diferencia de potencial sea de un **volt**, produce un trabajo que se llama **Joule.**

El trabajo eléctrico, igual a la carga multiplicada por la diferencia de potencial, se puede establecer en función de la intensidad de la corriente.

La intensidad es cantidad transportada en un segundo; si se multiplica la intensidad en Amperes por los segundos durante los que pasa la corriente, se tendrán los Coulombs transportados.

Una corriente de I. Amperes que recorre un conductor entre cuyos extremos actúa una f.e.m. de E., volts, produce en t segundos un trabajo

$$T = E.I.t \text{ JOULES.}$$

(*) Como la fuerza que actúa sobre una masa eléctrica varía a medida que ella se desplaza dentro del campo eléctrico en que se halla (de acuerdo con las leyes de Coulomb), el **trabajo eléctrico** está dado por la suma de los productos de la intensidad en cada punto de la trayectoria seguida por el recorrido elemental en el cual la fuerza permanece constante. Es así una suma de trabajos eléctricos elementales.

Al llegar la masa eléctrica a un punto de la Tierra la fuerza se hace nula, lo mismo que si se hubiese alejado del conductor infinitamente.

La potencia de la corriente está dada por el número de Joules por segundo, o sea de Watts.

Los Watts están dados por el producto de la intensidad en amperes por la f.e.m. en Volts.

$$\textbf{Watts} = \textbf{Volts} \times \textbf{Amperes}$$

El Kilowatt, equivale a 1.000 watts y es una unidad muy usada.

Las Compañías de Electricidad emplean para la valuación de la energía consumida una unidad llamada Kilowatt-hora.

Esta unidad es de trabajo eléctrico, pues toda energía debe valorarse en trabajo. Equivale al mantenimiento de una potencia de un Kilowatt durante una hora.

Como la hora tiene 3600 segundos y el watt es un Joule por segundo, resulta:

1 Kw-hora = 1.000 × 3.600 = 3,600.000 Joules o sean aproximadamente 360.000 Kgm.

RESUMEN

UNIDADES PRACTICAS

Carga — **Coulomb.**
Potencial — **Volt.**
Capacidad — **Farad y microfarad.**

Intensidad de corriente. **Ampere** — (Un Coul omb por segundo) deposita 0,001118 gr. de plata por segundo.

Resistencia. **Ohm** (con f.e.m. de un volt deja pasar 1 Ampere). Columna de mercurio de 1 mm^2 de sección y 106,3 cm. de largo, a la temperatura de 0º C..
Microhm — es un millonésimo de Ohm.

Trabajo y Potencia

1 Joule = 1 Coulomb $\times$ 1 Volt.
1 Watt = 1 Ampere $\times$ 1 Volt.
1 Watt = 1 Joule por segundo.
1 Kilowatt = 1.000 Watts.

1 Watt-hora = 3.600 Joules.
1 Kilowatt-hora = 3.600.000 Joules = @' 360.000 Kgm.

Resistencia eléctrica de un conductor

A una determinada temperatura, un conductor dado presenta una resistencia constante al paso de la corriente.

Variando la diferencia de potencial entre sus extremos varía proporcionalmente la intensidad de la corriente que la atraviesa, de acuerdo con la Ley de Ohm.

$$I = \frac{E}{R}$$

La resistencia R del conductor es:

1º Proporcional a la longitud L; 2º inversamente proporcional a su sección S; 3º proporcional a un **coeficiente de resistencia,** que depende de la naturaleza del conductor, y se denomina su **resistencia específica**

Esta **resistencia específica,** es la resistencia de un alambre de 1 cm^2 cuadrado de sección y 1 cm. de longitud; o lo que es lo mismo: **la resistencia ofrecida entre dos caras opuestas de un cubo de 1 cm. de arista,** formado por la materia del conductor.

La Tabla IV, en su columna (A) da los valores de las resistencias específicas en microhms (millonésimos de Ohm) para la temperatura de 0º centígrados.

Coeficiente de temperatura

Si la temperatura de un conductor varía, también su resistencia sufre cambio.

Los metales tienen coeficiente de temperatura positivo, es decir que al calentarse se hacen más resistentes.

Las lámparas eléctricas de filamento metálico brillan más al encenderse que un instante después; esto se debe a que el aumento de resistencia producido por la elevación de temperatura disminuye la cantidad de corriente.

Errata

En el enunciado del Problema 28,
donde dice: 1 mm. de diámetro
debe decir: 1 mm². de sección

Complemento. — Resolución del Problema 28, tal como está enunciado en el texto.

La resistencia de un conductor de longitud L y sección s, formado por una substancia de resistencia específica r, es:

$$R = \frac{L}{s} r$$

La Tabla IV en la columna A da como resistencia específica del cobre, a la temperatura de 0°; r = 1,584 microhms.

La sección del conductor de 1 mm. de diámetro es:

$$s = \frac{3{,}1416 \times 1^2}{4} = 0{,}7854 \text{ mm}^2 = 0{,}007854 \text{ cm}^2$$

Como según el enunciado R es igual a 1 Ohm, o sea, 1.000.000 de microhms, sólo queda desconocido en la fórmula establecida más arriba, el valor de L. Despejándolo resulta:

$$L = \frac{R.\ s}{r} = \frac{1.000.000 \times 0{,}007854}{1{,}584} = \frac{7854}{1{,}584} \text{ cm.}$$

$$L = 4958 \text{ cm.} = 49{,}58 \text{ metros.}$$

(Estando la resistencia en microhms y la sección en cm²., como la resistencia específica está dada en microhms - cm., la longitud resulta expresada en cm.)

En cambio las lámparas de filamento carbónico, recién toman su brillo normal un instante después de encendidas, porque para el filamento un aumento de temperatura provoca una disminución de resistencia que permite el paso de un mayor amperaje. En este caso el coeficiente de temperatura es negativo.

El **coeficiente de temperatura** es el aumento de resistencia que experimenta un conductor que tiene la unidad de resistencia cuando su temperatura aumenta de 1º centígrado.

Si R_0 es la resistencia de un conductor a 0º, su resistencia a tº será:

$$R = R_0 + R_0 \cdot \vartheta \cdot t = R_0 (1 + \vartheta\ t)$$

Los valores medios del coeficiente de temperatura ϑ, entre 0º y 100º, están dados en la columna C de la tabla IV.

Resistencia por metro y mm². En esta tabla IV se ha agregado la columna intermedia (B) donde están las resistencias por cada metro de longitud de conductores de 1 mm² de sección, a la temperatura de 0º.

Estos valores se deducen de los de la columna (A) dividiéndolos por 100.

PROBLEMA 28

sección 1 ¿Qué longitud tiene un alambre de cobre de 1 mm. 2 de ~~diámetro~~ cuya resistencia es igual a un Ohm?.

La temperatura se supone de 0º.

De la columna (B) de la tabla IV, agregada al final, sacamos el valor de la resistencia en Ohms de un alambre de cobre de 1 mm² de sección y 1 metro de longitud:

0,01584 Ohm.

Como la resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud, si llamamos X a la longitud del conductor cuya resistencia es un Ohm, podemos establecer la siguiente relación:

$$\frac{X}{1\,m.} = \frac{1\,Ohm}{0{,}01584\,Ohm}$$

De la cual despejando X resulta:

$$X = \frac{1}{0{,}01584} = @'\ 63\ \text{metros.}$$

PROBLEMA 29

¿Qué resistencia eléctrica tiene un alambre de platino de 1 m. de largo y de 0,2 mm, de diámetro a las temperaturas de 15º y 1015º?.

La tabla IV, en la columna (B), nos da para la resistencia de un hilo de platino de 1 m. de longitud y 1 mm^2 de sección, a la temperatura de 0º, el valor:

0,08982 ohm.

Como la resistencia de un conductor es inversamente proporcional a su sección, si llamamos R_0 a la resistencia del conductor dado a la temperatura de 0º y s a la sección en mm^2,, podemos establecer la siguiente relación:

$$\frac{R_0}{0{,}08982} = \frac{1mm^2}{s.}$$

De donde:

$$R_0 = \frac{1 \times 0{,}08982}{s}$$

El valor de s., sabiendo que la sección transversal del hilo es un círculo de diámetro d = 0,2 mm., o sea de 0,1 mm. de radio, resulta ser:

$$s = \pi \times (0{,}1)^2 = 3{,}1416 \times 0{,}01$$

$$s = 0{,}031416 \text{ mm}^2$$

La resistencia a 0° es:

$$R_0 = \frac{1 \times 0{,}08982}{0{,}031416} \text{ ohms} = @' \ 2{,}86 \text{ Ohms}$$

Para hallar las resistencias a 15 y a 1015°, usaremos el coeficiente de temperatura dado en la columna (C) de la tabla IV.

Para el platino el coeficiente de temperatura es:

$$\alpha = 0{,}00247$$

La resistencia a 15° resulta:

$$R = R_0(1 + 0{,}00247 \times 15) = 2{,}86 \times 1{,}037 = @' \ 2{,}966 \text{ Ohms}$$

La resistencia a 1015° es:

$$R = R_0(1 + 0{,}00247 \times 1015) = 2{,}86 \times 3507 = @' \ 10 \text{ Ohms}$$

Esto es suponiendo que el coeficiente de temperatura permanezca constante hasta los 1015°.

PROBLEMA 30

Los polos de una fuente eléctrica cuya tensión es 70 Volts están ligados por un alambre de cobre de d mm. de diámetro y L metros de longitud.

¿Qué intensidad tiene la corriente?. ¿Qué caída de tensión se produce por metro de alambre?.

Conocido el diámetro d del conductor se calcula su sección por la fórmula:

$$s = \frac{\pi\, d^2}{4}$$

Con la longitud L y la sección s, usando el valor de la resistencia específica dado en la columna (A) de la tabla IV, se calcula la resistencia del conductor (considerado a 0°)

$$R = r.\frac{L}{s}$$

La ley de Ohm nos permite calcular la intensidad de la corriente en función de la fuerza electro-motriz y la resistencia.

$$I = \frac{E}{R}$$

La caída de tensión entre los extremos del conductor es E = R.I.

Como la sección del alambre es constante, su resistencia es igual en cada porción de 1 m.; la caída de tensión por metro será igual a E dividido por la longitud en metros L.

Ejemplo numérico:

Siendo $E = 70$ Volts; $L = 600$ m.; $d = 3$ mm.

La sección del conductor es:

$$s = \frac{3{,}1416 \times 9}{4}$$

$$s = 7{,}06 \text{ mm}^2$$

La resistencia específica del cobre, dada por la columna (A) de la tabla IV, es:

$$r = 1{,}584 \text{ microhms}$$

Como esta se refiere a un cubo de 1 cm. de arista, debemos expresar la sección en cm^2 y la longitud en cm.

De consiguiente, $L = 60.000$ cm y $s = 0{,}0706$ cm^2.

La resistencia en microhms es:

$$R = 1{,}584 \cdot \frac{60.000}{0{,}0706} = 1.346.175 \text{ microhms}$$

Para expresarla en Ohms, se divide por un millón:

$$R = 1{,}346175 \text{ Ohms} = @' \ 1{,}35 \text{ Ohms}$$

Si se deseara mayor exactitud podría corregirse esta resistencia (que es a 0° C.) mediante el coeficiente de temperatura, adaptándola a la temperatura normal.

Usaremos como resistencia $R = 1{,}35$ Ohms, para contestar las dos preguntas del problema:

1° La intensidad de la corriente que se establece, en Amperes es:

$$I = \frac{70 \text{ V.}}{1{,}35 \text{ Oh.}} = 51{,}9 \text{ Amp.}$$

2° — La caída de tensión por metro lineal es:

$$e = \frac{70 \text{ V.}}{600 \text{ m.}} = 0{,}1166 \text{ V. por metro}$$

PROBLEMA 31

Por un alambre de cobre de R Ohms de resistencia pasa una corriente de I Amperes. ¿Qué caída de tensión se produce en el conductor?.

La ley de Ohm, permite establecer que

$$E = R \cdot I$$

Para saber qué diferencia de potencial E debe existir entre los extremos del conductor de resistencia R cuando se establece en él una corriente de intensidad I, o lo que es lo mismo, qué caída de tensión se produce en dicho conductor, basta hallar el producto R.I.

Caso numérico:

Si R = 75 Ohms y I = 3 Amp.

$$E = 75 \times 3 = 225 \text{ Volts}$$

PROBLEMA 32

¿Qué cantidad de calor se produce por hora en un horno eléctrico de R Ohms de resistencia que consume una corriente de I Amperes?.

La cantidad de calor desarrollada es proporcional al trabajo eléctrico producido por la corriente. Este sabemos que se mide en **Joules** y está dado por el producto:

$$T = E.I.t$$

La intensidad I en Amp. multiplicada por el tiempo t en segundos da el número de Coulombs transportados.

E es la fuerza electro-motriz o diferencia de potencial entre los extremos del conductor, que, de acuerdo con la ley de Ohm, es igual a:

$$E = R.I$$

Sustituyendo en la fórmula precedente este valor de E, queda:

$$T = (R.I)\ .I.t = R.I^2.t$$

Este producto de la resistencia, por el cuadrado de la intensidad y por el tiempo, da el trabajo en Joules, cuando las otras unidades son, respectivamente, Ohm, Amp., segundo.

Como una caloría (Kg.-grado) equivale a 427 Kgm. y cada Kgm. vale 9,81 Joules, la Caloría resulta equivalente a:

$$1 \text{ Cal.} = 9{,}81 \times 427 \text{ Joules}$$

y por lo tanto

$$1 \text{ Joule} = \frac{1 \text{ Cal.}}{9{,}81 \times 427} = 0{,}00024 \text{ Cal.}$$

Multiplicando el número de Joules por este factor, se tienen las Calorías desarrolladas:

$$Q = 0{,}00024\ .\ R.I^2.t$$

Caso numérico:

Si R = 30 Oh. y I = 20 Amp., el calor desarrollado en una hora (3600 segundos), es:

$$Q = 0{,}00024 \times 30 \times 20^2 \times 3600 \text{ Cal.}$$

$$\mathbf{Q = 10.368\ Cal.}$$

PROBLEMA 33

¿Qué potencia se consume en una resistencia de R Ohms con una corriente de I Amperes?.

La potencia, medida en Watts se obtiene por el producto de la intensidad en Amp. por la f.e.m. en Volts.

$$W = E.I$$

o también, como $E = R.I$,

$$W = R.I^2$$

Si suponemos:

$$I = 15 \text{ Amp. y } R = 6 \text{ Oh.},$$

sabemos que: $E = R.I = 15 \times 6 = 90$ Volts.

La potencia en Watts resulta:

$$W = 90 \text{ Volts} \times 15 \text{ Amp.} = 1350 \text{ Watts}$$

La potencia en este caso, de **1350 w.**, o, lo que es lo mismo, de **1,35 Kw.**

PROBLEMA 34

¿Qué cantidad de cobre se precipita de una solución de sulfato de cobre en 24 horas si por ella pasa durante este tiempo una corriente de I Amperes?.

El paso de **un Coulomb** por la solución de la sal de cobre (sulfato cúprico en este caso), produce en el electrodo negativo un depósito de cobre metálico, cuyo peso se denomina **equivalente electroquímico** de dicho metal.

La tabla V agregada al final, da los equivalentes electro-químicos de varios metales en milígramos por Coulomb. En ella se encuentra como equivalente del cobre, en las sales cúpricas:

0,32709 mg.

El número de Coulombs transportados por una corriente de I amperes en **t** segundos es igual a I.t y el peso de cobre depositado será:

$$\mathbf{P = 0{,}32709 \times I \times t} \text{ mg.}$$

Suponiendo I = 3 Amp., como el tiempo dado es 24 horas o sean 24 × 3600 segundos, el peso de cobre depositado será:

$$P = 0{,}32709 \times 3 \times (24 \times 3600) \text{ mg.}$$

$$P = 84.781.728 \text{ mg.}$$

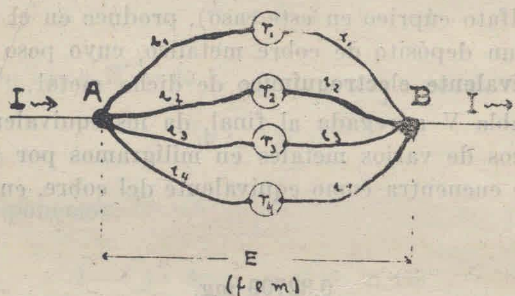
El peso en gramos, es así:

$$\mathbf{P = 84{,}782 \text{ gr.}}$$

PROBLEMA 35

Cuatro resistencias de 2, 4, 8 y 16 Ohms están conectadas en paralelo.

¿Qué valor tiene la resistencia total?.



Al dividirse la corriente de intensidad I que pasa de A hacia B, se comprende fácilmente que las cuatro corrientes parciales sumadas equivalen a la corriente total.

Esto es lo que establece la primera de las leyes de Kirchoff sobre corrientes derivadas, que dice que "**la suma algebraica de las intensidades en cada nudo de derivación es nula**" o lo que es lo mismo: la cantidad de electricidad que entra en cada nudo es igual a la cantidad que sale por las derivaciones.

Llamando i_1, i_2, i_3, i_4, a las intensidades de las corrientes derivadas que recorren los circuitos de resistencias r_1, r_2, r_3, r_4, respectivamente, escribiremos de acuerdo con esto:

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + i_4$$

Para establecer la relación entre las intensidades parciales y la resistencia de cada derivación, apliquemos la ley de Ohm a cada una de éstas.

La diferencia de potencial entre A y B, es la f.e.m. idéntica para los cuatro circuitos derivados; designándola con **E**, las intensidades parciales resultan:

$$i_1 = \frac{E}{r_1};\quad i_2 = \frac{E}{r_2};\quad i_4 = \frac{E}{r_3};\quad i_4 = \frac{E}{r_4}$$

sustituyendo estos valores en la fórmula anterior, se tiene:

$$I = \frac{E}{r_1} + \frac{E}{r_2} + \frac{E}{r_3} + \frac{E}{r_4}$$

$$I = E\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)$$

Llamando R a la resistencia total, de acuerdo con la ley de Ohm se puede establecer

$$I = \frac{E}{R} = E \cdot \frac{1}{R}$$

Igualando los dos valores de I y suprimiendo el factor E de los dos miembros de la igualdad que resulta, queda finalmente:

$$\frac{1}{R} = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)$$

Esta relación que liga la resistencia total con las parciales es la que tenemos que utilizar en el problema. La inversa de la resistencia se denomina **conductancia.** Podemos así establecer que: "**La conductancia total de un haz de conductores es igual a la suma de las conductancias de cada uno**".

Caso numérico del problema:

Sustituyendo los valores dados para las resistencias parciales, tenemos:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} = \frac{8+4+2+1}{16} = \frac{15}{16}$$

El valor de R es la recíproca de este:

$$R = \frac{16}{15}\ \text{Ohm.} = 1\frac{1}{15}\ \text{Ohm.}$$

La resistencia total, resulta, como se ve, inferior a la menor de las cuatro parciales.

PARTE VI

Tablas de coeficientes a emplear

TABLA I

Coeficientes de dilatación lineal (entre 0 y 100 Grados Centígrados)

Cuerpos	Coeficientes
Platino	0.0000088.
Oro	0.0000147.
Plata	0.0000199.
Hierro	0.0000118.
Cobre	0.0000117.
Fundición	0.0000110.
Latón	0.0000187.
Aluminio	0.0000221.
Plomo	0.0000281.
Zinc	0.0000302.
Vidrio	0.0000085.

TABLA II

Calores Específicos

(valores medios entre 0° y 100°)

Cuerpos	Calor Específ.
Platino	0.032.
Oro	0.032.
Plata	0.057.
Hierro	0.114.
Cobre	0.095.
Latón	0.094.
Aluminio	0.214.
Plomo	0.031.
Zinc	0.095.
Vidrio	0.198.
Agua	1.000.
Mercurio	0.033.

TABLA III

Temperatura del vapor de agua saturado

1 Atm. = 1,033 Kg.|cm² (Según Zeuner)

Presión en Atm.	Temperatura
1	100°,
2	120°,6
3	133°,9
4	144°,
5	152°,2
6	159°,3
7	165°,3
8	170°,8
9	175°,8
10	180°,3

TABLA IV

Resistencia Eléctrica

METALES	A Resistencia específica en microhoms cm. a 0° C	B Resistencia en Ohms a 0° C para 1 m. de longitud y 1 mm 2 de sección	C Coeficiente de temperatura entre 0° y 100°
Plata	1.492.	0.01492.	0.00377
Cobre	1.584.	0.01584.	0.00388
Oro	2.041.	0.02041.	0.00365
Aluminio	2.889.	0.02889.	0.00390
Platino	8.982.	0.08982.	0.00247
Hierro	9.638.	0.09638.	0.00463
Niquel.	12.360.	0.12360.	0.00463
Mercurio	94.340.	0.94340.	0.000887.

Los valores de la columna (B) se deducen delos de la (A) dividiéndolos por 100.

En efecto, un conductor de 1 mm^2 de sección y 1 m. de longitud, tiene su sección 100 veces más chica y su longitud 100 veces mayor que el cubo de 1 cm. de arista entre cuyas caras se mide la resistencia específica indicada en (A).

Su resistencia será 100 $\times$ 100 = 10.000 — veces más grande. Multiplicando por 10.000 los valores de (A) se tendrán en **microhms** los correspondientes a (B).

Pero para expresarlos en Ohm, hay que dividir estos últimos por 1.000.000, de modo que, en definitiva los números de la columna (A) quedan divididos por 100.

TABLA V

Equivalentes electroquímicos en milígramos por Coulomb

Cuerpos	**Equivalentes**
Hidrógeno	0.01038.
Potasio	0.40539.
Sodio	0.23873.
Aluminio	0.09449.
Oro	0.67911.
Plata	1.11800.
Cobre (sal cúprica)	0.32709.
Cobre (sal cuprosa)	0.65419.
Mercurio (sal mercúrica)	1.03740.
Mercurio (sal mercuriosa)	2.07470.
Hierro (férrica)	0.19356.
Hierro (ferrosa	0.29035.
Niquel	0.30425.
Zinc	0.33696.
Plomo	1.07160.

INDICE

FISICA-PROBLEMAS,
EJERCICIOS, ETC