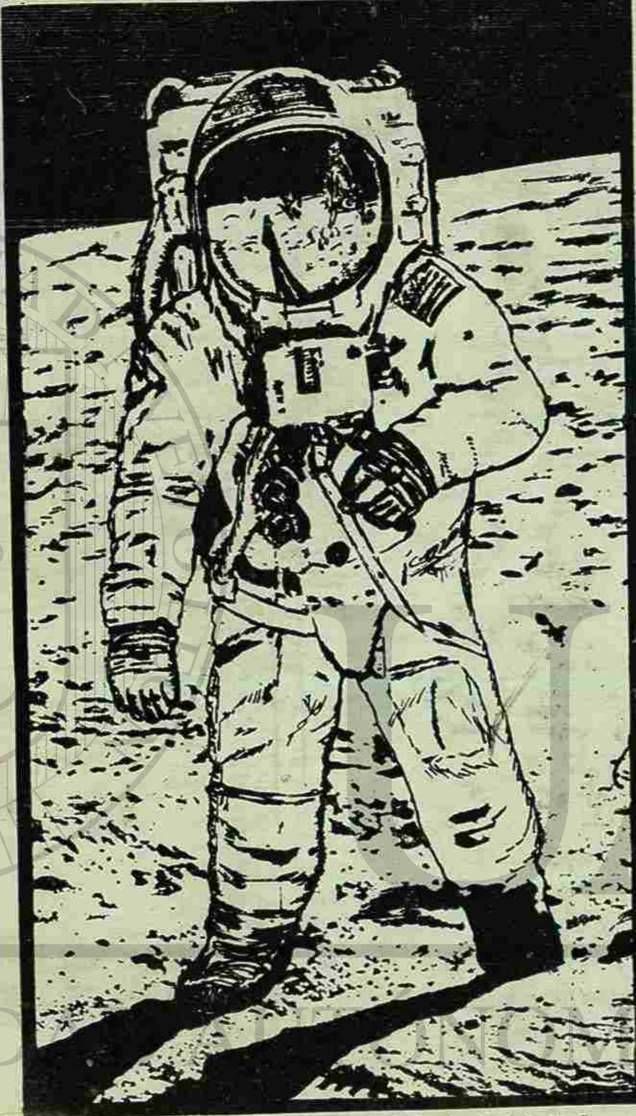
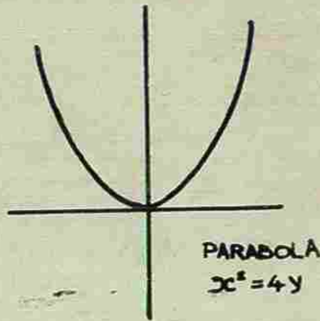
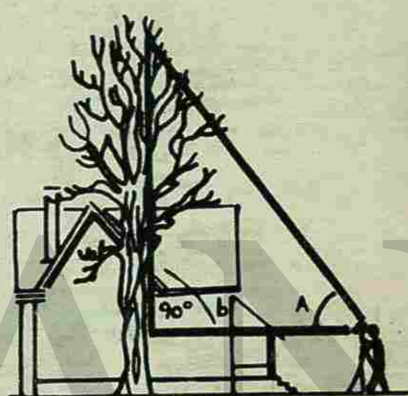
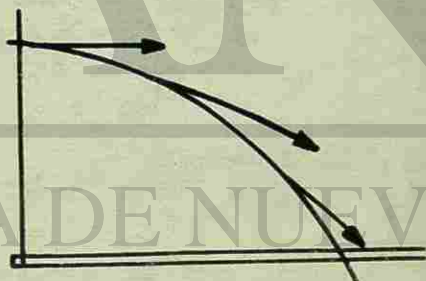








NG. RAYMUNDO LOPEZ LOZANO

IVERSIDAD AUTONOMA
NUEVO LEON

FISICA 3

COLEGIO CIVIL,
PREPARATORIA Nº 2

MONTERREY, N. L.

FISICA

TERCER CURSO

Ing. Raymundo López Lozano

ING. RAYMUNDO LOPEZ LOZANO

FISICA III

TERCERA EDICION

Texto para los alumnos de Tercer Semestre de Educación Media Superior escrito conforme el programa oficial vigente.

ING. RAYMUNDO LOPEZ LOZANO

FISICA III

TERCER CURSO

Texto para los alumnos de Tercer Semestre de Educación Media Superior escrito conforme al programa oficial vigente.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincera gratitud, al Sr. Director de la Preparatoria No.2 de la U.A.N.L., Lic. Jesús E. Vázquez Gallegos, por haberme brindado la oportunidad y el apoyo necesarios para la elaboración del presente libro.

A mi Esposa:

Leonor Mejía León.

CONTENIDO

Página

Grados	Radianes	Seno	Tangente	Cotangente	Coseno		
0	0	0	0	∞	1.0000	1.5708	**90**
1	.0175	.0175	.0175	57.290	.9998	1.5533	89
2	.0349	.0349	.0349	28.636	.9994	1.5359	88
3	.0524	.0523	.0524	19.081	.9986	1.5184	87
4	.0698	.0698	.0699	14.301	.9976	1.5010	86
5	.0873	.0872	.0875	11.430	.9962	1.4835	**85**
6	.1047	.1045	.1051	9.5144	.9945	1.4661	84
7	.1222	.1219	.1228	8.1443	.9925	1.4486	83
8	.1396	.1392	.1405	7.1154	.9903	1.4312	82
9	.1571	.1564	.1584	6.3138	.9877	1.4137	81
10	.1745	.1736	.1763	5.6713	.9848	1.3963	**80**
11	.1920	.1908	.1944	5.1446	.9816	1.3788	79
12	.2094	.2079	.2126	4.7046	.9781	1.3614	78
13	.2269	.2250	.2309	4.3315	.9744	1.3439	77
14	.2443	.2419	.2493	4.0108	.9703	1.3265	76
15	.2618	.2588	.2679	3.7321	.9659	1.3090	**75**
16	.2793	.2756	.2867	3.4874	.9613	1.2915	74
17	.2967	.2924	.3057	3.2709	.9563	1.2741	73
18	.3142	.3090	.3249	3.0777	.9511	1.2566	72
19	.3316	.3256	.3443	2.9042	.9455	1.2392	71
20	.3491	.3420	.3640	2.7475	.9397	1.2217	**70**
21	.3665	.3584	.3839	2.6051	.9336	1.2043	69
22	.3840	.3746	.4040	2.4751	.9272	1.1868	68
23	.4014	.3907	.4245	2.3559	.9205	1.1694	67
24	.4189	.4067	.4452	2.2460	.9135	1.1519	66
25	.4363	.4226	.4663	2.1445	.9063	1.1345	**65**
26	.4538	.4384	.4877	2.0503	.8988	1.1170	64
27	.4712	.4540	.5095	1.9626	.8910	1.0996	63
28	.4887	.4695	.5317	1.8807	.8829	1.0821	62
29	.5061	.4848	.5543	1.8040	.8746	1.0647	61
30	.5236	.5000	.5771	1.7321	.8660	1.0472	**60**
31	.5411	.5150	.6009	1.6643	.8572	1.0297	59
32	.5585	.5299	.6249	1.6003	.8480	1.0123	58
33	.5760	.5446	.6494	1.5399	.8387	.9948	57
34	.5934	.5592	.6745	1.4826	.8290	.9774	56
35	.6109	.5736	.7002	1.4281	.8192	.9599	**55**
36	.6283	.5878	.7265	1.3764	.8090	.9425	54
37	.6458	.6018	.7536	1.3270	.7986	.9250	53
38	.6632	.6157	.7813	1.2799	.7880	.9076	52
39	.6807	.6293	.8098	1.2349	.7771	.8901	51
40	.6981	.6428	.8391	1.1918	.7660	.8727	**50**
41	.7156	.6561	.8693	1.1504	.7547	.8552	49
42	.7330.	.6691	.9004	1.1106	.7431	.8378	48
43	.7505	.6820	.9325	1.0724	.7314	.8203	47
44	.7679	.6947	.9657	1.0355	.7193	.8029	46
45	.7854	7071	1.0000	1.0000	.7071	.7854	45
		Coseno	Cotangente	Tangente	Seno	Radianes	Grados

OBJETIVO GENERAL

Al término de la unidad, el alumno será capaz de aplicar los conceptos de: fricción, trabajo, energía y potencia, leyes de conservación e hidrostática en la solución de problemas afines.

UNIDAD I

F R I C C I O N

UNIDAD 1

OBJETIVOS PARTICULARES

FRICCION

Al término de la unidad, el alumno: - aplicará los principios básicos de la fricción en la solución de problemas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

El alumno:

- Explicará el término fricción.
- Determinará el valor de la normal en diferentes condiciones físicas de un cuerpo.
- Diferenciará entre coeficiente de fricción estático y cinético.
- Identificará las unidades que maneja la fricción y el coeficiente de fricción.
- Deducirá la expresión matemática para coeficiente de fricción por deslizamiento uniforme.
- Resolverá problemas de plano inclinado bajo las siguientes condiciones:
  - a) Con fricción.
  - b) Sin fricción.
  - c) Con velocidad constante.
  - d) Con movimiento uniformemente acelerado.

UNIDAD I

" FRICCION "

1-1 INTRODUCCION.- En el estudio de la Cinemática y Dinámica del Primero y Segundo Semestres respectivamente, nunca se mencionó la presencia o existencia del rozamiento o la fricción, y sus efectos sobre el movimiento de los cuerpos. Pero ya es el momento de abordar el estudio de - la fricción y lo haremos en esta unidad.

Comenzaremos por definir o dar el concepto de la fricción diciendo: Es la interacción física entre dos superficies en contacto, como una -- consecuencia de las irregularidades de dichas superficies.

En ciertos casos, la fricción o el rozamiento son buenos, pues gracias a ellos, podemos caminar, un automóvil puede frenar o bien un cuerpo puede sostenerse en reposo, sobre un plano inclinado, mientras que en otros casos es deseable que la fricción disminuya lo más que se pueda, como es en el movimiento de los aviones a través del espacio o de los peces a través del agua, en ambos casos, tanto los aviones como los peces tienen formas aerodinámicas, para disminuir al máximo sus fricciones con el aire y con el agua respectivamente.

La existencia de la fricción da lugar a gastos de energía durante el movimiento de los cuerpos en general.

1-2 FUERZAS DE FRICCION Y COEFICIENTES DE FRICCION.

Debido a la fricción, se originan dos tipos de fuerzas, la fuerza de fricción estática y la fuerza de fricción cinética.

Estas dos fuerzas de fricción siempre obran paralelamente a las superficies en contacto, es decir, su dirección es la de una recta paralela a dichas superficies, como puede apreciarse en las dos siguientes figuras:

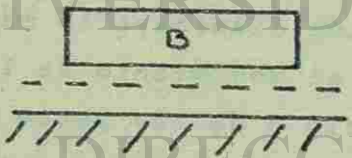


FIGURA 1-2-1

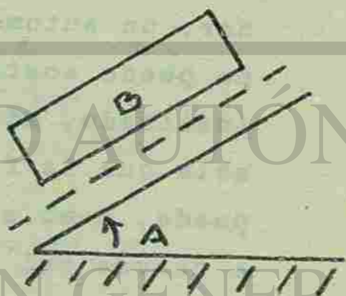


FIGURA 1-2-2

La línea recta interrumpida, en estas dos figuras, indica la dirección solamente de las fuerzas de fricción. A propósito se han dibujado las superficies separadas tanto del cuerpo B, como del plano en que descansa, con el fin de poder dibujar la dirección de las fuerzas de fricción, pero considérelas en contacto.

La fuerza de fricción es un vector, puesto que es una fuerza, por lo tanto, se le ha designado también un sentido. En las dos figuras anteriores no se ha hecho. La razón es la siguiente: El sentido en general, de una fuerza de fricción es tal, que es contrario al movimiento del cuerpo cuando éste se está moviendo (fuerza de fricción cinética f_k) o bién, su sentido es tal, que se opone al sentido en que tiende a comenzar a moverse el cuerpo (fuerza de fricción estática: fs). Las dos figuras siguientes aclararán estos conceptos:

FIGURA 1-2-3

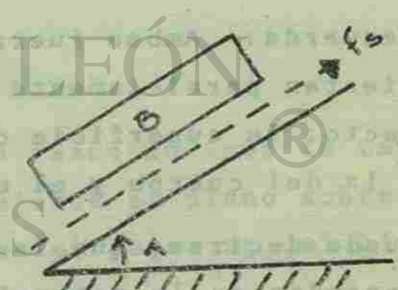


FIGURA 1-2-4

En la figura 1-2-3, el cuerpo B, se mueve a la derecha, entonces la fuerza de fricción cinética: f_k apuntará a la izquierda. Si el cuerpo se moviera a la izquierda, f_k apuntaría a la derecha.

En la figura 1-2-4, el cuerpo B, apenas comienza a bajar por el plano inclinado, oponiéndose en este caso, la fuerza de fricción estática: fs. Si el cuerpo comenzara a moverse hacia arriba, sobre el plano inclinado, entonces fs apuntaría en sentido contrario.

Entonces, podemos concluir lo siguiente: La fuerza de fricción cinética f_k, es la fuerza que se opone al movimiento de un cuerpo.- La fuerza de fricción estática fs, es la fuerza que se opone a que un cuerpo en reposo, se comiense a mover y es igual a la mínima fuerza necesaria para comenzar a mover el cuerpo.

Recuerda:- Ambas fuerzas de fricción se manifiestan paralelamente a las superficies en contacto: La superficie del cuerpo y la del plano o la del cuerpo y el medio en que se mueva.

Puede decirse, que las dos fuerzas de fricción dependen de la naturaleza de las superficies

en contacto; metal-metal, metal-madera, metal-hule, madera-madera, vidrio-madera, etc. Así como también dependen de lo áspero o rugoso de las superficies en contacto. Ahora, si partimos o estudiamos un par de superficies cualquiera, digamos metal-metal, incluyendo sus rugosidades o asperezas, podemos establecer lo siguiente: La fuerza fricción, es directamente proporcional a la Normal: N, que obra sobre las dos superficies en contacto. Por ejemplo: Un bloque en reposo sobre un plano horizontal:

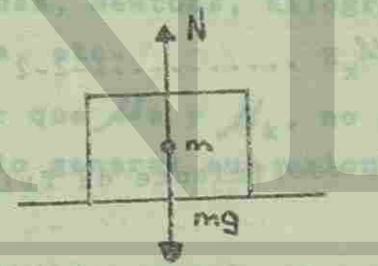


FIGURA 1-2-5

N, representa la normal o reacción (por la tercera Ley de Newton) que ejerce el plano sobre el bloque, como resultado del peso: mg del blo que, sobre el plano.

m, es la masa del bloque.

En este caso, N = mg, pero de sentido contra-rio a mg.

El enunciado anterior quiere decir, que a mayor peso: mg, N será mayor y por lo tanto, la fuerza de fricción también será mayor.

Si el cuerpo está en reposo, podemos escribir la ecuación: 1-2-1 así: $f_s = \mu_s N$..... 1-2-1.

Siendo μ_s el coeficiente de fricción estático para el par de superficies en contacto.

Si el cuerpo está en movimiento, entonces la ecuación será:

$$f_k = \mu_k N \text{ ....1-2-2}$$

Siendo: μ_k, el coeficiente de fricción cinético.

Los dos coeficientes no tienen unidades, siendo por lo general, $\mu_s > \mu_k$, esto quiere decir que, para un mismo par de superficies, $f_s > f_k$, es decir, que se requiere de más fuerza para comenzar a mover un cuerpo, que para mantener

en movimiento al mismo cuerpo. ¿Has empujado un carro?.

Relaciona tu respuesta con lo anterior.

Para cada par de superficies existe un valor de μ_s y un valor de μ_k. Este último se considera constante, dentro de un determinado márgen de velocidades.

Antes de iniciarnos con los problemas de fricción conviene aclarar lo siguiente:

a) Las unidades de las fuerzas de fricción: f_s y f_k, son las mismas de cualesquier fuerza mecánica: Dinas, Newtons, Kilogramos-Fuerza, Libras-Fuerza, etc.

b) Recordar que μ_s y μ_k, no tienen unidades y que por lo general sus valores son menores que 1.

c) μ_s se utiliza cuando el cuerpo comienza a moverse y que μ_k se utiliza cuando el cuerpo está en movimiento.

1-3 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS.

A.- Fricción estática en planos horizontales.

1.- ¿Cuál es la mínima fuerza horizontal que habrá que aplicar a un bloque de 100 Kg. que des cansa sobre un piso horizontal, si su coeficiente de fricción estático es 0.7?

SOLUCION:- En primer lugar hagamos el dibujo del problema:

FIGURA 1-3-1

Aunque no se dijo en el problema, hacia donde apuntaba la fuerza horizontal, se ha tomado arbitrariamente hacia la derecha, según fig.1-3-1. Ahora, hagamos un diagrama vectorial, o diagrama de cuerpo aislado; que incluye el cuerpo en forma de punto, obrando sobre él, los vectores que afectan su estado de movimiento, en este caso su estado de reposo.

DIAGRAMA VECTORIAL

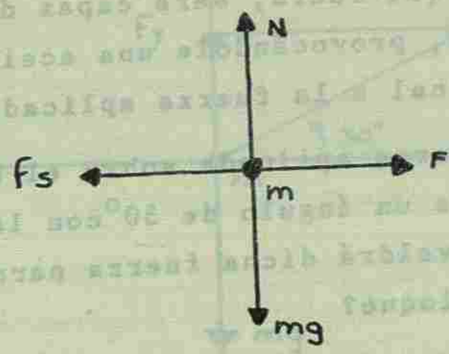


FIGURA 1-3-2

De acuerdo con este diagrama vectorial: $F = -f_s$ es decir, que la fuerza horizontal: F, es igual en magnitud a fs pero de sentido contrario a fs.

También, por definición: $f_s = \mu_s N$, y como N = mg, entonces:

$$f_s = \mu_s\, mg = .7(100)\, 9.8 = 686 \text{ Newtons.}$$

Por lo tanto:

F = 686 Newtons, en valor absoluto.

NOTA: Si no hubiese fricción entre el cuerpo y el plano, cualesquier fuerza, por más pequeña que fuera, será capaz de mover al bloque, provocándole una aceleración proporcional a la fuerza aplicada.

2.- Si la fuerza aplicada sobre el bloque anterior, formara un ángulo de 30^{o} con la horizontal ¿cuánto valdrá dicha fuerza para comenzar a mover al bloque?

SOLUCION:- De nuevo, hagamos el dibujo del problema, para entenderlo:

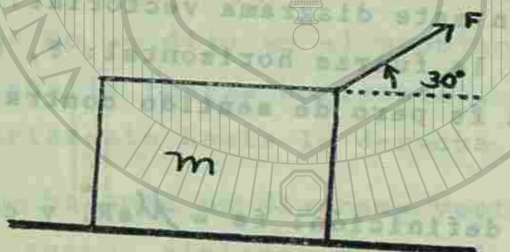


FIGURA 1-3-3

El diagrama vectorial correspondiente será:

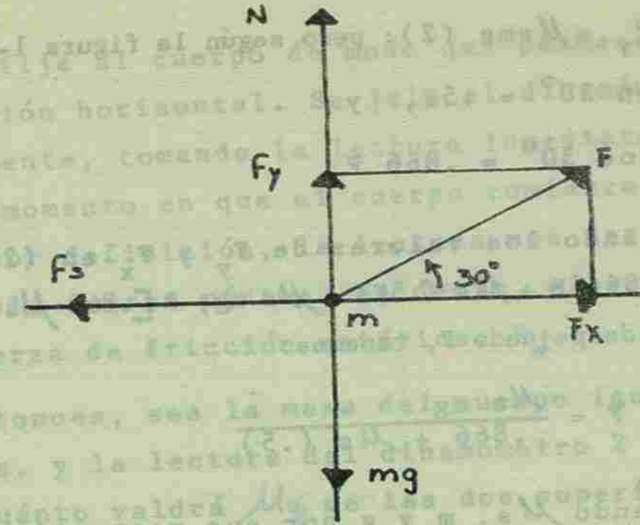


FIGURA 1-3-4

Como se notara, el problema ya se complicó, como puede apreciarse en la figura 1-3-4. Pero vamos a razonar el problema con ayuda de dicha figura. La Fx, es la que hará que comience a moverse el bloque de masa m.

Entonces: Según la figura 1-3-4; Fx = f_s y como $f_s = \mu sN$, entonces: Fx = μsN (1).

Ahora, N ya no es igual a mg, pues según la figura 1-3-4; N + F_y = mg, entonces despejemos N, así: N = mg - F_y y sustituyamos este valor de N en (1): $F_x = \mu s\,(mg - F_y) = \mu smg - \mu sF_y$ o bién:

$F_x + \mu_s F_y = \mu_s mg$ (2); pero según la figura 1-3-4:

$F_y = F \text{sen } 30^\circ = .5F$, y

$F_x = F \cos 30^\circ = .866\ F$

Sustituyendo los valores de F_y y F_x en (2), tenemos: $.866\ F + \mu_s(.5F) = \mu_s\ mg$; $F[.866 + \mu_s(.5)] = \mu_s mg$, y despejando F, tenemos:

$$F = \frac{\mu_s\ mg}{.866 + \mu_s\ (.5)}$$

Sustituyendo μ_s, m y g por sus respectivos valores tenemos:

$$F = \frac{.7\ (100)\ 9.8}{.866 + .7\ (.5)} = \frac{686}{.866 + .35} = \frac{686}{1.216}$$

$F = 564.14$ Nt.

Observa que ahora F, fué menor que el problema anterior. ¿Lo puedes comprobar, con un caso práctico y parecido?. Hazlo.

3.- Un método para determinar el coeficiente de fricción estático; μ_s, es el método del dinamómetro; para esto, el cuerpo se coloca en un plano horizontal, el dinamómetro adecuado

se fija al cuerpo de modo que permanezca en posición horizontal. Se jala el dinamómetro lentamente, tomando la lectura inmediatamente en el momento en que el cuerpo comienza a moverse y por definición, la lectura nos dará el valor de la fuerza mínima, es decir, el valor de la fuerza de fricción estática: F_s.

Entonces, sea la masa del cuerpo igual a 500 grs. y la lectura del dinamómetro 2 Newtons. ¿Cuánto valdrá μ_s de las dos superficies en contacto: La del cuerpo y la del plano?. Ver figura 1-3-5.

FIGURA 1-3-5

SOLUCION:- El diagrama vectorial del problema será la figura 1-3-6;

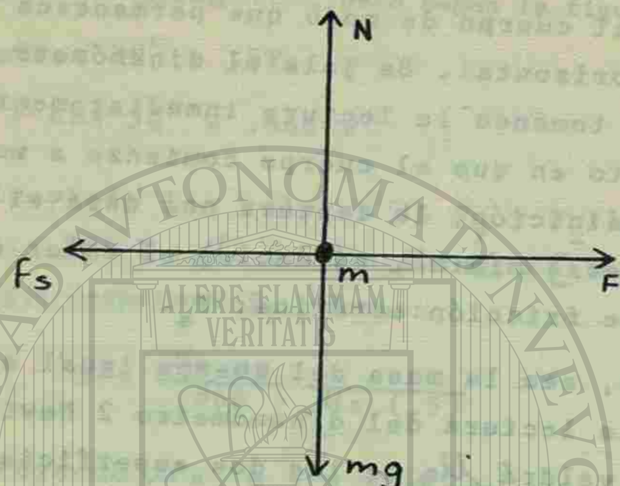


FIGURA 1-3-6

Entonces, por definición: $F = f_s$ ... (1) en valor absoluto, y como: $f_s = \mu_s N = \mu_s mg = \mu_s (500)\,980$

También f_s se calculará pasando al sistema M.K.S.; $f_s = \mu_s (.5)\,9.8 = 4.9\,\mu_s$.

Así es que sustituyendo el valor de f_s en la ecuación (1), tenemos:

$F = 4.9\,\mu_s$. despejando μ_s y sustituyendo el valor de F, tenemos:

$$\mu_s = \frac{2}{4.9} = .408$$

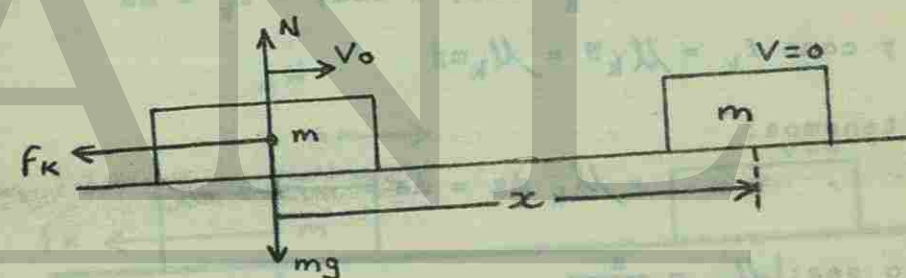
B.- Fricción Cinética en planos horizontales.

1.- Se desea conocer el coeficiente de fricción cinético, entre la superficie de un bloque y la superficie en que se mueve, sobre un plano horizontal.

Si la velocidad inicial del bloque es $2 \frac{M}{seg}$

y se detiene a 1.6 M

SOLUCION:- El dibujo correspondiente del problema es:



La fuerza de fricción cinética: f_k se opone en todo momento al movimiento del bloque de masa m, actuando como los frenos de un automóvil, dando lugar a una desaceleración, hasta que se detiene el bloque. Por lo tanto, haciendo uso de la cinemática:

$2\,aX = V^2 - V_o^2$ y como $V = 0$, entonces:

$$2\,aX = -V_o^2,\quad a = \frac{-V_o^2}{2X} = \frac{-(2)^2}{2\,(1.6)}$$

$a = \frac{-4}{3.2} = -1.25\ \frac{M}{seg^2}$. El signo menos indica desaceleración:

De acuerdo con el dibujo:

$$-f_k = F_R$$

f_k es negativa por apuntar a la izquierda y F_R es la fuerza resultante, que según la segunda Ley de Newton: $F_R = ma$, o sea; $-f_k = ma$

y como $f_k = \mu_k N = \mu_k mg$

tenemos:

$$-\mu_k \cancel{m}g = \cancel{m}a$$

o sea: $\mu_k = \frac{a}{-g}$

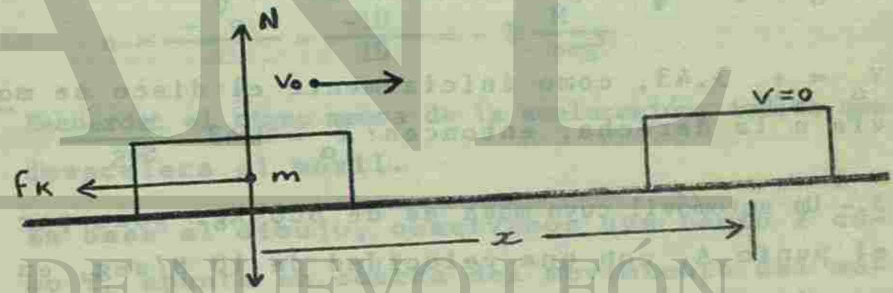
y sustituyendo a y g, por sus valores correspondientes:

$$\mu_k = \frac{-1.25}{-9.8} = .127$$

NOTA:- ¿Qué pasaría si no hubiese fricción?
Ah, pues el bloque seguirá moviéndose con la misma velocidad inicial, de acuerdo con la primera Ley de Newton.

2.- Un disco de Hockey, sale disparado resbalando sobre un plano horizontal y se detiene a 3 metros de su punto de disparo. Si $\mu_k = .20$, calcular la velocidad con la que salió disparado.

SOLUCION:- Haciendo el dibujo del problema:



En base a este dibujo: $-f_k = F_R = ma$ o también, $-\mu_k N = ma$

Y sustituyendo N por mg:

$$-\mu_k \cancel{m}g = \cancel{m}a, \quad a = -\mu_k g$$

$$a = -.20(9.8) = -1.96 \frac{M}{seg^2}$$

Haciendo uso de la ecuación:

$2aX = V^2 - V_o^2$, y como $V = 0$

al detenerse el disco de Hockey:

$$2aX = -V_o^2 : V_o = \pm\sqrt{-2aX}$$

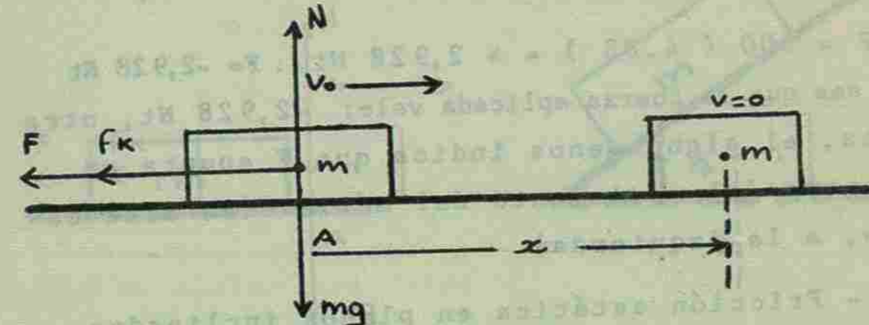
Y sustituyendo:

$$V_o = \pm\sqrt{-2(-1.96)(3) = 11.76}$$

$V_o = \pm\ 3.43$, como inicialmente el disco se movía a la derecha, entonces: $V_o = 3.43 \frac{M}{Seg}$

3.- Un automóvil cuya masa es de 600 Kg. pasa por el punto A, con una velocidad de 10 M/seg, en ese instante se le aplica una fuerza F, horizontal, contraria a su movimiento. Si $\mu_k = 0.6$ y tarda en detenerse 10 seg. ¿Cuánto vale la fuerza F aplicada.

SOLUCION:- Dibujo del Problema:



Si partimos de que: $V = V_o + at$ y como $V = 0$, entonces: $at = -V_o$ o bién,

$$a = \frac{-V_o}{t} = \frac{-10}{10} = -1 \frac{M}{seg^2}$$

Recuerda: el signo menos de la aceleración, indica que desacelera al móvil.

En base al dibujo, observamos que tanto F como f_k apunta en contra del movimiento del móvil, o sea hacia la izquierda.

Entonces: $-(F + f_k) = ma : -F - f_k = ma$

o bién: $-F = ma + f_k = ma + \mu_k N$,

$$-F = ma + \mu_k mg = m(a + \mu_k g)$$

Por lo tanto: $-F = 600\ (-1 + .6 \times 9.8)$,

$-F = 600\ (\ 4.88\ ) = +\ 2{,}928$ Nt.: $F = -2{,}928$ Nt o sea que la fuerza aplicada vale: $-2{,}928$ Nt, otra vez, el signo menos indica que F apunta en contra del movimiento del móvil. (En este caso, a la izquierda)

C.- Fricción estática en planos inclinados.

1.- En el problema A-3 se describió y desarrolló el método del dinamómetro para encontrar μ_s.

Pués bien, ahora veremos el método del plano inclinado para encontrar μ_s.

Sea un bloque de masa m, que descansa sobre el plano inclinable, en su posición horizontal, según la figura 1-3-7.

En la figura 1-3-8, el plano comienza a levantarse lentamente desde uno de sus extremos: por eso se dice plano inclinable.

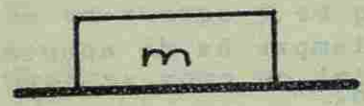


FIGURA 1-3-7

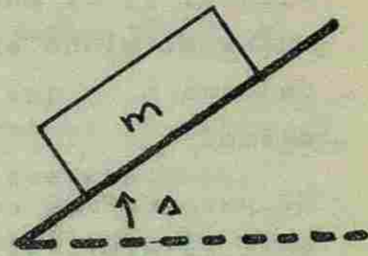


FIGURA 1-3-8

El bloque no se mueve, hasta que se llega a un ángulo especial, llamado ángulo crítico: A_c, en el cual, el bloque baja repentinamente. En este momento se mide dicho ángulo y se hace el siguiente diagrama vectorial, en la figura: 1-3-9.

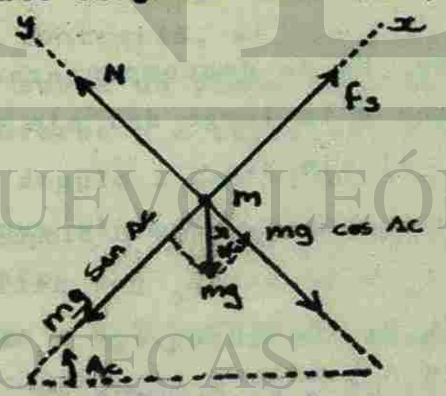


FIGURA 1-3-9

Observa como aparecen en la figura 1-3-9, los ejes x, y, de modo que el eje y, es perpendicular al plano en que se encuentra el bloque de masa m, y que el eje x actúa como el plano mismo.

El peso mg del cuerpo, siempre ha de apuntar verticalmente hacia abajo.

El ángulo A, en general, que indica la inclinación del plano, será también el ángulo formado por el vector: mg y el eje y, inclinado. En este caso, el ángulo A es el ángulo crítico: A_c, como aparece en la figura 1-3-9.

Como N ha de ser siempre perpendicular al plano en que se encuentra el bloque, entonces se ha de encontrar a lo largo del eje y, inclinado.

El peso mg, ha de descompensarse en dos componentes, una a lo largo del eje y, y la otra a lo largo del eje x.

En el preciso momento en que el bloque comienza a deslizarse; $f_s = mg \text{ sen } A_c$ por definición. Y como $f_s = \mu_s N$, entonces: $\mu_s N = mg \text{ sen } A_c$, pero $N = mg \text{ Cos } A_c$, entonces: $\mu_s mg \text{ Cos } A_c = mg \text{ sen } A_c$.

Y despejando μ_s, se obtiene:

$$\mu_s = \frac{\text{sen } A_c}{\text{Cos } A_c} = t_g\ A_c. \text{ por lo tanto; } \mu_s = t_g\ A_c.$$

De esta manera podemos determinar el valor μ_s de un cuerpo y su plano en que descansa.

Observa como no intervino para nada la masa del bloque, en la determinación de μ_s.

NOTA: De lo anterior se puede concluir que, todo cuerpo que descansa sobre un plano inclinado, sin estar sujeto por ningún agente externo, y que no se mueve, es debido a que el ángulo de inclinación A, del plano inclinado, es menor que el ángulo crítico: A_c correspondiente, como lo muestra la figura 1-3-8.

Por el contrario, si con sólo colocar el bloque sobre un plano inclinado, comienza a moverse o a resbalar, quiere decir, que el ángulo A del plano inclinado es mayor que el ángulo crítico A_c, correspondiente.

2.- Un cubo de 1 kg. descansa sin moverse sobre un plano inclinado a 20°. El coeficiente de fricción estática es de 0.45 (a) ¿Qué fuerza mínima y paralela al plano inclinado deberá aplicarse al cubo para comenzar a moverlo con velocidad constante en el sentido de la fuerza?. (b) Si no hubiese fricción, ¿cuánto deberá valer la fuerza para mover al cubo con velocidad constante y si se elimina dicha fuerza que pasaría?.

SOLUCIONES:- Hagamos la siguiente figura 1-3-10 en base a los datos del problema.

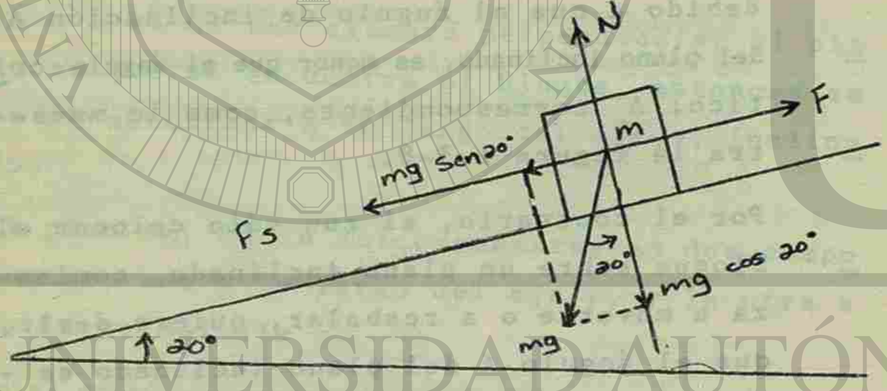


figura 1-3-10

(a) En base a la figura: $F-(mg \text{ sen } 20^o + f_s) = F_R = ma$ pero como el cubo ha de comenzar a moverse con velocidad constante, entonces: a = 0, o sea:

$$F - (mg \text{ sen } 20^o + f_s) = 0$$

$$F = mg \text{ sen } 20^o + f_s$$

y como: $f_s = \mu_s N = \mu_s \, mg \text{ Cos } 20^o$

$$F = mg \text{ sen } 20^o + \mu_s \, mg \text{ Cos } 20^o$$

$$F = mg \, (\text{sen } 20^o + \mu_s \text{ Cos } 20^o)$$

$$F = 1 \text{ X } 9.8 \, (.3420 + .45 \text{ X } .9397)$$

$$F = 9.8 \, (.77) = 7.49 \text{ Nt}$$

(b) Como no hay fricción: $f_s = 0$ y la ecuación de movimiento en base a la fig. 1-3-11, será:

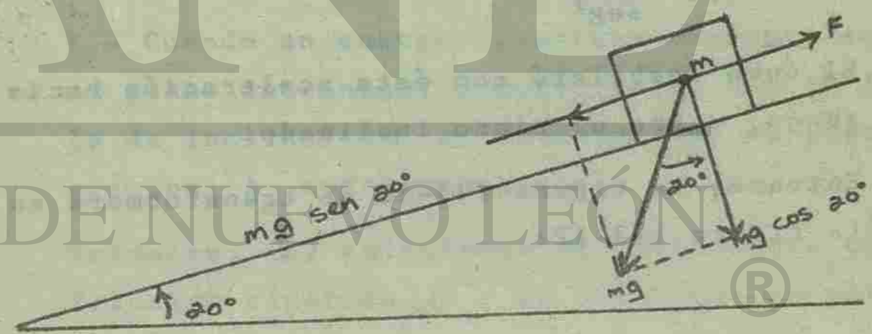


figura 1-3-11

$$F - mg \text{ sen } 20^{o} = F_R = ma$$

pero como a = 0 al mover al cubo con velocidad constante, entonces:

$$F - mg \text{ sen } 20^{o} = 0$$

$$F = mg \text{ sen } 20^{o} = 1 \times 9.8 \times .3420$$

$$F = 3.35 \text{ Nt}$$

Al desaparecer esta fuerza, la ecuación de movimiento será ahora:

$$0 - mg \text{ sen } 20^{o} = F_R = ma$$

o bién: $- \cancel{m}g \text{ sen } 20^{o} = \cancel{m}a$

$$a = - g \text{ sen } 20^{o} = -9.8(.3420)$$

$$a = - 3.35 \frac{M}{seg^2}$$

El cubo resbalará con ésta aceleración hacia abajo, sobre el plano inclinado.

Entonces la figura 1-3-11 se transformará en la figura 1-3-12:

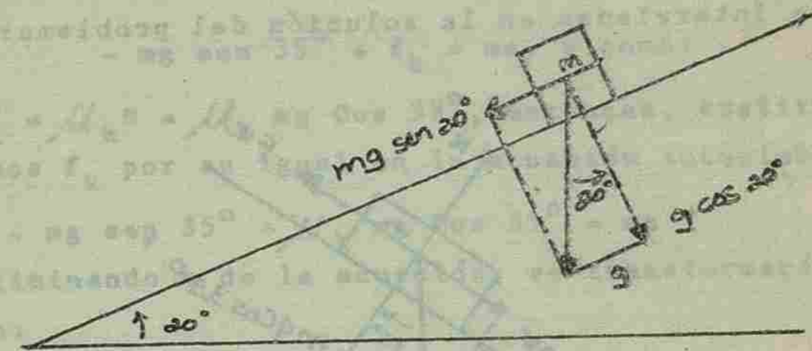


FIGURA 1-3-12

D.- Fricción cinética en planos inclinados.

1.- Cuando un cuerpo resbala libremente sobre un plano inclinado, quiere decir, que su ángulo de inclinación: A, es mayor que el ángulo crítico: A_c correspondiente.

Entonces: (a) calculemos el coeficiente de fricción cinética μ_k, de un bloque de masa: 500 gr, que al soltarse sobre un plano inclinado a 35^{o}, recorre 1 metro en .816 seg, con aceleración constante.

(b) ¿Qué sucedería si no hubiese fricción?

SOLUCIONES:

(a) La figura 1-3-13, muestra los factores que intervienen en la solución del problema:

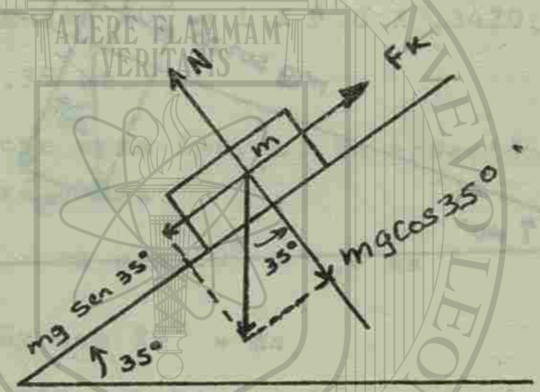


FIGURA 1-3-13

Calcularemos primero el valor de la aceleración con la cual resbala el bloque.

Partiendo de que: $x = V_o t + \frac{1}{2} at^2$

y como $V_o = 0$, pues el bloque se soltó, entonces: $x = \frac{1}{2} at^2$, despejando a y sustituyendo los valores de x y de t, tenemos:

$$a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2(-1)}{.816^2} = -3 \frac{M}{.seg^2}$$

Enseguida, escribiremos la ecuación de movimiento del bloque sobre el plano inclinado, en base a la figura: 1-3-13

$$- mg \text{ sen } 35^o + f_k = ma, \text{ y como:}$$

$f_k = \mu_k N = \mu_k$ mg Cos 35^o, entonces, sustituímos f_k por su igual en la ecuación anterior:

$$- mg \text{ sen } 35^o + \mu_k \text{ mg Cos } 35^o = ma$$

eliminando m de la ecuación, se transformará en:

$$-g \text{ sen } 35^o + \mu_k g \text{ Cos } 35^o = a \quad \text{o bién:}$$

$$\mu_k g \text{ Cos } 35^o = g \text{ sen } 35^o + a$$

despejando μ_k, tenemos:

$$\mu_k = \frac{g \text{ sen } 35^o + a}{g \text{ Cos } 35^o}$$

Sustituyendo las literales por sus valores conocidos, llegamos a:

$$\mu_k = \frac{9.8 \times .5735 + (-3)}{9.8 \times .8191} = \frac{5.62-3}{} = \frac{2.62}{8.027}$$

$$\mu_k = .326$$

De esta manera, hemos calculado el coeficiente de fricción cinética, para la masa m de 500 gr. ,

¿Verdad que no se necesitó usar la masa?

(b) Si no hubiese fricción, $f_k = 0$, y también: $\mu_k = 0$ desapareciendo el vector f_k en la fig.1-3-13 siendo ahora la ecuación de movimiento:

$$-\cancel{m}g \text{ sen } 35^o = F_R = \cancel{m}a$$

$$a = -g \text{ sen } 35^o = -9.8 \times .5735$$

$$a = -5.62 \text{ M/seg}^2$$

2.- Continuaremos con el problema anterior, pero ahora encontraremos:

(a) La fuerza F, necesaria y paralela al plano inclinado, para que la mas m, resbale con velocidad constante, hacia abajo. y,

(b) ¿Qué sucedería, en el caso en que no hubiera fricción y se aplicara la misma fuerza F, del inciso (a)?.

SOLUCIONES:-

(a) La figura 1-3-14, servirá de base para contestar este inciso:

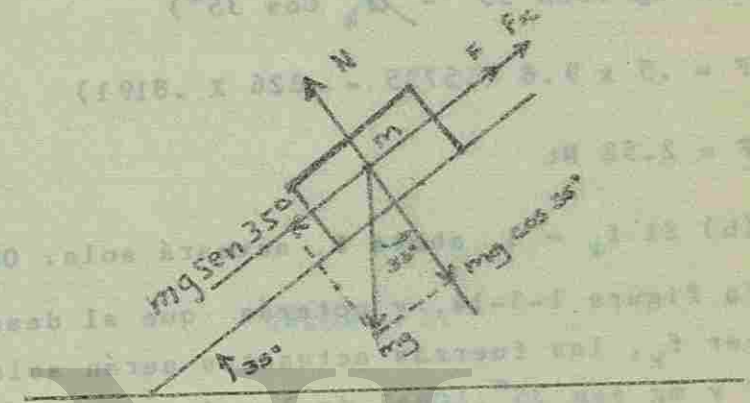


FIGURA 1-3-14

¿Recuerdas que en el problema anterior, la masa m, bajaba aceleradamente, aún en la presencia de f_k?.

Pués bién, para que ahora baje con velocidad constante, será necesario ayudar a f_k, por eso F apunta en el mismo sentido que f_k, según se indica en la fig.1-3-14. Entonces:

$$F + f_k - mg \text{ sen } 35^o = F_R = ma = 0$$

Para que baje el cuerpo con velocidad constante. Despejando F, tenemos:

$F = mg \text{ sen } 35^o - f_k$ y;

$F = mg \text{ sen } 35^o - \mu_k \, mg \text{ Cos } 35^o$

$F = mg (\text{sen } 35^o - \mu_k \text{ Cos } 35^o)$

$F = .5 \times 9.8 (.5735 - .326 \times .8191)$

$F = 2.52$ Nt

(b) Si $f_k = 0$, ahora F, actuará sola. Observa la figura 1-3-14, y notarás que al desaparecer f_k, las fuerzas actuantes serán solamente: F y mg sen 35°.¿Cual de las dos fuerzas ganará provocando una aceleración a su favor o en su sentido?.

$F - mg \text{ sen } 35^o = ma$, despejando a, tenemos:

$a = \frac{F - mg \text{ sen } 35^o}{m}$, o bién:

$$a = \frac{2.52 - .5 \times 9.8 \times .5735}{.5} = \frac{2.52 - 2.81}{.5} = \frac{-.29}{.5}$$

$$a = -.58 \frac{M}{seg^2}$$

¿Qué indica el signo negativo en el resultado? Ah, pues que F, no gana sino mg sen 35° pués el cuerpo resbalará hacia abajo en el sentido de mg sen 35°.

UNIDAD II

TRABAJO, ENERGIA Y POTENCIA

$F = mg \text{ sen } 35^{o} - f_k$ y;

$F = mg \text{ sen } 35^{o} - \mu_k \, mg \text{ Cos } 35^{o}$

$F = mg \text{ (sen } 35^{o} - \mu_k \text{ Cos } 35^{o})$

$F = .5 \times 9.8 \, (.5735 - .326 \text{ X } .8191)$

$F = 2.52 \text{ Nt}$

(b) Si $f_k = 0$, ahora F, actuará sola. Observa la figura 1-3-14, y notarás que al desaparecer f_k, las fuerzas actuantes serán solamente: F y mg sen 35°.¿Cual de las dos fuerzas ganará provocando una aceleración a su favor o en su sentido?.

F - mg sen 35° = ma, despejando a, tenemos:

$a = \frac{F - mg \text{ sen } 35^{o}}{m}$, o bién:

$$a = \frac{2.52 - .5 \times 9.8 \times .5735}{.5} = \frac{2.52 - 2.81}{.5} = \frac{-.29}{.5}$$

$$a = -.58 \ \frac{M}{seg^2}$$

¿Qué indica el signo negativo en el resultado? Ah, pues que F, no gana sino mg sen 35° pués el cuerpo resbalará hacia abajo en el sentido de mg sen 35°.

UNIDAD II

TRABAJO, ENERGIA Y POTENCIA

UNIDAD 2

OBJETIVOS PARTICULARES

TRABAJO, ENERGIA Y POTENCIA

Al término de la unidad, el alumno; aplicará los conceptos y ecuaciones de trabajo, energía y potencia en la solución de problemas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

El alumno:

- Distinguirá los conceptos de trabajo, energía y potencia.
- Diferenciará entre energía cinética y energía potencial.
- Identificará las unidades de energía cinética y energía potencial.
- Utilizará los conceptos básicos sobre trabajo, energía y potencia y las unidades en que se expresan para la resolución de problemas.

UNIDAD II

TRABAJO, ENERGIA Y POTENCIA

2-1 INTRODUCCION.- En la física, se define el trabajo como la energía consumida o gastada al mover un cuerpo en la dirección de la fuerza aplicada.

En base a ésta definición, podemos definir también a la energía diciendo:

Energía es la capacidad para realizar un trabajo.

En cuanto a la potencia, la definiremos como: La rapidez con que se realiza un trabajo, o bien, el trabajo realizado en la unidad de tiempo.

Observa como las tres definiciones anteriores están relacionadas entre sí, de la siguiente manera: para que se realice un trabajo es necesario tener energía, o bien si no tenemos energía no podemos efectuar ningún trabajo.

Ah, pero al realizar un trabajo, debemos efectuarlo con eficiencia, es decir, lo más pronto o rápido posible, entonces diremos que tenemos mucha potencia.

En la solución de los problemas de ésta unidad, encontraremos un gran alivio: Que la energía, el trabajo y la potencia, son cantidades físicas escalares. Esto quiere decir que bastará conocer sus magnitudes y unidades para llevar a cabo las operaciones de suma o resta, sin necesidad de usar los métodos gráficos o los métodos analíticos, necesarios para la suma o resta de vectores.

2-2 TRABAJO MECANICO: Ahora expresaremos el trabajo mecánico mediante la siguiente ecuación: 2-2-1.

$$T = F \cdot d \cos A \quad \ldots\ldots \quad 2\text{-}2\text{-}1$$

Siendo: T = Trabajo mecánico.

F = Fuerza aplicada a un cuerpo dado.

d = desplazamiento del cuerpo.

A = Angulo formado por F y d.

Al mover un cuerpo, es necesario aplicar una fuerza, pero no siempre dicha fuerza realiza el trabajo mecánico, pues para que ésto se cumpla, es necesario que el cuerpo se mueva en la dirección de dicha fuerza, aunque no en el mismo sentido. Aclaramos lo anterior con

las dos siguientes figuras:

FIGURA 2-2-1

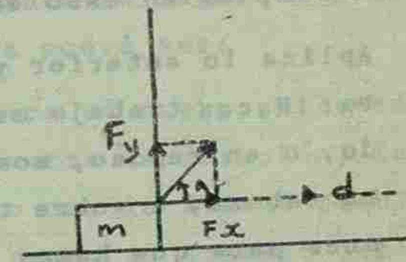


FIGURA 2-2-2

En la figura 2-2-1, F sí hace trabajo, pues hace que el cuerpo de masa m, se mueva en su misma dirección horizontal. En este caso, tanto F como d, forman un ángulo: $A = 0^o$, y como el $\cos 0^o = 1$, entonces la ecuación 2-2-1 se transforma en la ecuación: 2-2-2;

$$T = F \cdot d \quad \ldots\ldots \quad 2\text{-}2\text{-}2$$

En la figura 2-2-2, ni F ni F_y, realizan un trabajo, pues el cuerpo se está moviendo horizontalmente.

Entonces, la que sí realiza trabajo, es su componente F_x, pero $F_x = F \cos A$, según se deduce de la fig. 2-2-2. Por eso, la ecuación 2-2-1, es una ecuación general, para calcular el trabajo mecánico hecho por una fuerza sobre un cuerpo dado, mientras que la ecuación 2-2-2, es un caso especial.

Aplica lo anterior y responde a ésta pregunta: ¿Haces trabajo mecánico cuando estas parado, o en reposo, sosteniendo un cuerpo sobre tu cabeza, o sobre tus manos?. Claro que no, pues para que hagas trabajo, es necesario que muevas al cuerpo, según lo establece la definición del trabajo, o según lo indica su ecuación general: 2-2-1.

En base a la ecuación: 2-2-1, el trabajo mecánico puede ser positivo o negativo, dependiendo del ángulo A que formen la fuerza F y el desplazamiento d. Si $A = 0^{\circ}$, el trabajo es positivo y si $A = 180^{\circ}$, el trabajo será negativo.

¿Si $A = 90^{\circ}$, la fuerza F hará trabajo? No, pues $\cos 90^{\circ} = 0$.

En esta unidad trataremos solamente sobre el trabajo mecánico hecho por una fuerza constante en magnitud y dirección. Pués como la fuer

za es un vector, podrá cambiar no solamente de magnitud sino también de dirección. Esto se dejará para estudios más avanzados. La ecuación general, 2-2-1, es precisamente, para el caso en que F es constante en magnitud y en dirección. Dicha fuerza podrá ser:

Una fuerza que obre sobre el cuerpo, llamada fuerza aplicada, una fuerza de fricción, la fuerza de la gravedad o por la fuerza resultante. En este último caso, el trabajo deberá ser igual a la suma escalar de los trabajos hechos por todas las fuerzas participantes en el movimiento del cuerpo en cuestión.

2-3 UNIDADES DE TRABAJO MECANICO:

Si examinamos la ecuación 2-2-1, notaremos que F y d, son vectores, cuya multiplicación vectorial: F x d, da como resultado un escalar, que es el trabajo mecánico.

Ahora, daremos a conocer las unidades del trabajo mecánico a partir del producto de las unidades de F y d, en los sistemas M.K.S. e inglés.

Bien, comenzemos con el sistema M.K.S.

T = Fd = (Nt) (M) = Nt - M = joules o julios de modo que: Un joule o julio, es la unidad de trabajo mecánico en el sistema M.K.S., y se define como; el trabajo realizado por una fuerza de un Newton, al mover a un cuerpo, una distancia de un metro, en la dirección de dicha fuerza.

En el sistema C.G.S., $T = Fd = (\text{dina})\ (\text{cm}) = \text{ergios}$, de modo que un ergio es la unidad del trabajo mecánico en el sistema C.G.S. y se define como: el trabajo realizado por una fuerza de una dina, al mover a un cuerpo, una distancia de un centímetro en la dirección de dicha fuerza.

En el sistema inglés, $T = Fd = (Lb_f)\ (\text{pié}) = Lb_f\text{-pié}$. En este sistema, la unidad de trabajo no tiene un nombre específico, como en el M.K.S. y en el C.G.S.

Entonces diremos que Una libre-fuerza-pié es la unidad del trabajo mecánico en el sistema inglés y se define como: El trabajo realizado por una fuerza de una libra fuerza, al mover a un cuerpo, una distancia de un pié, en la dirección de dicha fuerza.

A continuación se escriben las equivalencias de las unidades del trabajo mecánico:

$$1 \text{ joule} = 10^7 \text{ ergs} = .7376 \ Lb_f - \text{pié}.$$

Para mejor comodidad, usaremos las siguientes abreviaciones:

joule o julio = j

ergio = erg.

Libra-fuerza-pié = Lb_f-pié

2-4 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS:

1.- Un carro de 60 Lb_m se mueve horizontalmente bajo la acción de una fuerza neta de 50 Lbf una distancia de 100 pies. Calcular: (a) Su aceleración y (b) el trabajo realizado por dicha fuerza, expresado en julios.

SOLUCION:- Hagamos el dibujo del problema:

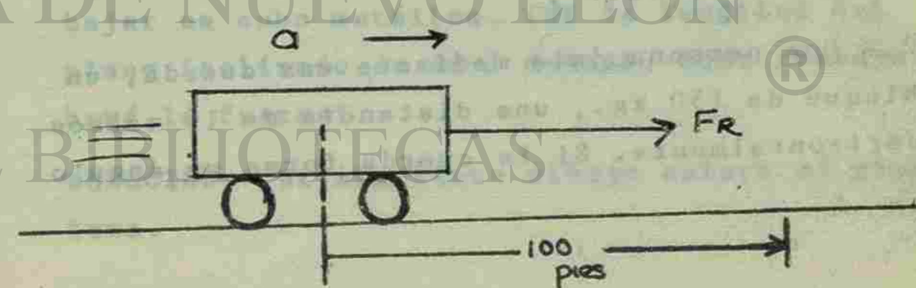


FIG. 2-4-1

(a) Usemos la ecuación de la segunda Ley de Newton: $a = F_{R/m}$, como la masa está expresada en libras deberán transformarse a Slugs:

$$m = \frac{60\ \cancel{Lb}m}{32 \frac{\cancel{Lb}m}{Slug}} = 1.875\ Slug$$

Entonces:

$$a = \frac{F_R}{m} = \frac{50}{1.875} = 26.66\ \frac{pies}{seg^2}$$

(b) Como: $T = F \cdot d \cos A$, y la fuerza forma un ángulo de 0^o con el desplazamiento, tenemos que: $\cos 0^o = 1$, por lo tanto:

$$T = F\ d = 50 \times 100 = 5000\ Lb_f\text{-pié}$$

y como: $1\ Joule = .7376\ Lb_f\text{-pié}$

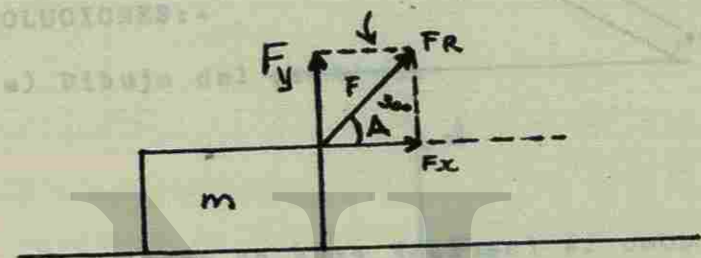
$$\text{entonces: } \frac{5000\ Lb_f\text{-pié}}{.7376\ \frac{Lb_f\text{-pié}}{Joule}} = 6778.7$$

o sea: $T = 6778.7$ j

2.- Una persona jala mediante una cuerda, un bloque de 150 kg., una distancia de 10 metros horizontalmente. Si la cuerda forma un ángulo

de 30^o con la horizontal y la fuerza neta aplicada es de 750 Newtons, determinar el trabajo realizado por la persona.

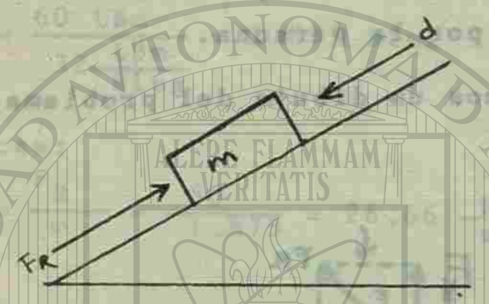
SOLUCION: Hagamos un dibujo del problema:



Como: $T = Fd \cos A$ y en base al dibujo, tendremos: $T=750\ (10) \cos 30^o$, $T=7500 \times .866= 6495$ j

3.- Una fuerza neta de 1000 Newtons, se aplica paralelamente a un plano inclinado, para bajar un cubo metálico. ¿Si la longitud del plano inclinado es de 3 metros, ¿que trabajo hará la fuerza?

SOLUCION:- El siguiente dibujo aclara el problema.



Observa como la fuerza F_R está en contra del desplazamiento d del cubo metálico. Pues mientras el cubo baja, la fuerza por decirlo así, trata de detenerlo, entonces el ángulo formado por F_R y d, es de 180^o, o sea A = 180^o, y sustituyendo los valores conocidos en la ecuación: 2-2-1; T = F . d Cos A,

$T = 1000 \times 3 \times \text{Cos } 180^o = 3000 \ (-1)$

$T = -3000$ j

Aquí tenemos un ejemplo de un trabajo negativo.

4.- Un block de 30 Kg se levanta 5 M verticalmente, aplicándole Una fuerza neta de 6 Newtons.

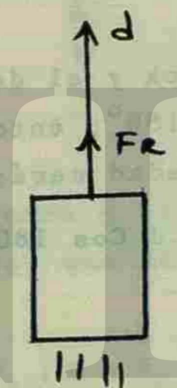
(a) ¿Qué trabajo hizo la fuerza neta?

(b) ¿Qué trabajo hizo la gravedad?

(c) ¿Qué trabajo hizo la fuerza aplicada al block?

SOLUCIONES:-

(a) Dibujo del problema



Como: $T_R = F_R \cdot d \text{ Cos}A$, y A = 0^o

Entonces:

$T_R = 6 \times 5 \text{ Cos } 0^o = 30 \times 1 = 30$ j

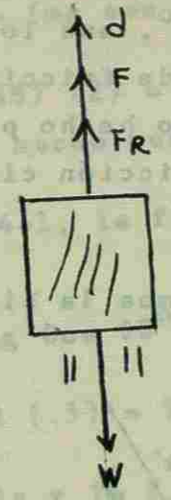
(b) para este inciso, el dibujo será:

El peso W del bolck y el desplazamiento d forman un ángulo de 180°, entonces el trabajo hecho por la gravedad será:

$T_g = W\ d\ \text{Cos}A = mg\ d\ \text{Cos}\ 180^\circ = 30 \text{ X } 9.8 \text{ X } 5(-1)$

$T_g = -\ 1470$ j

(c) Para este inciso el dibujo será :



Primero procederemos a calcular la fuerza F aplicada al block, que de acuerdo al dibujo tendremos:

$F - W = F_R, \quad F = F_R + W = F_R + mg$

$F = 6 + 30 \text{ X } 9.8 = 6 + 294 = 300$ Nt

Ahora, como F y d forman un ángulo de 0°, tendremos:

$T_F = F\ d\ \text{Cos}A = 300 \text{ X } 5 \text{ Cos } 0^\circ$

$T_F = 1500 \text{ X } 1 = 1500$ j

5.- Un cuerpo de masa 10 kg., resbala por un plano inclinado 60°, una longitud de 2 metros. Si el coeficiente de fricción cinético es 0.2, calcular el trabajo hecho por: a) Gravedad, b) La fuerza de fricción cinética y c) La fuerza resultante.

SOLUCION:- a) Hagamos la siguiente figura: 2-4-1

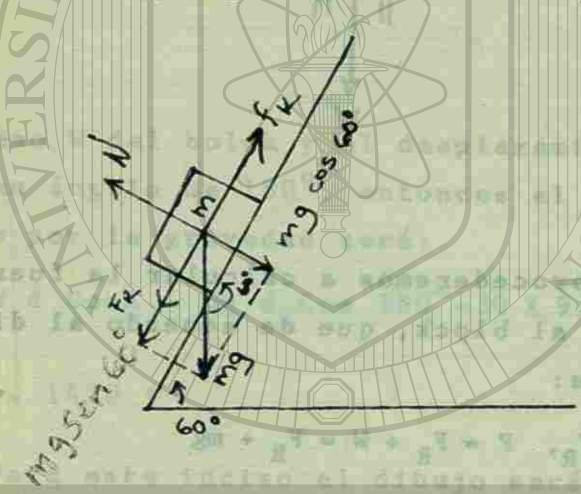


FIGURA 2-4-1

En la figura, mg sen 60°, representa la fuerza que ejerce la gravedad sobre el cuerpo, entonces:

T = F d Cos 0° = (mg sen 60°) (2) (1)=

T = (10 x 9.8 x .866) (2) = 169.6 julios

Este es el trabajo hecho por la gravedad.

b) Según figura 2-4-1, la fuerza de fricción cinética será:

$f_k = \mu_k N = \mu_k mg \text{ Cos } 60°$

$f_k = .2\ (10)\ 9.8\ (.5) = 9.8$ Nt

Como el cuerpo baja y la f_k apunta en contra deld esplazamiento, entonces:

A = 180°. o sea Cos 180° = - 1 y sustituyendo en la ecuación 2-2-1; T = F d Cos A = f_k d. Cos 180°.

T = - f_k d, T = - 9.8(2) = - 19.6 julios

El trabajo hecho por f_k es negativo.

NOTA: La energía gastada al efectuar un trabajo por las fuerzas de fricción, se transforma en energía calorífica. ¿Qué sientes cuando te frotas las manos entre sí? ¿Calor, verdad?

c) para calcular el trabajo hecho por la fuerza resultante, es necesario, en primer lugar, calcular dicha fuerza.

Entonces, en base al dibujo o figura 2-4-1, tenemos:

$$f_k - mg \text{ Sen } 60^o = F_R$$

$$-mg \text{ sen } 60^o + \mu_k N = F_R$$

$$-mg \text{ sen } 60^o + \mu_k mg \text{ Cos } 60^o = F_R$$

$$mg\ (-\text{sen } 60^o + \mu_k \text{ Cos } 60^o) = F_R$$

$$10 \times 9.8\ (-.866 + .2 \times .5) = F_R$$

$$98(-.866 + .10) = F_R$$

$98(-.766) = F_R$; F_R -75 Nt (El signo negativo indica que F_R apuntará hacia abajo).

Así es que: $T = F_R$ d Cos A.

En este caso, como F_R apunta en el mismo sentido que el desplazamiento del cuerpo, entonces:

$A = 0^o$, así es que:

$T = F_R$ d Cos $0^o = F_R$ d = 75 x 2 = 150 joules

Entonces, 150 julios es el trabajo hecho por F_R.

2-5 POTENCIA MECANICA: En la introducción de ésta unidad, ya se expresó la definición de: Potencia, ahora se presentará la ecuación correspondiente:

$$P = \frac{T}{t} \quad .... \ 2\text{-}5\text{-}1$$

Siendo: P, la potencia y T el trabajo mecánico hecho en el tiempo t.

Las unidades de la potencia mecánica se pueden deducir a partir de su ecuación, sustituyendo las unidades tanto del trabajo como del tiempo.

En el sistema M.K.S., las unidades de P, son: $\frac{\text{joules}}{\text{seg.}}$ o $\frac{\text{julios}}{\text{seg.}}$ de modo que 1 $\frac{\text{julio}}{\text{seg.}}$ = 1 Watt.

Es muy común el kilowatt, como unidad de potencia, de modo que:

$$1 \text{ Kilowatt} = 1000 \text{ Watts} = \frac{1000 \text{ julios}}{\text{seg.}}$$

En el sistema C.G.S., las unidades de P, son: $\frac{\text{ergs}}{\text{seg.}}$, siendo poco usuales.

En el sistema inglés, la unidad de potencia es: $\frac{Lb_f - pié}{seg.}$ y los caballos de potencia.

De modo que: $1\ HP = 550\ Lb_f - \frac{pié}{seg.} = 746\ Watts.$

Siendo HP, la abreviación del caballo potencia.

Otra unidad de potencia es el caballo vapor: CV, siendo CV = 735 Watts.

A partir de la ecuación 2-5-1, se puede inferir otra ecuación, sustituyendo T por: Fd, resultando;

$$P = \frac{F\ d}{t} = F\ \frac{d}{t} = F\ v.$$

o sea: $P = Fv$ 2-5-2

Siendo F una fuerza constante en magnitud, dirección y sentido, mientras que la velocidad v, puede ser: Constante, media o instantánea. Las unidades de P, para ésta ecuación, serán las mismas que ya se expresaron y podrá ser también constante, media, instantánea, como la velocidad v.

NOTA: Una unidad muy común de la energía gastada en realizar un trabajo es el Kilowatt-hora que equivale a $3600 \times 10^3 = 3.6 \times 10^6$ $\frac{julios}{seg.}$.

El Kilowatt-hora, se define como: El trabajo hecho por una máquina cuya potencia es un Kilowatt, durante una hora.

A partir de la ecuación 2-5-1, se despeja T y sustituyendo P por Kilowatt y t por una hora, se tiene:

$$T = Pt = 1\ \text{Kilowatt-hora}$$

2-6 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS:

1.- Cuerpo de 100 Nt se levanta verticalmente en 0.5 seg a una altura de 50 cms., con velocidad constante.

¿Qué potencia se desarrolló?

SOLUCION:- Como el cuerpo se levantó con velocidad constante, quiere decir que la fuerza F será igual a su peso.

Entonces: $P = \frac{T}{t} = \frac{F.d}{t} = \frac{peso \times d}{t} = \frac{100 \times .5}{.5}$

$$P = 100\ \frac{julios}{seg.} = 100\ Watts$$

2.- Si un automóvil de 1470 Kg_f de peso es capaz de acelerarse pasando de su estado de reposo a una velocidad de 12 M/seg., en un tiempo de 20 seg. ¿Qué potencia en CV, es capaz de desarrollar?.

SOLUCION:-Partiendo de que $P = \frac{T}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{mad}{t}$ ..(1)

y como: $2aX = V^2 - V_o^2$, siendo $V_o = 0$ entonces:

$2ax = V^2$ y si $x = d$, tenemos: $2ad = V^2$, $a = \frac{V^2}{2d}$

y sustituyendo en la ecuación (1); $P = \frac{m \frac{V^2}{2d} d}{t} = \frac{m V^2}{2t}$

y como: $m = \frac{peso}{g} = \frac{1470 \times 9.8}{9.8} = 1470$ Kg.

por lo tanto: $P = \frac{1470\ (12)^2}{2\ (20)} = 5{,}292$ Watts

pero como: 1 CV = 735 Watts

entonces: $P = \frac{5292}{735} = 7.2$ CV.

3.-¿Cuánto cuesta mantener encendida durante un día, una lámpara de 60 Watts, si el precio de la electricidad es de \$ 3/Kw-h?

SOLUCION.- La energía consumida por la lámpara la expresaremos en Kw-h, por lo tanto:

60 Watts = 0.060 Kwatts

En una hora, dicha lámpara habrá consumido: 0.060 Kw-h de energía eléctrica. Entonces, durante las 24 hrs. del día; .060 x 24= 1.44 Kw-h.

Finalmente: $\frac{costo}{día} = 1.44\ (3) = \$\ 4.32$

4.- Un camión de 20 toneladas de peso, invierte 30 min. en subir a la cima de una montaña de 500 m, de altura. Si se ignora el rozamiento y se supone que la velocidad es la misma al pié de la montaña que en la cima. ¿Qué potencia media en CV, desarrolla el motor?.

(1 ton. de peso = 1000 Kgf).

SOLUCION:- Partiendo de la ecuación:

$P = F\ v = 20 \times 1000 \times 9.8\ \frac{500}{30 \times 60}$

$P = 54{,}440$ Watts o bién $P = \frac{54{,}440}{735} = 74$ CV

Note que: $20 \times 1000 \times 9.8 = F$ en Nt.

y $\frac{500}{30 \times 60} = v$ en $\frac{M}{seg}$

5.- Sobre un cuerpo de 15 Kg, que inicialmente estaba en reposo, actúa una fuerza neta de 5 Nt. calcular (a) el trabajo efectuado por la fuerza en el primero, segundo y tercer segundos y (b) la potencia instantánea ejercida por la fuerza al acabar el tercer segundo.

SOLUCION:- (a) Para calcular los trabajos en cada uno de los tiempos indicados, será necesario calcular, las respectivas distancias recorridas.

Pero primero calcularemos la aceleración:

$a = \frac{F_R}{m} = \frac{5}{15} = .333 \frac{M}{seg^2}$ y de la ecuación:

$x = \frac{1}{2} Vot + \frac{1}{2} at^2$, siendo $V_o = 0$, tenemos:

$x_1 = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} (.333) (1)^2 = .166$ M

$x_2 = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} (.333) (2)^2 = .666$ M

$x_3 = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} (.333)(3)^2 = 1.498$ M

Entonces: $T = Fd$ y haciendo $d = x$

$T_1 = Fx_1 = 5 (.166) = .83$ julios

$T_2 = Fx_2 = 5 (.666) = 3.33$ julios

$T_3 = Fx_3 = 5 (1.498) = 7.49$ julios

(b) Para calcular la potencia instantánea en el tercer segundo, será necesario calcular la velocidad instantánea en dicho tiempo, por lo tanto:

$V = V_o + at$ y como $V_o = 0$, entonces:

$V = at = .333 \times 3 = .999$ m/seg. y usando la ecuacion:

$P = Fv$, al sustituir F y v por sus valores respectivos:

$$P = 5 \times .999 = 4.995 \text{ Watts.}$$

2-7 ENERGIA CINETICA Y ENERGIA POTENCIAL: Todo cuerpo en movimiento posee energía mecánica debido a su velocidad: Ya sea lineal o angular, llamándose a esta energía; Energía Cinética.

La energía cinética la podemos definir como: La energía que posee un cuerpo debido a su movimiento o también se puede definir como: El trabajo que puede realizar un cuerpo debido a su movimiento.

La expresión matemática de la energía cinética es:

$$K = \frac{1}{2} mV^2 \quad \ldots\ldots 2\text{-}7\text{-}1$$

en la cual: K, es la energía cinética, m, es la masa del cuerpo y V, su velocidad lineal.

Las unidades de K, son las mismas que las del trabajo mecánico, en sus respectivos sistemas de unidades.

En cuanto a la energía potencial, podemos definirla como: La energía acumulada en un cuerpo o en un sistema dado.

Para que quede clara la definición dada para la energía potencial vamos a presentar, dos tipos de energía potencial: La energía potencial gravitacional (U_g) y la energía potencial elástica de un resorte (U_R).

Para U_g, su expresión matemática es: $U_g = mgh$ ..... 2-7-1.

Siendo m la masa del cuerpo que se encuentra a una altura h medida desde un nivel de referencia terrestre determinado y g, es la gravedad.

Entonces, podemos definir en particular, a la energía potencial gravitacional de un cuerpo, como la energía acumulada por el cuerpo debido

a su posición con respecto a un nivel de referencia terrestre. En cuanto a la energía potencial elástica U_R de un resorte, la podemos definir como: La energía acumulada por el resorte debido a su deformación.

La expresión matemática de U_R es:

$$U_R = \frac{1}{2} k x^2 \quad \ldots\ldots\ldots 2\text{-}7\text{-}3$$

Siendo: k la constante de fuerza del resorte y, x la deformación lineal del resorte.

La unidades de energía potencial en general, son las mismas de la energía cinética y del trabajo mecánico en sus respectivos sistemas de unidades.

2-8 <u>TRANSFORMACIONES DE LA ENERGIA CINETICA Y POTENCIAL</u>: Las dos formas de energía potencial al igual que la energía cinética, pueden emplearse para realizar un trabajo mecánico y a la vez transformarse mutuamente entre sí, es decir: La energía potencial gravitacional de un cuerpo, se transformará en la energía cinética del mismo durante su caída y a su vez, transformarse en la energía potencial elástica de un resorte, al caer sobre él y deformarlo.

En éste proceso, vemos como la energía mecánica (potencial o cinética) se transforma de una forma a otra.

Las siguientes figuras aclararán dicho proceso.

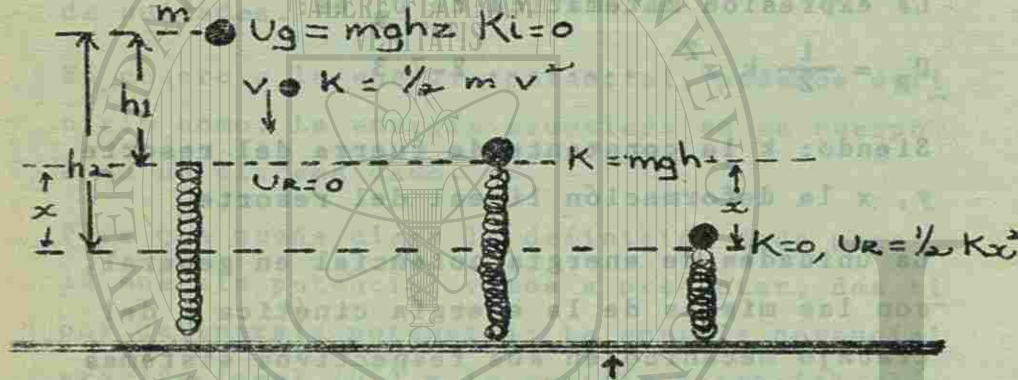


FIGURA 2-8-1 FIGURA 2-8-2 FIGURA 2-8-3

En la figura 2-8-1, la bola de masa m, está a una altura h_1 con respecto al resorte sin deformar, pero a una altura h_2 con respecto al resorte deformado fig. 2-8-3. En esta posición la bola está en reposo y su energía cinética K, vale cero, pero su energía potencial gravitacional U_g total, es: mgh_2.

Al soltar la bola, la U_g se va transformando en la energía cinética de la bola en caída, como se ve, en un instante determinado: $K = \frac{1}{2} mV^2$.

(Entre las figuras 2-8-1 y 2-8-2).

En la figura 2-8-2, la bola hace contacto con el resorte sin formar, en este momento la energía cinética de la bola es equivalente a mgh_1 porque la U_g correspondiente a la bola, a la altura h_1 se ha transformado en la energía cinética de la misma.

La $U_R = 0$ en ésta figura 2-8-2, como en la 2-8-1.

En la figura 2-8-3, la bola se ha detenido en su descenso sobre el resorte, de modo que su energía cinética K, se ha transformado en una parte de la energía potencial elástica total de la deformación del resorte.

Se dijo que una parte de la U_R total del resorte, porque la otra parte se debe a la pérdida de la U_g de la bola, al continuar bajando la altura x $(h_2 - h_1)$ que corresponde a la deformación total del resorte. Figuras 2-8-3 y 2-8-1.

Matemáticamente, el proceso anterior se puede expresar así:

Al caer la bola desde la altura h_1 hasta tocar al resorte: (Fig. 2-8-2)

$$mgh_1 = \frac{1}{2} mV^2 \quad \ldots\ldots \; 2\text{-}8\text{-}1$$

Al quedar la bola en reposo sobre el resorte (Fig. 2-8-3)

$$mg(h_2 - h_1) + \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} k x^2 \quad \ldots 2\text{-}8\text{-}2$$

Sumando algebraícamente las dos ecuaciones anteriores se obtendrá:

$$mgh_2 = \frac{1}{2} k x^2 \quad \ldots\ldots \; 2\text{-}8\text{-}3$$

OBSERVACIONES:

1o.- La ecuación 2-8-1, nos muestra la transformación de la energía potencial gravitacional de la bola, a energía cinética de la misma, en el instante de tocar el resorte, sin deformar.

2o.- La ecuación 2-8-2, nos indica como la energía cinética más la energía potencial gravitacional restante de la bola, se transforma en energía potencial de deformación del resorte. Y

3o.- La ecuación 2-8-3, indica como la energía potencial gravitacional total de la bola, se ha transformado en la energía potencial de deformación elástica del resorte.

Todo lo anterior, no es más que una forma de expresar la conservación de la energía mecánica, en ausencia de fuerzas disipativas, como son las fuerzas de fricción.

A las fuerzas disipativas también se les llama fuerzas no conservativas.

La fuerza del resorte y la fuerza gravitacional pertenecen a las fuerzas conservativas.

2-9 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS:

1.- Un automóvil de 3000 Nt, avanza con una velocidad constante de: 90 Km/h, encontrar su energía cinética.

SOLUCION:- Como $K = \frac{1}{2} mV^2$ y $m = \frac{peso}{g} = \frac{3000}{9.8} = 306.1$ Kg.

$$V = 90 \frac{Km}{h} = 24.93 \text{ M/seg.}$$

$$\text{Entonces: } K = \frac{1}{2} (306.1)\ (24.93)^2$$

$$K = 95{,}121.3 \text{ julios.}$$

2.- Una pelota de 250 grs. posee una energía cinética de 3.125×10^9 ergs. Calcular su velocidad.

SOLUCION:- Partiendo de que: $K = \frac{1}{2} mV^2$ y despejando la velocidad V;

$$mV^2 = 2K, \quad V^2 = \frac{2K}{m}, \quad V = \pm\sqrt{\frac{2K}{m}}$$

y sustituyendo tenemos:

$$V = \pm\sqrt{\frac{2 \times 3.125 \times 10^9}{250}} = 25.0 \times 10^6$$

$$V = \pm 5.0 \times 10^3 \ \frac{cm}{seg}$$

$$V = \pm 50.0 \ \frac{M}{seg}$$

Como la velocidad es un vector y no se nos dice que sentido lleva la pelota, el resultado se quedará con sus dos signos.

3.- Calcular la energía potencial gravitacional de un bloque de 6 libras-masa al elevarlo a una altura de 2 piés.

SOLUCION:-

6 Lb_m equivalen a 6 Lb_f y representan al peso mg del bloque, y la energía potencial gravitacional está dada por: $U_g = mgh$, tendremos:

$U_g = mgh = 6 \times 2 = 12 \ Lb_f$-pie

4.- Una bola de fierro se levantó a una altura de 10 M, acumulando una energía potencial gravitacional de 50 julios. Calcular su masa.

SOLUCION:- Partiendo de que: $U_g = mgh$, y despejando m tenemos:

$$m = \frac{U_g}{gh} = \frac{50}{9.8 \times 10} = 0.51 \text{ kg.}$$

o también: m = 510 grs.

5.- La constante de fuerza o constante elástica de un resorte determinado es: 2 Nt/M. Encuentra la energía potencial elástica de deformación del resorte, al ser comprimido 10 cm.

SOLUCION:-Como $U_R = \frac{1}{2} k X^2$, y sustituyendo los valores conocidos, $U_R = \frac{1}{2} (2) (.10)^2 = 0.01$ julios.

6.- Al estirar un resorte se gastó una energía de 500 ergios. Calcular la constante de fuerza del resorte si su alargamiento fué de 3 cm.

SOLUCION:- Como $U_R = \frac{1}{2} k x^2$

despejamos k y sustituímos:

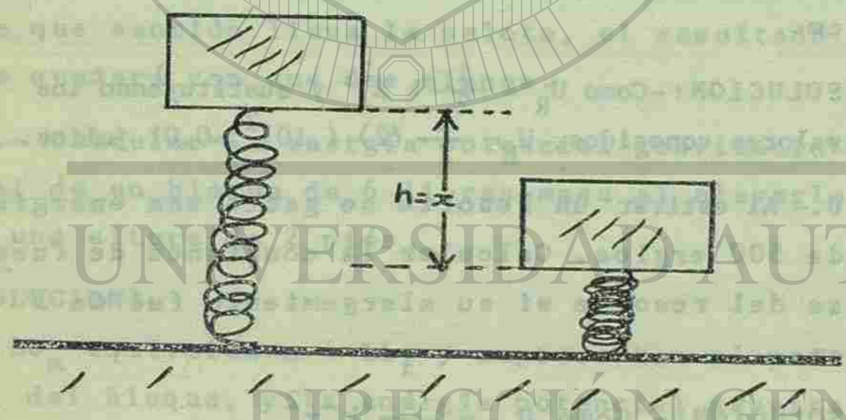
$$k\,x^2 = 2\,U_R, \quad k = \frac{2\,U_R}{x^2}$$

$$k = \frac{2 \times 500}{(3)^2} = \frac{1000}{9} = 111.11$$

$$k = 111.11\ \frac{\text{dinas}}{\text{cm}}$$

7.- Una caja metálica de 10 kg. se coloca sobre un resorte vertical cuya constante de fuerza es de 5000 $\frac{Nt}{M}$. Encontrar que tanto se comprime el resorte.

SOLUCION:- Hagamos un dibujo:



Al comprimir la caja al resorte, pierde energía potencial gravitacional: mgh, la cual se transforma en energía potencial elástica del resorte: $\frac{1}{2}\,k\,x^2$:

$$mgh = \frac{1}{2}\,k\,x^2;$$

y como h = X, entonces:

$$mgx = \frac{1}{2}\,k\,x^2$$

Simplificando esta igualdad, resulta:

$$mg = \frac{1}{2}\,k\,x$$

despejando X, tenemos:

$$X = \frac{2\,mg}{k} = \frac{2 \times 10 \times 9.8}{5000}$$

$$X = .0392\ M = 3.92\ Cm.$$

esto será lo que se comprimirá el resorte.

8.- Una pelota de 250 grs. se deja caer desde 15 M de altura.

Calcular: (a) Su energía Cinética al pegar en el suelo (b) Su velocidad al pegar en el suelo.

SOLUCIONES:- (a) Antes de soltar la pelota, su energía potencial gravitacional está dada por:

$$U_g = mgh = .250 \times 9.8 \times 15 = 36.75 \text{ j}$$

Esta energía ha de transformarse en energía Cinética al pegar en el suelo, por lo tanto:

$$K = U_g = 36.75 \text{ j}$$

(b) Como: $K = \frac{1}{2} mV^2$, $V = \pm \sqrt{\frac{2K}{m}}$

$$V = \pm \sqrt{\frac{2 \times 36.75}{.25}} = 294 = 17.14 \frac{M}{seg}$$

Como la pelota cae, entonces la velocidad tendrá signo negativo, o sea:

$$V = -17.14 \text{ M/seg.}$$

9.- Un hombre de 80 Kf. salta desde una ventana hasta una red de bomberos que está situada a 15 metros por debajo de aquella. La red se estira 2 metros antes de detenerlo y lanzarlo de nuevo hacia arriba en el aire. ¿Cuál es la energía potencial de la red?

SOLUCION:- Como toda la energía potencial gravitacional del hombre a 15 metros de altura, sumada a la energía potencial gravitacional al bajar más por la deformación de la

red, ha de transformarse en la energía potencial de deformación de la red, tenemos:

U red $= U_g$ total del hombre $= 80 \times 9.8 \times 15 + 80 \times 9.8 \times 2$

U red $= 13,328$ joules.

10.- Una masa de 5 kg. se encuentra a 10 M sobre la parte superior de un resorte vertical cuya constante elástica es de 1000 Nt/M, calcular la deformación del resorte al dejar caer la masa sobre él.

SOLUCION:- Este problema se resolverá haciendo uso de la conservación de la energía mecánica, y aplicando directamente la ecuación, 2-8-3;

$$mgh_2 = \frac{1}{2} kx^2$$

SUGERENCIA: Repasa y estudia las figuras 2-8-1, 2-8-2 y 2-8-3, así como el razonamiento seguido para obtener la ecuación 2-8-3, que vamos a usar.

En base a las figuras mencionadas, $h_2 = h_1 + x$ y sustituyendo h_2 por ésta igualdad en la ecuación 2-8-3, tenemos:

$$mg\ (h_1 + X) = \frac{1}{2}\ kx^2$$

$$mg\ h_1 + mgx = \frac{1}{2}\ kx^2$$

$$\frac{1}{2}\ kx^2 - mgx - mgh_1 = 0$$

$$k\ X^2 - 2\ mgx - 2\ mgh_1 = 0$$

Y sustituyendo los valores conocidos:

$$1000\ x^2 - 2\ (5)\ 9.8\ x - 2\ (5)\ 9.8\ (10) = 0$$

$$1000\ x^2 - 98x - 980 = 0$$

Resolviendo ésta cuadrática, obtenemos que $x = 36.5$ Cm que representa lo que se comprime el resorte al quedar en reposo la masa sobre él.

UNIDAD III

LEYES DE CONSERVACION

UNIDAD III

OBJETIVOS PARTICULARES

LEYES DE CONSERVACION

Al término de la unidad, el alumno: - Aplicará las leyes de conservación de la cantidad de movimiento y de la --- energía, en la solución de problemas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

El alumno:

- Definirá cantidad de movimiento e impulso y sus unidades.
- Enunciará la ley de conservación de la energía.
- Expresará ejemplos que muestren la validez de la ley de la conservación de la energía.
- Enunciará la ley de la conservación de la cantidad de movimiento.
- Utilizará las leyes de la conservación de la energía y de la conservación de la cantidad de movimiento en la resolución de problemas en una sola dimensión.

UNIDAD III

LEYES DE CONSERVACION

CANTIDAD DE MOVIMIENTO Y ENERGIA

3-1 INTRODUCCION:- Al principio de la unidad anterior, se dió una definición de la energía y al término de la misma unidad se mostró, gráfica y analíticamente la conservación de de la energía mecánica: Potencial y Cinética, en ausencia de fuerzas disipativas o no conservativas. También se aclaró que la energía en general así como el trabajo, son escalares, de ahí la facilidad de su manejo.

Ahora, en la presente unidad, trataremos sobre la conservación de la energía Cinética en especial y que actuará como un auxiliar en la solución de problemas de una nueva cantidad física: La cantidad de movimiento lineal y su conservación. Si la energía cinética es un escalar, la cantidad de movimiento lineal es vectorial y quedará perfectamente expresada al conocer su magnitud, dirección y sentido como todo vector.

La conservación de la cantidad de movimiento lineal, tiene una gran aplicación en fenó-menos tales como: Los disparos de armas de fuego, choques o impactos, desintegraciones nucleares, explosiones, etc.

3-2 IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO LINEAL: Los términos: Impulso y cambio en la cantidad de movimiento son inseparables, es decir, si hay impulso habrá cambio en la cantidad de movimiento o viceversa.

Antes de continuar, conviene que de una vez por todas, expresemos matemáticamente de donde se obtienen los conceptos ya mencionados de impulso y cambio en la cantidad de movimiento lineal.

Si partimos de que: $\overline{F} = ma$ y de que:

$a = \frac{Vf - Vi}{\Delta t}$, entonces; $\overline{F} = m \frac{Vf - Vi}{\Delta t}$

o bién: $\overline{F} \Delta t = m (Vf - Vi)$ y finalmente:

$\overline{F} \Delta t = mVf - mVi$ 3-2-1

Siendo: $\overline{F}$ = Fuerza media que obró durante un intervalo de tiempo Δt, relativamente corto, entre dos cuerpos durante un evento o suceso determinado, por ejemplo: Durante un impacto o choque entre dichos cuerpos.

m, es la masa de uno de los cuerpos que participó durante el evento o suceso.

V_f, es la velocidad final o la velocidad después del evento.

V_i, es la velocidad inicial o velocidad antes del evento.

En general, al producto mV, se le llama: Cantidad de movimiento lineal de la masa m, y se representa con la letra P., entonces:

P = mV.

Por lo tanto, la ecuación 3-2-1, se puede expresar también así:

$\overline{F} \Delta t = Pf - Pi$ 3-2-2

En cualesquiera de las dos ecuaciones anteriores, al producto: $\overline{F} \Delta t$, se le conoce con el nombre de impulso y se define como: El cambio en la cantidad de movimiento: $P_f - P_i = \Delta P$.

Las unidades del impulso y dela cantidad de movimiento lineal son las mismas, por ejemplo, en el sistema M.K.S.

Para el impulso: $\overline{F} \Delta t$ = Nt - seg.

Para la cantidad de movimiento lineal:

$$mV = Kg \frac{M}{seg.}$$

Aparentemente no son iguales, pero que tal, si al Newton lo descomponemos en sus unidades elementales o sea:

$$Nt - seg. = Kg \frac{M}{seg^2} seg = Kg \frac{M}{seg.}$$

Verdad que ahora si son idénticos, por eso, desde un principio se dijo, que eran iguales.

3-3 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS.

1.- Con un taco se le pega a una bola de billar ejerciendo una fuerza media de 50 N, durante un tiempo de 10 milisegundos.

Si la bola tiene una masa de 0.20 Kg. ¿Qué velocidad tiene después del choque?.

SOLUCION:- Como $\bar{F}\ t = mVf - mVi$

y Vi = 0, pues la bola de billar estaba inicialmente en reposo, antes de que el taco le pegara, entonces: $\bar{F}\Delta t = mVf$

o bién: $V_f = \frac{\bar{F}\Delta t}{m} = \frac{50 \times 10 \times 10^{-3}}{0.20}$

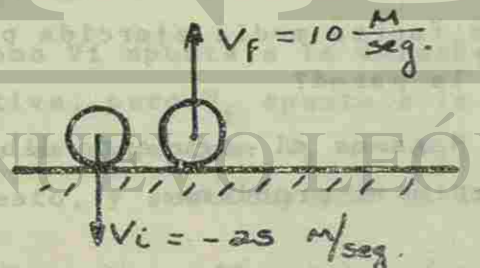
$V_f = 2.5 \frac{M}{seg.}$

2.- Una pelota de 10 Kg cae verticalmente sobre el piso con una velocidad de 25 M/seg. Rebota con una velocidad inicial de 10 M/seg.

(a) ¿Qué impulso obra sobre la pelota durante el contacto?

(b) Si la pelota está en contacto con el suelo durante .020 seg. ¿Cuál es la fuerza media ejercida sobre el piso?.

SOLUCIONES:- (a) Para comprender y resolver este problema, será necesario hacer el siguiente dibujo:



Y como: $\overline{F}\,\Delta t = mV_f - mV_i = m\,(V_f - V_i)$

o bién: $\overline{F}\,\Delta t = 10\left[10 - (-25)\right] = 350$ Nt - seg.

NOTA: En el dibujo, Vi es negativa porque la pelota cae y como todo vector que apunta hacia abajo es negativo, por eso la velocidad inicial resultó negativa.

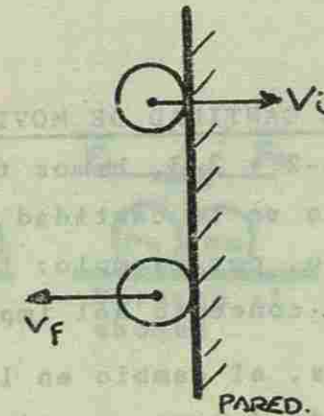
(b) Partiendo del resultado del inciso anterior ya que el impulso de la pelota fué de 350 Nt - seg., entonces: $\overline{F}\,\Delta t = 350$, despejando $\overline{F}$,

$$\overline{F} = \frac{350}{\Delta t} = \frac{350}{0.020} = 17{,}500 \text{ Nt}$$

3.- Una pelota de masa m, y velocidad V, pega perpendicularmente contra una pared y rebota sin disminuir su velocidad. Si el tiempo que dura el choque es t,

¿Cuál es la fuerza media ejercida por la pelota sobre la pared?

SOLUCION:- Hagamos el siguiente dibujo que nos representa el problema:



Se dice que Vi = V_f en valores absolutos (sin tomar en cuenta sus signos) ya que la pelota rebota con la misma velocidad son que llegó.

Ahora como Vi apunta a la derecha, entonces es positiva, pero V_f apunta a la izquierda, entonces es negativa: $V_f = -V_i$, tomando en cuenta esto, y sustituyendo en la ecuación:

$$\overline{F}\,\Delta t = mV_f - mV_i = m(V_f - V_i) = m(-V_i - V_i)$$

$\overline{F}\,\Delta t = -2mV_i$, pero: $V_i = V$ y $\Delta t = t$

entonces: $\overline{F}t = -2\,mV$ y despejando $\overline{F}$

$$\overline{F} = \frac{-2mV}{t}$$

3-4 CONSERVACION DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO:

En las secciones 3-2 y 3-3, hemos tocado el concepto del cambio en la cantidad de movimiento de un cuerpo, por ejemplo: La pelota, relacionado con el concepto del impulso.

Ahora nos referimos, al cambio en la cantidad de movimiento de dos cuerpos durante el evento más común: Los choques, y a partir de los resultados obtenidos, los generalizaremos a otros eventos, como se verá más adelante.

Consideramos el choque de frente de dos masas m_1 y m_2 que se ilustran en la figura 3-4-1.

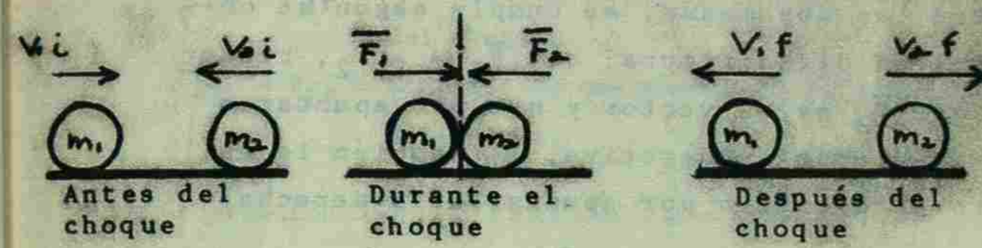


FIGURA 3-4-1

Representemos sus velocidades antes del impacto por V_1i y V_2i y después del impacto por V_1f y V_2f. El impulso de la fuerza $\overline{F}_1$, que actúa sobre la masa m_2 es:

$$\overline{F}_1 \Delta t = m_1V_{1f} - m_1V_1i = \Delta P_1$$

ΔP_1 representa el cambio en la cantidad de movimiento de la masa m_1.

De igual forma, el impulso de la fuerza $-\overline{F}_2$ sobre la masa m_1 es:

$$\overline{F}_2 \Delta t = m_2V_2f - m_2V_2i = \Delta P_2$$

ΔP_2, representa el cambio en la cantidad de movimiento de la masa m_2.

Durante el tiempo Δt, que duró el contacto entre las dos masas, se cumple según se observa en dicha figura, que $\overline{F}_1 = -\overline{F}_2$, recuerda que $\overline{F}_2$ es un vector y que por apuntar a la izquierda es negativa, $\overline{F}_1$ también lo es, pero es positiva por apuntar a la derecha.

Por lo tanto: $\overline{F}_1 \Delta t = -\overline{F}_2 \Delta t$, o bién,

$$m_1V_{1f} - m_1V_{1i} = -(m_2V_{2f} - m_2V_2i)$$

y ordenando términos, llegamos a:

$$m_1V_1i + m_2V_2i = m_1V_{1f} + m_2V_2f \quad \text{......} \; 3\text{-}4\text{-}1$$

Esta ecuación representa la Ley de la Conservación de la cantidad de movimiento lineal y establece lo siguiente: La cantidad de movimiento total, antes de un evento, es igual a la cantidad de movimiento total, después del evento.

$m_1V_{1i} = P_{1i}$ = Cantidad de movimiento de m_1 antes del choque.

$m_2V_{2i} = P_{2_i}$ = Cantidad de movimiento de m_2 antes del choque.

$m_1V_{1f} = P_{1f}$ = Cantidad de movimiento de m_1 después del choque.

$m_2V_{2f} = P_{2f}$ = Cantidad de movimiento de m_2 después del choque.

La ecuación 3-4-1, también se puede escribir así:

$$P_{1i} + P_{2i} = P_{1f} + P_{2f}$$

3-5 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS:

1.- Un proyectil de 10 grs. lleva una velocidad de 500 $\frac{M}{seg}$ y después de atravesar una delgada lámina su velocidad es de 50 $\frac{M}{seg}$. Calcular (a) su cantidad de movimiento inicial (b) Su cantidad de movimiento final (c) Su cambio en la cantidad de movimiento y (d) La pérdida de su energía cinética.

SOLUCIONES:=

(a) Como $P_i = mV_i$, y sustituyendo tenemos: $P_i = 0.010 \times 500 = 5$ Kg. - $\frac{M}{seg}$

(b) Como $P_f = mV_f$, y sustituyendo:

tenemos: $P_f = 0.010 \times 50 = 0.5$ Kg. - $\frac{M}{seg}$

(c) Como $\Delta P = P_f - P_i = 0.5 - 5 = -4.5$ Kg $\frac{M}{seg}$

El signo negativo indica que el proyectil perdió cantidad de movimiento. Esta pérdida fué ganada por la lámina.

(d) Ahora calcularemos las energías cinéticas del proyectil:

$$K_i = \frac{1}{2} mV_i^2 = \frac{1}{2} (0.010)(500)^2$$

$$K_i = 0.005 \times 25 \times 10^4 = 1250 \text{ j}$$

$$K_f = \frac{1}{2} mV_f^2 = \frac{1}{2} (0.010)(50)^2$$

$$K_f = 0.005 \times 2500 = 12.5 \text{ j}$$

Entonces: $\Delta K = K_f - K_i = 12.5 - 1250$

$$\Delta K = -1237.5 \text{ j}$$

El signo negativo indica que el proyectil perdió energía, la cual se utilizó para agujerar la lámina y atravesarla.

2.- Una vasija de 50 grs. se encuentra en reposo. Repentinamente explota, dirigiéndose en sentidos opuestos los dos fragmentos en que se dividió. Si la velocidad de uno de ellos es 3 veces la velocidad del otro fragmento en el instante de la explosión, calcular la masa de cada uno de ellos.

SOLUCIONES:- Si originalmente la vasija estaba en reposo, quiere decir que la velocidad inicial de cada fragmento era Cero, pués formaban parte de la vasija, entonces:

$$m_1 V_1 i = 0, \quad m_2 V_2 i = 0 \text{ o sea:}$$

$m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f} = 0$ de acuerdo con la ley de la conservación la cantidad de movimiento.

$$m_1 V_{1f} = - m_2 V_{2f} \quad \ldots\ldots\ 3\text{-}5\text{-}1$$

pero nos dicen que la velocidad de uno de ellos es 3 veces la velocidad del otro fragmento, entonces si arbitrariamente se establece que

$$V_{1f} = -3V_{2f} \quad \text{(En sentidos opuestos)}$$

y sustituyendo en la ecuación 3-5-1;

$m_1(-3V_{2f}) = -m_2V_{2f}$, $-3m_1V_{2f} = -m_2V_{2f}$,

o sea: $3m_1 = m_2$ 3-5-2

Ahora, como: $m_1 + m_2 = 50$ grs. = Masa total de la vasija antes de la explosión.

$m_1 = 50 - m_2$ y sustituyendo en la ecuación 3-5-2, tenemos:

$$3(50 - m_2) = m_2$$

$$150 - 3m_2 = m_2$$

$$150 = 4\ m_2$$

$$m_2 = \frac{150}{4} = 37.5 \text{ grs.}$$

y despejando m_1 de la ecuación 3-5-2

$$m_1 = \frac{m_2}{3} = \frac{37.5}{3} = 12.5 \text{ grs.}$$

3.- Un rifle cuya masa es de 3.5 kg, dispara una bala con velocidad de 850 M/seg, calcular la velocidad de retroceso del rifle, si está suspendido libremente. La masa de la bala es de 9.04×10^{-3} Kg.

SOLUCION:- Antes del evento del disparo la bala y el rifle estaban en reposo, o sea:

$$m_1V_{1i} = 0, \quad m_2V_{2i} = 0$$

Por lo tanto: $m_1V_{1f} + m_2V_{2f} = 0$, de acuerdo con la Ley de la conservación de la cantidad de movimiento.

$$m_1V_{1f} = -m_2V_{2f}$$

Si hacemos que m_1 = masa del rifle y V_{1f} la velocidad de retroceso del rifle, entonces;

$$V_{1f} = \frac{-m_2V_{2f}}{m_1} = \frac{-9.04 \times 10^{-3} \times 850}{3.5}$$

$$V_{1f} = -2.195 \text{ M/seg.}$$

El signo negativo indica que el rifle se mueve en sentido contrario al de la bala.

3-6 LEY DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA:

En todo evento o suceso, natural o artificial, -- hay pérdida de energía por una parte y ganancia de energía por la otra parte. Esta energía bien puede ser: Mecánica (Cinética o potencial), química, calorífica, eléctrica, magnética o nuclear.

El hecho de que por un lado haya pérdida de energía y ganancia por el otro, quiere decir, que la energía no puede crearse, como crear una obra de arte o crear un artefacto mecánico, sino que la energía que se pierde ha de transformarse en otra forma de energía. Esto quiere decir, que tampoco la energía se destruye. Por ejemplo: Una pila eléctrica que tiene almacenada en sus polos: Energía química, la cual se transforma en energía lumínica al conectarse a la pila un foquito, o bien se transforma en energía calorífica al conectarle una resistencia eléctrica, o también se puede transformar en energía mecánica al hacer que se mueva un motor eléctrico que se conecte a ella. Este es un caso en el que la energía se puede transformar en otros tipos de energía, sin crearse ni destruirse.

Citemos otro ejemplo de la transformación de la energía. En éste se irá mencionando una continúa transformación de la energía, se toma un cerillo, para encenderlo es necesario

moverlo sobre una superficie áspera, aplicando energía interna que gasta quien mueve al cerillo, transformándose ésta en energía cinética del cerillo, que al rozar sobre la superficie se transforma en energía calorífica y ésta a la vez se transforma en energía de combustión del fósforo contenido en la cabeza del cerillo, para que finalmente se transforme en energía lumínica y calorífica en la llama.

De nuevo la energía en ningún momento se ha creado ni destruido sino transformado.

Entonces, ya estamos preparados para entender la Ley de la Conservación de la Energía; la cual establece que: La energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma.

3-7 <u>CHOQUES ELASTICOS E INELASTICOS</u>: Durante los choques siempre la energía cinética de los cuerpos que chocan se transforma en energía calorífica y en ocasiones en energía de deformación de los cuerpos participantes en el choque.

Pués bien, comencemos por decir que los choques pueden ser: Totalmente elásticos, simple mente elásticos o totalmente inelásticos.

Idealmente, un choque totalmente elástico es aquél en el que, la energía cinética total de los cuerpos antes del choque, es igual a la energía cinética total después del choque.

Un choque simplemente elástico es en el que, parte de la energía cinética total antes del choque, se transforma en energía calorífica y en energía de deformación durante el choque, siendo menor por lo tanto, la energía cinética total después del choque.

Un choque totalmente inelástico, es aquél en el que, la energía cinética total antes del choque, se transforma durante el choque en: Energía calorífica y energía de deformación y en energía cinética después del choque, de los cuerpos como un todo.

En los tres tipos de choque, la conservación de la cantidad de movimiento se cumple en su totalidad; antes y después del choque, la cantidad de movimiento total es la misma.

En el presente estudio se considerarán los dos extremos de los choques: Totalmente elásticos y totalmente inelásticos.

CHOQUES ELASTICOS.- Así llamaremos simplemente a los choques totalmente elásticos.

Este tipo de choques se presentan cuando chocan entre sí, cuerpos demasiado duros como: Bolas de acero, de marfíl (las de billar), de vidrio, átomos, moléculas, etc.

Durante el choque, todos estos cuerpos sufren una pequeña deformación y por lo tanto habrá una pequeña cantidad de energía cinética que se transforme en calor, por lo que, la energía cinética total después de choque será ligeramente menor que la energía cinética total antes del choque.

La rapidez con que un cuerpo recobra su forma original después de sufrir una deformación, viene a ser una medida de elasticidad o restitución.

Si partimos de que el choque, entre los cuerpos antes citados es idealmente elástico, entonces, podemos escribir la ecuación de la conservación de la energía cinética:

$$\underbrace{\frac{1}{2} m_1 V_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2i}^2}_{\text{antes del choque}} = \underbrace{m_1 V_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2f}^2}_{\text{después del choque}} \quad ..3\text{-}7\text{-}1$$

y como la conservación de la cantidad de movimiento se cumple en cualesquier tipo de choque, entonces:

$$\underbrace{m_1 V_1 i + m_2 V_2 i}_{\text{antes del impacto}} = \underbrace{m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}}_{\text{después del impacto}} \quad ...3\text{-}7\text{-}2$$

Combinando las ecuaciones: 3-7-1 y 3-7-2, y simplificando, resulta:

$$\underbrace{-(V_1 i - V_2 i)}_{\text{antes del choque}} = \underbrace{V_{1f} - V_{2f}}_{\text{después del choque}} \quad .....3\text{-}7\text{-}3$$

En los casos ideales de choques elásticos, la ecuación 3-7-3, se cumple totalmente, pero en la realidad dicha igualdad no se cumple por ligeras diferencias.

Para tener una idea de qué tan elástico es un choque, se ha introducido un término llamado coeficiente de restitución, éste coeficiente, es una propiedad conjunta de los dos cuerpos que choque entre sí.

La ecuación del coeficiente de restitución: e, está dado por:

$$e = \frac{V_{2f} - V_{1f}}{V_1 i - V_2 i} \quad .... 3\text{-}7\text{-}4$$

Al coeficiente de restitución, también se le llama coeficiente de elasticidad.

Otra forma más fácil de medir experimentalmente dicho coeficiente, es mediante la siguiente ecuación:

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad ....3\text{-}7\text{-}5$$

Siendo h_2 = altura a que llegó una bola dada, después de rebotar sobre una superficie horizontal, y h_1 = altura desde donde se soltó la bola anterior.

Para choques elásticos: e = 1 y para choques inelásticos: e = 0

En general, el coeficiente de restitución o de elasticidad, siempre tiene un valor entre 0 y 1.

Para el caso de los choques de materiales muy duros, e tiene un valor superior a 0.95, consi derándose en la práctica, como choques elásticos.

Contrariamente a la creencia común, una esfera de acero o de vidrio, rebotará a más altura que la mayor parte de las pelotas de hule.

CHOQUES INELASTICOS:- Así llamaremos simplemente, a los choques totalmente inelásticos y se presentan en el caso en que, los cuerpos al chocar se adhieren entre sí y se mueven como un solo cuerpo después del impacto.

Por ejemplo; una bala que se incrusta en un bloque de madera.

En este tipo de choque, la conservación de la energía cinética no se cumple, aunque la conservación de la energía en general se cumpla.

Sin embargo, la conservación de la cantidad del movimiento si se cumple, representándose en este caso, mediantte la ecuación:

$$\underbrace{m_1 V_1 i + m_2 V_2 i}_{\text{antes del impacto}} = \underbrace{(m_1 + m_2)\, V_f}_{\text{después del impacto}} \quad .....3\text{-}7\text{-}6$$

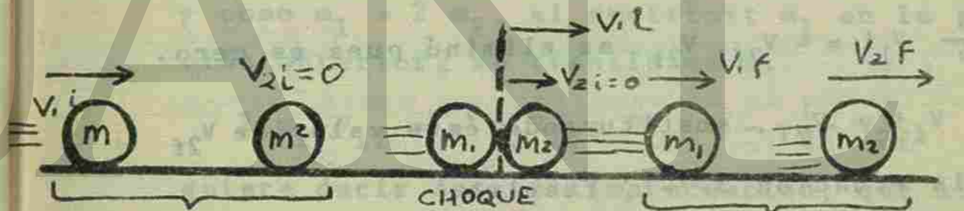
V_f, representa la velocidad final de m_1 y m_2 al adherirse después del choque.

Como ya dijimos, para éste caso: $e = 0$.

3-8 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS:

1.- Un cuerpo de 2 Kg de masa choca elásticamente contra otro cuerpo que está en reposo y, después de ello, continúa moviéndose en su dirección original pero con un cuarto de su rapidez inicial. ¿Cuál fué la masa del cuerpo con el que chocó?.

SOLUCION:- Se presentará a manera de dibujo el problema:



Antes del choque   Después del choque

Usando la ecuación 3-7-2 y haciendo $V_2 i = 0$ pués el cuerpo 2 estaba en reposo inicialmen te: $m_1V_1i = m_1V_{1f} + m_2V_{2f}$ y sustituyendo V_{1f} por $\frac{1}{4}V_1i$ según dice el problema, tenemos:

$$m_1V_1i = m_1\left(\frac{1}{4}V_1i\right) + m_2V_{2f}$$

$$3/4\; m_1V_1i = m_2V_{2f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 3\text{-}7\text{-}1$$

Ahora usando la ecuación 3-7-3:

$-(V_{1i} - V_{2i}) = V_{1f} - V_{2f}$ y sustituyendo V_{1f} por $\frac{1}{4}V_{1i}$ tenemos; $-(V_{1i} - V_{2i}) = \frac{1}{4}V_{1i} - V_{2f}$

$$-V_1i + V_2i - \frac{1}{4}V_{1i} = -V_{2f}$$

$-\frac{5}{4}V_1i = -V_{2f}$, V_{2i} se eliminó pues es cero.

$\frac{5}{4}V_1i = V_{2f}$, sustituyendo éste valor de V_{2f} en la ecuación 3-7-1, resulta:

$\frac{3}{4}m_1V_1i = m_2\frac{5}{4}V_1i$, o bién; $\frac{3}{4}m_1 = \frac{5}{4}m_2$,

$m_2 = \frac{3}{5}m_1 = \frac{3}{5}(2) = 1.2$ Kg.

2.- Dos partículas, una de las cuales tiene el doble de masa que la otra, se mantienen unidas

por medio de un resorte comprimido entre ellas. La energía almacenada por el resorte es de 60 julios. ¿Qué cantidad de energía cinética tiene cada partícula después que se le suelta?

SOLUCION:- Aplicando la conservación de la cantidad de movimiento a las dos partículas;

$m_1V_1i + m_2V_2i = m_1V_{1f} + m_2V_{2f}$,

como inicialmente las partículas están en reposo (antes de soltar el resorte), entonces: $m_1V_{1i} + m_2V_{2i} = 0$, o sea:

$m_1V_{1f} + m_2V_{2f} = 0$, o bién, $m_1V_{1f} = -m_2V_{2f}$

y como $m_1 = 2m_2$, al sustituir m_1 en la ecuación anterior, se transforma a:

$$2m_2V_{1f} = -m_2V_{2f};\quad V_{1f} = -\frac{1}{2}V_{2f},$$

quiere decir ésta última ecuación, que al soltar el resorte, la velocidad de la partícula más pesada (m_1) será la mitad de la velocidad de la partícula ligera (m_2) y de sentido opuesto.

Por otro lado, como: $\frac{1}{2}m_1V_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2V_{2f}^2 = 60$ j, pues al soltar al resorte, su energía potencial de 60 julios se transformará en la energía cinética de las dos partículas, y como $m_1 = 2m_2$, ésta ecuación se transforma a:

$$\frac{1}{2}\, 2m_2\, V_{1f}^2 + \frac{1}{2}\, m_2 V_{2f}^2 = 60$$

$$m_2 V_{1f}^2 + \frac{1}{2}\, m_2 V_{2f}^2 = 60$$

pero, como $V_{1f} = -\frac{1}{2} V_{2f}$, entonces al sustituir ésta igualdad en la ecuación anterior;

$$m_2 \left(-\frac{1}{2} V_{2f}\right)^2 + \frac{1}{2}\, m_2 V_{2f}^2 = 60$$

$$m_2\, \frac{1}{4}\, V_{2f}^2 + \frac{1}{2}\, m_2 V_{2f}^2 = 60$$

$\frac{3}{4}\, m_2 V_{2f}^2 = 60$, si multiplicamos por $\frac{1}{2}$ ambos miembros de la ecuación, no habrá alteración, por lo que:

$$\frac{3}{4}\left(\frac{1}{2}\, m_2 V_{2f}^2\right) = \frac{60}{2} = 30,$$

y como $\frac{1}{2}\, m_2\, V_{2f}^2 = K_2$ = energía cinética de la partícula liviana, se tiene:

$3/4\ K_2 = 30,\ K_2 = 40$ julios.

y como $K_1 + K_2 = 60$, $K_1 = 60 - K_2$

$K_1 = 60 - 40 = 20$ julios

Finalmente, la energía cinética de la partícula liviana es: 40 joules y la energía cinética de la partícula pesada es: 20 joules.

3.- Dos bolas de igual masa y rapidez, viajan en sentido contrario sobre un plano horizontal sin fricción. Determinar el estado de movimiento de las dos bolas, después del impacto frontal y elástico.

SOLUCION:- Partiendo de que:

$$m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = m_1 V_{1f} + m_2 V_{2f}$$

y según los datos del problema:

$$m_1 = m_2$$

$$V_{1i} = -V_{2i}$$

Se supone que la bola 2 se mueve inicialmente a la izquierda por eso el signo negativo de V_2.

y sustituyendo en la ecuación primera:

$$m_2(-V_{2i}) + m_2V_{2i} = m_2V_{1f} + m_2V_{2f}$$

$$-m_2V_{2i} + m_2V_{2i} = m_2V_{1f} + m_2V_{2f}$$

$$0 = m_2V_{1f} + m_2V_{2f}$$

o sea: $-m_2V_{1f} = m_2V_{2f}$

finalmente; $V_{1f} = -V_{2f}$

Esto se interpreta que después del choque, la bola dos y la bola uno, rebotan alejándose con las mismas velocidades pero en sentido contrario.

Ahora, si aplicamos la ecuación 3-7-3: $V_{1f} - V_{2f} = V_{2i} - V_{1i}$, y sustituímos en ella las igualdades anteriores, obtenemos:

$$-V_{2f} - V_{2f} = V_{2i} - (-V_{2i})$$

$$-2V_{2f} = 2V_{2i}$$

$$V_{2f} = -V_{2i}$$

Esta última igualdad manifiesta que la bola 2 invierte su sentido de movimiento, pero su velocidad final, será la misma que su velocidad inicial.

Lo mismo se puede obtener para la bola 1.

4.- Una pelota es lanzada contra una pared. Si la velocidad con que choca la pelota sobre la pared, es perpendicular a ella y de 20 M/seg. Calcular su velocidad después del choque, si este es elástico.

SOLUCION:- Aplicando la ecuación 3-7-3:

$$V_{1f} - V_{2f} = V_{2i} - V_{1i}$$

y como la pared no se mueve ni antes, ni después entonces: $V_{2i} = 0$, $V_{2f} = 0$

Por lo tanto, de la ecuación se obtiene que:

$$V_{1f} = -V_{1i} = -20 \text{ M/seg.}$$

Esto indica que la pelota rebota con la misma velocidad con que chocó.

5.- Calcular el coeficiente de restitución e, de la pelota y la pared, del problema anterior.

SOLUCION:- Como $e = \dfrac{V_{2f} - V_{1f}}{V_{1i} - V_{2i}}$

En el caso de la pared: $V_{2i} = 0$ y $V_{2f} = 0$ y para

la pelota: $V_{1f} = -V_{1i} = -20$ M/seg.
sustituyendo estos datos en la ecuación de e, tenemos:

$$e = \frac{0 - (-20)}{20 - 0} = 1,$$ ésto indica un choque elástico.

6.- Un cuerpo de masa 2 Kg., se desliza con una velocidad de 5 m/seg. sobre un plano horizontal y alcanza otro cuya masa es de 5 Kg., si su velocidad es de 3 M/seg y está dirigida en el mismo sentido que la velocidad del primero, encontrar la velocidad de los dos cuerpos, si el choque es inelástico.

SOLUCION:- Como el choque es inelástico, entonces: $m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = (m_1 + m_2) V_f$, despejando V_f y sustituyendo, tenemos:

$$V_{2f} = \frac{m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i}}{m_1 + m_2} = \frac{2\,(5) + 5\,(3)}{2 + 5}$$

$$V_f = 3.57 \text{ M/seg.}$$

7.- Resolver el problema anterior, si el segundo cuerpo, fuera en sentido contrario al primero.

SOLUCION:- En éste caso: $V_{2i} = -3$ M/seg., y sustituyendo en la ecuación:

$$V_{2f} = \frac{m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i}}{m_1 + m_2}$$, tenemos:

$$V_f = \frac{2\,(5) + 5\,(-3)}{2 + 5} = \frac{-5}{7} = -.71 \text{ M/seg}$$

El signo -, indica que después del choque, los cuerpos pegados, se moverán en el sentido del segundo cuerpo.

8.- Una bala de 12 grs., se dispara a un bloque de madera de 2 Kg que cuelga de un hilo, según la figura 3-8-1, el impacto de la bala hace que el bloque se eleve a una altura de 10 cm sobre su nivel original. Calcular la velocidad con la que la bala da en el bloque.

SOLUCION:- Después del impacto, el bolque y la bala se mueven hasta elevarse:

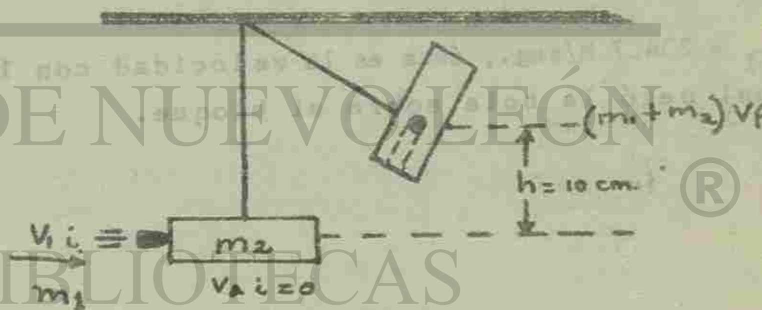


FIGURA 3-8-1.

La siguiente ecuación es aplicada desde que el bloque y la bola comienzan a moverse, hasta que se detienen a la altura h:

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)\, V_f^2 = (m_1 + m_2)\, gh, \text{ despejando } V_f,$$

$$V_f = \sqrt{\frac{2\,(m_1 + m_2)\, gh}{m_1 + m_2}} = \sqrt{\frac{2\,(.012 + 2.0)\, 9.8 \times .10}{.012 + 2.0}}$$

$V_f = 1.4$ M/seg.

Como el choque es inelástico, entonces:

$$m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = (m_1 + m_2)\, V_f$$

Pero $V_{2i} = 0$, entonces;

$$m_1 V_{1i} = (m_1 + m_2)\, V_f$$

$$V_{1i} = \frac{(m_1 + m_2)\, V_f}{m_1} = \frac{(.012 + 2.0)\,(1.4)}{.012}$$

$V_{1i} = 234.7$ M/seg., ésta es la velocidad con la cual pegó la bola sobre el bloque.

UNIDAD IV

H I D R O S T A T I C A

La siguiente ecuación es aplicada desde que el bloque y la bola comienzan a moverse, hasta que se detienen a la altura h:

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)\, V_f^2 = (m_1 + m_2)\, gh,$$ despejando V_f,

$$V_f = \sqrt{\frac{2\,(m_1 + m_2)\, gh}{m_1 + m_2} = \frac{2\,(.012 + 2.0)\; 9.8 \times .10}{.012 + 2.0}}$$

$V_f = 1.4$ M/seg.

Como el choque es inelástico, entonces:

$$m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = (m_1 + m_2)\, V_f$$

Pero $V_{2i} = 0$, entonces;

$$m_1 V_{1i} = (m_1 + m_2)\, V_f$$

$$V_{1i} = \frac{(m_1 + m_2)\, V_f}{m_1} = \frac{(.012 + 2.0)\;(1.4)}{.0\;12}$$

$V_{1i} = 234.7$ M/seg., ésta es la velocidad con la cual pegó la bola sobre el bloque.

UNIDAD IV

H I D R O S T A T I C A

UNIDAD IV

OBJETIVOS PARTICULARES

HIDROSTATICA

Al término de la unidad, el alumno: - Aplicará los principios de la hidrostática en la solución de problemas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

El alumno:

- Definirá los conceptos de fluído, fluído viscoso y fluído ideal.
- Distinguirá los estados físicos: sólido, líquido y gaseoso.
- Mencionará las condiciones de un líquido en reposo y en movimiento.
- Enunciará el concepto de presión y sus unidades en los sistemas C.G.S., M.K.S. e Inglés.
- Explicará los conceptos de: densidad, peso específico y densidad relativa.
- Resolverá problemas relacionados con la ley fundamental de la Hidrostática.
- Enunciará el principio de Pascal.
- Resolverá problemas relacionados con el principio de Pascal.
- Enunciará el principio de Arquímides.
- Utilizará el principio de Arquímides en la solución de problemas.
- Explicará el funcionamiento de la prensa hidráulica.
- Resolverá problemas afines a la prensa hidráulica.

UNIDAD IV

HIDROSTATICA

4-1 INTRODUCCION:- La naturaleza está constituida por la materia y por grandes espacios ocupados por el vacío. El vacío significa: Ausencia de materia. Entonces podemos definir simplemente a la materia como: Todo aquello que posee masa.

Clásicamente se ha establecido que existen tres estados físicos de la materia: El sólido, el líquido y el gaseoso. La física moderna ha encontrado que los gases muy ionizados, no se ajustan al comportamiento de los gases ordinarios, por lo que, a los gases muy ionizados: También llamados Plasma, se les ha catalogado como un cuarto estado de la materia.

Los sólidos se caracterizan por: Poseer forma y volumen definidos, libremente. Esto quiere decir, que para mantener su forma y volumen no necesitan de algo que les conserve su forma y volumen.

Los líquidos se caracterizan por poseer solamente volumen definido, mientras que su forma dependerá de la forma del recipiente que los contenga.

Por ejemplo: Un litro de agua será el mismo, si está contenido en un cilindro, en una jarra o en una tina, pero la forma que adquiere el litro de agua dependerá de la forma del recipiente: El cilindro, la jarra o la tina.

Los gases en cambio no poseen forma ni volumen definidos. Pues la forma dependerá del recipiente que los guarde y el volumen será el volumen del recipiente., es decir, el gas siempre llenará al recipiente.

4-2 FLUIDOS:- Los sólidos rígidos y los sólidos deformables, se encuentran agrupados dentro del estado sólido.

Los gases y los líquidos, que son dos estados de la materia, con sus características comunes ya mencionadas, están agrupados bajo un mismo título: Fluidos.

Entonces, será necesario definir lo que es un fluido y diremos: Un fluido es una sus-

tancia capaz de fluir. Entendiéndose por fluir, el deslizamiento de una capa molecular o atómica de la sustancia sobre la capa molecular o atómica vecina inmediata de la sustancia misma. Por lo tanto, para que un fluido, fluya es necesario el deslizamiento de sus capas, una sobre las otras, dando lugar a lo que se llama: Flujo del fluido o lo que es lo mismo, movimiento del fluido.

Así como en el movimiento de los sólidos entre sí, existe la fricción, así también en los fluidos existe, dando lugar a lo que se llama: Viscosidad de los fluidos.

La viscosidad es una propiedad física de los fluidos y tiene un valor dado para cada fluido. La viscosidad se define como: La resistencia que una capa del fluido ofrece al desplazamiento de la otra capa.

La unidad de viscosidad en el sistema C.G.S. es el poise. Esta unidad es muy grande para los gases, usándose un submúltiplo de ella, que es el micropoise, mientras que para los líquidos se usa el centipoise.

En la siguiente tabla 4-2-1, se dan las viscosidades de algunos fluidos:

TABLA 4-2-1

VISCOSIDADES DE LIQUIDOS Y GASES A 30°C

FLUIDO	VISCOSIDADES (Centipoises)
Aire	.019
Acetona	.295
Metanol	.510
Benceno	.564
Agua	.801
Estanol	1.000
Aceite SAE-10	200
Glicerina	629
Glucosa	6.6×10^{13}

Como se observará en la tabla 4-2-1, los gases son fluidos muy poco viscosos, mien-- tras que los líquidos pueden ser fluidos poco viscosos, como el agua, hasta fluidos muy viscosos, como la glucosa.

En general, puede decirse, que la viscosi-- dad de los gases aumenta con la temperatura y con la presión, mientras que los líquidos disminuyen su viscosidad al aumentar su temperatura, pero la aumentan al aumentar su

presión.

En el estudio de cualesquiera de las ramas de la ciencia, siempre se llega a los casos ideales, estableciendo principios, teorías y leyes. Por ejemplo: La teoría de los gases ideales, que sustenta los siguientes postulados para que un gas se considere como un fluido ideal.

1.- Un gas está formado de partículas llamadas moléculas. Según sea el gas, cada molécula está constituída de un átomo o de un grupo de átomos.

2.- Las moléculas se mueven al azar en línea recta y obedecen las leyes de Newton del movimiento.

3.- El número total de moléculas es grande.

4.- El volumen de las moléculas es muy pequeño, comparado con el volumen del recipiente que los contiene.

5.- No obran fuerzas apreciables de atrac--- ción entre las moléculas, salvo durante un choque.

6.- Los choques entre las moléculas son elás ticos y de duración insignificante. Y

7.- Las fuerzas de fricción entre las moléculas o sea su viscosidad, es despreciable.

4-3 HIDROSTATICA:- Densidad absoluta, Densidad relativa y peso específico.

Comenzaremos por definir la hidrostática diciendo que: Es el estudio de los líquidos en reposo.

Las cantidades físicas que intervienen en la hidrostática son: La densidad y la presión.

La densidad absoluta se define como: La masa contenida en la unidad de volumen. Su expresión matemática es: $D = \frac{M}{V}$ 4-3-1

Las unidades de la densidad absoluta en el sistema M.K.S. son: Kg/M^3, en el sistema C.G.S. son: gr/cm^3 y en el sistema inglés: $\frac{Slugs}{pies^3}$.

NOTA: El Slug es la unidad de masa en el sistema inglés, cuando el peso se expresa en libras-fuerza. 1 Slug = 14.59 Kg.

El peso específico se define como: El peso contenido en la unidad de volumen. Su expre-

sión matemática es: $Pe = \frac{P}{V}$ 4-3-2

Las unidades del peso específico son, en el sistema M.K.S. N/M^3, en el sistema C.G.S. $dinas/cm^3$ y en el sistema inglés son: Libras-fuerza/pié^3.

El peso específico y la densidad, se encuentran relacionadas mediante la siguiente ecuación:

$$Pe = Dg \quad .... \; 4\text{-}3\text{-}3$$

La ecuación 4-3-3, se obtuvo, sustituyendo el peso P, por su igual: mg en la ecuación 4-3-2 o sea: $Pe = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \frac{m}{V} g = Dg$

La densidad relativa es la relación entre dos densidades absolutas; la densidad de una sustancia cualesquiera entre la densidad de otra sustancia tomada como patrón, o sea:

$$D_R = \frac{D}{D_P} \quad .... \; 4\text{-}3\text{-}4$$

D_R: Es la densidad relativa.

D: Es la densidad absoluta de una sustancia cualquiera.

D_P: Es la densidad absoluta de la sustancia patrón.

Como ha de observarse en la ecuación 4-3-4, D_R no tiene unidades.

En el caso de los líquidos, se toma al agua como líquido patrón y en el caso de los gases se toma al aire como gas patrón.

La siguiente tabla muestra las densidades absolutas y pesos específicos de algunas sustancias.

TABLA 4-3-1

SUSTANCIA	DENSIDAD gr/cm^3	Kg/M^3	PESO ESPECIFICO Lbf/pie^3
SOLIDOS:			
Aluminio	2.70	2700	169
Latón	8.70	8700	540
Cobre	8.89	8890	555
Vidrio	2.60	2600	162
Oro	19.30	19300	1204
Hielo	0.92	920	57
Hierro	7.85	7850	490
Plomo	11.30	11300	705
Plata	10.50	10500	654
Acero	7.80	7800	487
LIQUIDOS:			
Alcohol	.790	790	49.0
Benceno	.880	880	54.7
Gasolina	.680	680	42.0
Mercurio	13.600	13.600	850.0
Agua	1.000	1,000	62.4
GASES (0°C y 1atm de presión)			
Aire	.00129	1.29	.0807
Hidrógeno	.000090	.090	.0058
Helio	.000178	.178	.0110
Nitrógeno	.00125	1.250	.0782
Oxígeno	.00143	1.430	.0892

4-4 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS:

NOTA: En la solución de los siguientes problemas, se usarán los datos de la tabla 4-3-1.

1.- ¿Qué volumen ocuparán 50 grs. de hielo?

SOLUCION:- Partiendo de la ecuación 4-3-1:

$D = \frac{M}{V}$ y despejando el volumen, tenemos;

$V = \frac{M}{D} = \frac{50}{.92} = 54.34\ cm^3$

2.-¿Cuál será la masa contenida en 5 piés^3 de plomo?

SOLUCION:- Como el peso específico está dado por:

$$Pe = Dg = \frac{M}{V} g$$

despejando M, tenemos: $M = \frac{PeV}{g}$

$$M = \frac{705 \times 5}{32} = 110.5 \text{ Slugs}$$

o también, $M = 110.15 \times 14.59 = 1607$ Kg, usando el factor de conversión:

1 Slug = 14.59 Kg.

3.- ¿Cuál es el peso específico del acero, en Nt/M^3?

SOLUCION:- Como Pe = Dg, entonces,

$Pe = 7800 \times 9.8 = 76{,}440$ Nt/M^3.

4.- Calcular el peso específico del acero, en $\frac{\text{dinas}}{\text{cm}^3}$

SOLUCION:- Si $Pe = Dg = 7.8 \times 980 = 7644 \; \frac{\text{dinas}}{\text{cm}^3}$

5.- (a) ¿Cuál es la masa de un litro de agua?

(b) ¿Cuál es el peso de un litro de agua?

SOLUCIONES:- (a) Partiendo de que: $D = \frac{M}{V}$

M = DV, pero un litro de agua equivale a 1000 cm^3 aproximadamente, por lo tanto;

$M = 1 \times 1000 = 1000$ grs.

(b) Como $Pe = \frac{P}{V}$, P = VPe

antes de aplicar ésta fórmula, hemos de convertir, los 1000 cm^3 = .0353 piés^3, por lo tanto: $P = .0353 \times 62.4 = 2.2$ Lbf, o bién, usando el factor de conversión:

1 Lbf = 4.448 Nt, tenemos que:

$P = 2.2 \times 4.448 = 9.78$ Nt

6.- Encontrar la densidad relativa del alcohol.

SOLUCION:- Como $D_R = \frac{D}{D_P}$ en general.

Y el alcohol es un líquido, según la tabla 4-3-1, entonces, el líquido patrón es el agua, por lo tanto: $D_R = \frac{.79}{1.00} = .79$

Observa, que D_R no tiene unidades.

7.- Determina la densidad relativa del Nitrógeno a 0°C y 1 atm de presión.

SOLUCION:- Para los gases, el gas patrón es el aire, y de acuerdo a la tabla 4-3-1.

$$D_R = \frac{D}{D_P} = \frac{1.25}{1.29} = .969$$

NOTA: Al calcular la densidad relativa, se pueden usar las densidades absolutas: D y D_P, en cualesquiera de los tres sistemas como se hizo en éste problema y en el anterior, siendo iguales los resultados.

4-5 PRESION:- La presión es una cantidad física escalar y se define como: La fuerza aplicada por unidad de área. Su ecuación general es: $P = \frac{F}{A}$ 4-5-1

Siendo P, la presión ejercida por la fuerza F sobre el área A.

La fuerza F, debe ser siempre perpendicular al área A.

De acuerdo con la ecuación 4-5-1, se pueden deducir las unidades de presión.

En el sistema M.K.S. son: Nt/M^2, en el sistema C.G.S. son: $dinas/cm^2$ y en el sistema

inglés son: $Lbf/pulg^2$.

En el sistema internacional: SI, la unidad de presión es el Pascal y equivale a: $\frac{1\ Nt}{M^2}$

En el caso de los líquidos, la presión se puede expresar en función del peso de una columna líquida y del área de sustentación de la columna. En este caso, el peso de la columna líquida sustituirá a la fuerza F, de la ecuación, 4-5-1: o sea; F = mg, por lo tanto: $P = \frac{mg}{A}$. Ahora, si sabemos que la densidad absoluta es: $D = \frac{m}{V}$, despejando m de ésta ecuación y sustituyendo en: $P = \frac{mg}{A} = \frac{DVg}{A}$.

Y si el volumen V, de la columna es: V = Ah, la presión P, anterior se transforma en:

$$P = \frac{DAhg}{A} = Dgh$$

Siendo h, la altura de la columna líquida. Ver la figura siguiente: 4-5-1

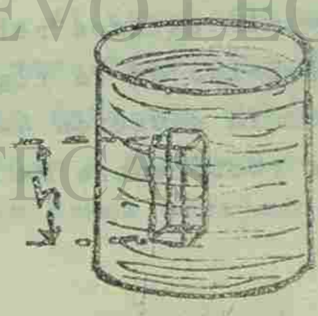


FIGURA 4-5-1

La ecuación $P = Dgh$ ....4-5-2.

Representa la ley fundamental de la hidrostática y con ella podemos calcular la presión que ejerce un líquido en reposo, a cualquier profundidad h, conociendo su densidad absoluta: D. Esta presión será la misma que ejerce el líquido, sobre todas los puntos del recipiente que se encuentren a la misma profundidad.

Si conectamos un tubito horizontal, a la pared lateral del recipiente de la fig. 4-5-1, a una profundidad h (medida a partir de la superficie del líquido), el líquido saldrá horizontalmente con la presión correspondiente dada por la ecuación; 4-5-2.

Si se hace un agujero en la base del mismo recipiente anterior, el líquido saldrá verticalmente hacia abajo, con la presión dada por la ecuación 4-5-2.

El hecho de que nos estamos refiriendo al recipiente cilíndrico de la figura 4-5-1 no quiere decir que la ecuación 4-5-2, se aplique solamente a recipientes de dicha forma,

sino que se puede aplicar a cualesquier forma de recipiente.

Para recipientes abiertos a la atmósfera, la presión total a cualesquier profundidad del líquido está dada por la suma escalar de: La presión atmosférica que obra sobre la superficie del líquido, más la presión propia del líquido, ésta suma se puede expresar así:

$$P = Po + Dgh \quad \text{.........} \quad 4\text{-}5\text{-}3$$

Siendo P, la presión total, Po la presión atmosférica y Dgh la presión correspondiente del líquido, a la profundidad considerada: h.

La ecuación 4-5-3, es la ecuación general, de la ley de la hidrostática.

La presión atmosférica Po, tiene un valor variable, el cual depende de la altura del lugar (con respecto al mar), en que se haga la medición. Al nivel del mar, se dice que la presión atmosférica es igual a una atmósfera, siendo ésta una unidad de presión que no corresponde a ninguno de los sistemas de unidades que hemos manejado. Sin embargo -

se han establecido equivalencias entre ellas y son las siguientes:

$$1 \text{ atm}: = 76 \text{ cm - Hg} = 1.013 \times 10^6 \frac{\text{dinas}}{\text{cm}^2}$$

$$= 1.013 \text{ X } 10^5 \frac{\text{Nt}}{\text{M}^2} = 14.7 \frac{\text{Lbm}}{\text{pulg}^2} = 1.03 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 10.3 \text{ M—Agua.}$$

Observa la mezcla de unidades en éstas equivalencias.

Una atmósfera se define como: La presión que ejerce el peso de una columna de aire, de altura dada por el espesor de la capa atmosférica que rodea a nuestro planeta, por unidad de área, al nivel del mar.

La presión atmosférica se mide con un dispositivo llamado Barómetro, según se muestra en la figura: 4-5-2.

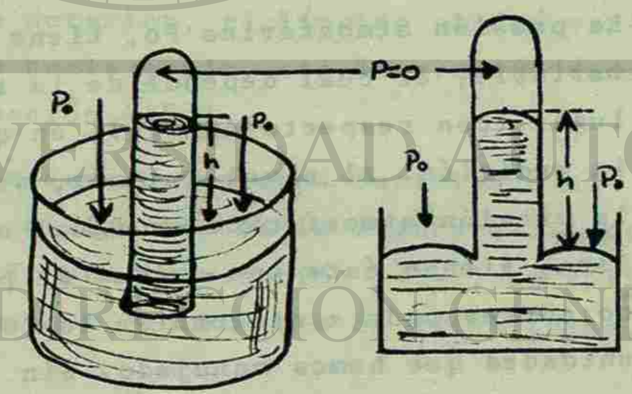


FIGURA 4-5-2

El barómetro es un tubo invertido, parcialmente lleno de mercurio, sumergido en una vasija que contiene también mercurio. Como se ve en la figura 4-5-2, la parte superior del barómetro está vacía, por eso la presión P, vale cero.

A ésta parte del barómetro se le llama: Vacío de Torricelli. Obsérvese, como la columna de mercurio está equilibrada por la presión atmosférica Po. Si el barómetro se coloca al nivel del mar, se encontrará que la altura h de la columna de mercurio es de 76 cm o 760 mm, por eso se escribe que 1 atm = 76cm - Hg = 760 mmHg.

Con el uso del barómetro, podemos saber cual es la presión atmosférica en cualquier lugar de la tierra.

4-6: SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS.

1.- Una persona de 80 Kg, se encuentra parada. Calcular la presión que ejerce sobre el suelo, si el área de uno de sus piés es de 200 cm^2.

SOLUCION:-

como: $P = \frac{F}{A}$ y en éste caso, F representará el peso W de la persona, entonces:

$$P = \frac{W}{A}$$

y además: $W = mg$, entonces

$$P = \frac{mg}{A}$$

El área A será igual a 2 veces el área de uno de sus piés. Entonces:

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{80 \times 9.8}{2(200 \times 10^{-4})}$$

$$P = \frac{784}{400 \times 10^{-4}} = 1.96 \times 10^{4} \frac{Nt}{M^2}$$

2.- Un tanque de acero está totalmente lleno de benceno. Si el tanque está cerrado y es de forma cilíndrica, calcular (a) la presión en su base y (b) la fuerza total que ejerce el benceno sobre dicha base. El tanque mide de diámetro 50 Cm, y de altura 100 cm.

SOLUCIONES:- (a) Consideremos el tanque en posición vertical, descansando sobre una de sus tapas.

Entonces, por la ecuación 4-5-2:

$$P = Dgh = 880 \times 9.8 \times 1.0$$

$$P = 8624 \ Nt/M^2.$$

(b) Por la ecuación: 4-5-1: $P = \frac{F}{A}$

despejamos F y tenemos: $F = PA$

pero el área $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times (.5)^2}{4}$

$A = .196 \ M^2$, por lo tanto:

$F = 8624 \times .196 = 1,690.3$ Nt.

3.- Expresa la presión P, del problema anterior en, (a) Atmósferas (b) cm-Hg (c) M-Agua (d) $\frac{Kg}{cm^2}$.

SOLUCION:- (a) haciendo uso de las siguientes equivalencias de presión;

$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^{5} \frac{Nt}{M^2}$, entonces:

$$\frac{8624}{1.013 \times 10^{5}} = .085 \text{ atm}$$

(b) Como 1 atm = 76 cm-Hg, luego:

$$.085 \times 76 = 6.46 \text{ cm-Hg}.$$

(c) Como 1 atm = 10.3 M-Agua, por lo tanto:

.085 X 10.3 = .875 M-Agua.

NOTA: M-Agua, significa metros de columna de agua.

(d) Como 1 atm = $1.03 \frac{Kg}{cm^2}$, entonces:

$$.085 \times 1.03 = .875 \frac{Kg}{Cm^2}$$

Todos los incisos anteriores, se pueden resolver aplicando una regla de tres simple directa para cada inciso.

4.- ¿De que altura mínima ha de construirse un barómetro, en el que se vaya a usar agua en lugar de mercurio, al nivel del mar?

SOLUCION:- De acuerdo a las equivalencias: 1 atm = 10.3 M-agua, entonces la altura mínima del barómetro ha de ser de 10.3 metros.

5.- ¿Qué altura mínima ha de tener un barómetro de mercurio, en un lugar donde la presión atmosférica sea de: $10 \frac{Lbm}{pulg^2}$?

SOLUCION:- Empleando la siguiente equivalencia: $14.7 \frac{Lbm}{pulg^2} = 76$ cm-Hg

y aplicando la regla de tres simple directa, tenemos:

$$\frac{76 \times 10}{14.7} = 51.7 \text{ cm-Hg}$$

6.- Un depósito contiene agua, y está abierto a la atmósfera, en un lugar donde la presión atmosférica o barométrica, es de 73 cm-Hg. El fondo del depósito está a 2.5 M de la superficie del agua.

Calcular la presión (a) a 1 M de profundidad (b) En el fondo del depósito.

SOLUCION:- Como la ecuación general, de la ley fundamental de la hidrostática es: P = Po + Dgh, la aplicaremos para cada inciso.

(a) Si hemos de trabajar en el sistema M.K.S. transformaremos primero la presión barométrica:

$$\frac{73 \text{ cm-Hg}}{76 \text{ cm-Hg}} (1.013 \times 10^5) = .973 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$$

y sustituyendo en la ecuación general, sabiendo que la densidad absoluta D, del agua es: 10^3 Kg/M^3, tenemos:

$$P = .973 \times 10^5 + 10^3 \times 9.8 \times 1.0 = 1.071 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$$

(b) Como Po y D son los mismos, excepto h que vale ahora 2.5 M;

$$P = .973 \times 10^5 + 10^3 \times 9.8 \times 2.5 = 1.218 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$$

7.- Un tubo vertical de vidrio, abierto a la atmósfera, tiene 75 cm de gasolina, flotando sobre 50 cm de agua. Calcular (a) la presión en el nivel de separación de la gasolina y el agua, (b) En el fondo del tubo. Exprese las presiones en atmósferas.

SOLUCION:- (a) se tomará como presión atmosférica la del mar. Entonces:

$$P = Po + Dgh = 1.013 \times 10^5 + 680 \times 9.8 \times .75$$

$$P = 1.06298 \times 10^5 \frac{Nt}{M^2}$$

haciendo uso de las equivalencias:

$$\frac{1.06298 \times 10^5}{1.013 \times 10^5} = 1.049 \text{ atm.}$$

(b) Como ya fué tomada la presión atmosférica en el inciso (a), por lo pronto se calculará solamente la presión debida al agua:

$$P = Dgh = 10^3 \times 9.8 \times .5 = 4.9 \times 10^3 \frac{Nt}{M^2}$$

esta presión se transformará a atmósferas:

$$\frac{4.9 \times 10^3}{1.013 \times 10^5} = .048 \text{ atm.}$$

Entonces, la presión total en el fondo del tubo vertical, será la suma de las dos presiones:

$$1.049 + .048 = 1.097 \text{ atm.}$$

4-7 PRINCIPIO DE PASCAL Y LA PRENSA HIDRAULICA

Pascal estableció su principio de la siguiente manera: Si se aplica una presión a un líquido encerrado en un depósito, dicha presión se transmitirá por igual a todos los puntos de la superficie del depósito en contacto con el líquido.

Una de las aplicaciones más ampliamente utilizada del principio de Pascal, es en la prensa hidráulica, según la figura 4-7-1.

De acuerdo con el principio de Pascal, una presión aplicada a un líquido en la columna de la izquierda será transmitida íntegramente al líquido en la columna derecha. Por lo tanto, si una fuerza de entrada F_1, actúa sobre un émbolo o pistón de área a, ocasionará una fuerza de salida F_2, que actuará sobre el pistón de área A, así que:

Presión de entrada = Presión de salida

Según Pascal, por lo tanto:

$\frac{F_1}{a} = \frac{F_2}{A}$ .... 4-7-1, pues la presión de entrada es: $\frac{F_1}{a}$ y la presión de salida es $\frac{F_2}{A}$

La ecuación 4-7-1 es básica, en el funcionamiento de la prensa hidráulica.

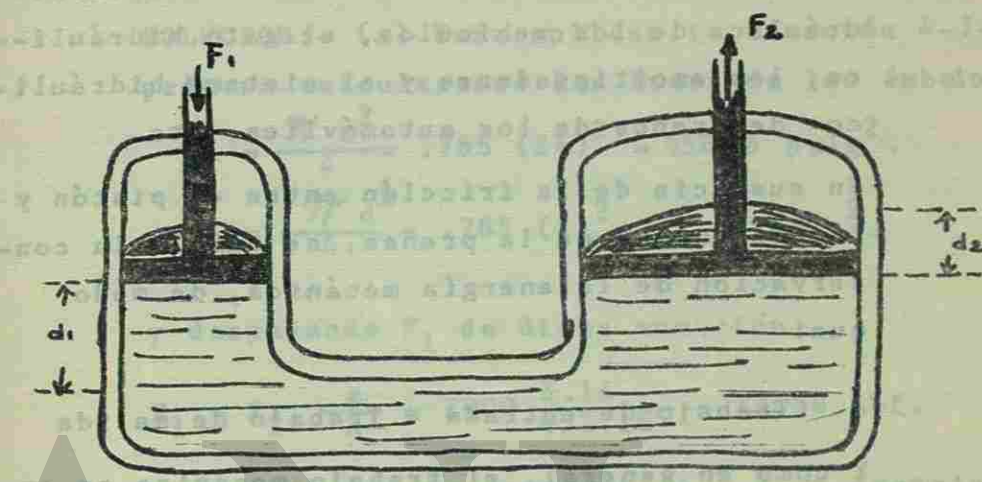


FIGURA 4-7-1

La ventaja de la prensa hidráulica es que, si se aplica una fuerza pequeña F_1, se multiplicará en una fuerza F_2 de salida, pues la ecuación: 4-7-1, así lo establece:

$F_2 = F_1 \frac{A}{a}$, pues A es mucho mayor que a.

El principio de la prensa hidráulica tiene muchas aplicaciones como son: La dirección hidráulica de los vehiculos, el gato hidráulico, los amortiguadores y el sistema hidráulico de frenos de los automóviles, etc.

En ausencia de la fricción entre el pistón y los cilindros de la prensa, se cumple la conservación de la energía mecánica, de modo que:

Trabajo de entrada = Trabajo de salida

Y como en general, el trabajo mecánico se expresa como el producto de una fuerza por una distancia, entonces: $F_1 d_1 = F_2 d_2$ ...... 4-7-2.

4-8 PROBLEMAS A RESOLVER:

Los émbolos más pequeños y más grandes de una prensa hidráulica, tienen diámetros de 2 y 24 pulgadas, respectivamente.

(a) ¿Cuál es la fuerza de entrada necesaria a fin de obtener una fuerza de salida total de 2000 Libras-Fuerza, en el émbolo más grande?

(b) ¿Qué distancia recorrerá el émbolo más pequeño, a fin de elevar al émbolo más grande una pulgada?

SOLUCION:- (a) Para aplicar la ecuación 4-7-1, primero calcularemos las áreas de los émbolos:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = .785\ (24)^2 = 452.16\ \text{pulg}^2.$$

$$a = \frac{\pi d^2}{4} = .785\ (2)^2 = 3.14\ \text{pulg}^2.$$

y despejando F_1 de dicha ecuación:

$$F_1 = F_2\ \frac{a}{A} = 2000\ \frac{3.14}{452.16} = 13.88\ \text{Lbf}.$$

(b) Aplicando la ecuación: 4-7-2, y despejando d_1;

$$d_1 = d_2 \left(\frac{F_2}{F_1} \right)$$

$$d_1 = (1) \left(\frac{2000}{13.88} \right) = 144.1\ \text{pulg}.$$

4-9 <u>PRINCIPIO DE ARQUIMIDES</u>: La fuerza de atracción entre 2 masas, está dada por la ecuación de la ley de la Gravitación Universal. Ahora, si una de las masas es la masa de la Tierra y la otra masa es la masa de un cuerpo cualesquiera colocado cerca de la tierra; entonces a dicha fuerza se le llama: Peso del Cuerpo.

Si el cuerpo se cuelga verticalmente de un hilo manteniéndose en reposo, sobre el cuerpo estará obrando la fuerza gravitacional, o sea: Su peso, el cual apuntará como vector, siempre hacia abajo verticalmente. Pues bien, el hilo a su vez ejercerá una fuerza vertical y hacia arriba; opuesta al peso del cuerpo pero de igual magnitud, según figura 4-9-1.

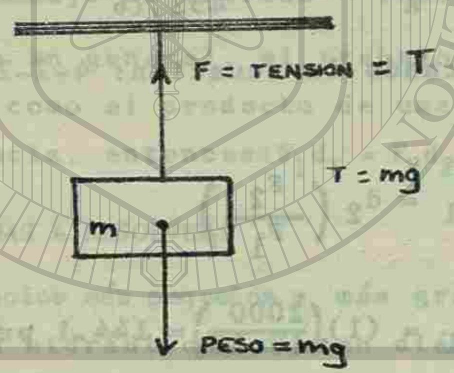


FIGURA 4-9-1

O también, si en lugar del hilo usamos un dinamómetro, el dinamómetro marcará en su escala el peso del cuerpo. Este peso, se dice que fué

medido en el aire.

Ahora, si el cuerpo es un trozo de madera, y lo colocamos sobre agua, notaremos que no se hunde, sino que flota. En éste caso, éste fenómeno es análogo al de la figura: 4-9-1, pués el agua ejercerá sobre la madera una fuerza de presión hacia arriba igual en magnitud, pero de sentido contrario, al peso del trozo de madera.

¿Qué lectura nos marcaría el dinamómetro bajo éstas condiciones?. Ah, pues no marcaría lectura, pues el agua estaría soportando totalmente el peso del trozo de madera, entonces, diríamos que el peso del trozo de madera en el agua será cero.

Si en lugar del trozo de madera, fuera un cuerpo cualesquiera que se hunde en el agua, entonces, al colgarlo de un dinamómetro, notaríamos que el dinamómetro nos de dos lecturas del peso del cuerpo; una en el aire y otra en el agua. La lectura en el agua será menor que la lectura en el aire, y diríamos pues, que el cuerpo pesa más en el aire que en el agua.

En base a los fenómenos anteriores, Arquímides enunció su principio de la siguiente manera: Un objeto que está completa o parcialmente sumergido en un fluido, experimenta una fuerza de abajo hacia arriba, igual al peso del fluido desalojado.

A la fuerza del fluido que apunta de abajo hacia arriba se le llama: Fuerza de flotación o fuerza de empuje del fluido.

Dicha fuerza, según Arquímides, es igual al peso del fluido desalojado por el cuerpo, total o parcialmente sumergido en el fluido, o sea:

F empuje = Peso del volumen del fluido desalojado.

Como: Peso = Mg, y $D = \frac{M}{V}$, entonces,

M = Dv, y sustituyendo M por DV en la ecuación del Peso; Peso = DVg, siendo D la densidad del fluido y V el volumen desalojado, por lo tanto, llegamos a la ecuación del principio de Arquímides:

F empuje = DVg 4-9-1

4-10 SECCION DE PROBLEMAS RESUELTOS.

1.- Un bloque de madera flota en agua con dos tercios de su volumen sumergido. Encontrar la densidad del bloque de madera.

SOLUCION:- Usando la ecuación 4-9-1:

F empuje del agua = Peso del bloque de madera
pero F empuje = DVg y Peso madera = D'V'g
entonces: (DVg) agua = (D'V'g) madera.

La g, en ambos miembros de la ecuación se elimina y despejando D', tenemos:

$D' = \frac{DV}{V'}$, siendo D' la densidad de la madera, V' su volumen total.

Entonces, como dice el problema que el volumen sumergido de la madera en el agua es:(2/3)V', entonces el volumen V del agua desalojada será también (2/3)V', o sea: V = (2/3)V',

por lo tanto: $D' = \frac{D(2/3)V'}{V'} = \frac{2}{3} D$

y como D del agua es 1 gr/cm^3, luego:
D' = (2/3) (1) = 0.666 gr/cm^3.

2.- El mismo bloque de madera del problema an terior, se coloca ahora sobre aceite. Se ob--serva que ahora, el volumen de la madera su--mergido en el aceite es 0.9 de su volumen to-tal. Calcular la densidad del aceite.

SOLUCION:- Siguiendo el mismo razonamiento del problema anterior, llegamos a:

$D = \frac{D'V'}{V}$ solo que ahora, el volumen V de aceite desalojado será 0.9V', según el problema, entonces:

$D = \frac{D'V'}{.9V'}$ o sea, $D = \frac{D'}{.9} = \frac{.666}{.9} = .74\ gr/cm^3$ = densidad del aceite.

3.- Un flotador cúbico tiene un volumen de 50 cm^3 y una densidad de 0.75 gr/cm^3

(a) ¿Qué volumen del cubo está por debajo de la superficie cuando flota en el agua? (b) ¿Qué peso ha de colocarse sobre el cubo para sumergirlo totalmente?

SOLUCIONES:- (a) Partiendo de la ecuación: DVg = D'V'g, que es equivalente a la ecuación 4-9-1, ya que la fuerza de empuje (DVg) del agua, será igual al peso del cuerpo flotante (D'V'g).

Despejando V, ya que equivale al volumen su--mergido del cuerpo flotante, y eliminando a g, tenemos: $V = \frac{D'V'}{D} = \frac{.75 \times 50}{1} = 37.5\ cm^3$ éste será el volumen sumergido del flotador.

(b) Al agregar un peso sobre el cubo, este se sumergirá más y más, hasta quedar totalmente sumergido, resultando que: V = V', o sea que el volumen total: V, de agua desalojada, será igual al volumen total: V', del flotador. Bajo éstas condiciones: DVg = D'V'g + Peso

Peso = DVg - D'V'g, y como V = V';

Peso = DV'g - D'V'g

Peso = V'g (D-D') = 50 x 980 (1.0 - .75)

Peso = 12,250 dinas.

4.- Se cuelga de un dinamómetro un cilindro de latón registrando un peso en el aire de 980,000 dinas. (a) ¿Qué peso registrará el dinamómetro si se sumerge totalmente el cilin--dro en el agua? (b)¿Si se sumerge solamente la mitad?.

SOLUCION:- (a) En general; Peso = D'V'g

$$V' = \frac{Peso}{D'g} = \frac{980,000}{8.7 \times 980} = 114.94\ cm^3$$

Siendo V' el volumen del cilindro.

Al sumergir totalmente el cilindro en el agua, ésta ejercerá sobre él, una fuerza de empuje: DVg, la cual hará que el dinamómetro disminuya la lectura original del peso del cilindro, en una cantidad dada por DVg, por lo tanto:

Peso del cilindro = Peso del cilindro-DVg.
En el Agua   En el Aire

y como V = V', entonces:

Peso del cilindro en el agua = 980,000-1X114.94X980= 980,000 - 112,641.2

Por lo tanto; Peso en el agua = 867,358.8 dinas

(b) En este caso:

$$V = \frac{1}{2} V' = \frac{1}{2} (114.94) = 57.47 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto:

Peso en el agua = 980,000 - 1x57.47 x 980

o sea:

Peso en el agua = 923,679.4 dinas

4-11 SECCION DE PROBLEMAS A RESOLVER.

A: FRICCION

1.- Calcular la normal de un bloque de 100 lbf que descansa sobre (a) un plano horizontal.

(b) Sobre un plano inclinado a 30° y

(c) Sobre un plano vertical.

RESPUESTAS:- (a) 100 Lbf. (b) 86.6 Lbf (c) 0.

2.- ¿Cuánto vale la fuerza de fricción estática en cada una de las ruedas de un auto, el cual requiere una fuerza mínima de 1000 Nt para comenzar a moverse?.

RESPUESTA: - 250 Nt.

3.- ¿Cuál es el peso de un cuerpo, si su coeficiente de fricción estático es de .85 y la fuerza mínima necesaria para ponerlo en movimiento es de 150 Nt, sobre un plano horizontal?.

RESPUESTA: 176.4 Nt

4.- ¿Qué ángulo mínimo ha de tener un plano inclinado, para que un bloque comience a resbalar, si su coeficiente de fricción estático es de 0.45?.

RESPUESTA: 24.22°

5.- Un cubo metálico de 500 grs. descansa sobre un plano horizontal. Si su coeficiente de fricción estático es de 0.43, ¿Qué lectura re gistrará un dinamómetro horizontal aplicado al cubo, en el momento del inicio de su movimiento?

RESPUESTA: 2.1 Nt

6.- Una masa de 250 grs. se coloca sobre un plano inclinado a 40^o. Si la fricción fuera nula;

¿Cuánto valdrá su aceleración al resbalar por el plano? ¿Qué fuerza será necesario aplicar a la masa para que resbale con velocidad constante?

Tal fuerza se considera paralela al plano.

RESPUESTA: 6.29 M/seg^2, 1.57 Nt

7.- Consideremos que en el problema anterior si hay fricción y que la masa resbaló 100 cm en un tiempo de .632 seg sobre el plano inclinado. Calcular (a) La aceleración de la masa, (b) la fuerza de fricción cinética entre el plano y la masa, (c) El coeficiente de fricción cinético y (d) la fuerza paralela al plano que hay que aplicar a la masa para que resbale con velocidad constante.

RESPUESTA: (a) 5 M/seg^2

(b) .32 Nt

(c) 0.20

(d) 1.25 Nt

8.- Una pesa de 500 grs, se dispara con una velocidad de 10 M/seg, sobre un plano inclinado sin fricción hacia arriba a 45^o. Determinar la distancia recorrida sobre el plano inclinado y el tiempo que tarda en recorrerla.

RESPUESTAS: 7.2 M, 1.44 seg.

9.- Digamos que el plano inclinado del problema 8, si tiene fricción y que el coeficiente de fricción cinético es de .35, encontrar la distancia recorrida por la pesa y el tiempo que tarda en recorrerla.

RESPUESTAS: 5.34 M, 1.069 seg.

10.- Un bloque de hielo de 80 Kg. se dispara con una velocidad de 5 M/seg, sobre un plano horizontal. Si el coeficiente de fricción cinético entre el plano y el hielo es de 0.10, ¿que distancia recorrerá al momento de detenerse?.

RESPUESTA: 12.75 M

B:- TRABAJO, ENERGIA Y POTENCIA.

1.- ¿Qué trabajo se desarrolla al levantar 30 Kg, a una altura de 20 metros?

RESPUESTA: 5,880 j

2.- Un baúl es arrastrado 50 M sobre el piso por medio de una cuerda que forma un ángulo A, con la horizontal, según la figura 4-11-B-1. La tensión en la cuerda es de: 15 Nt. Calcule el trabajo desarrollado cuando a) A = 0°, b) A= 30° c) A = 60°

FIGURA 4-11-B-1

RESPUESTAS: a) 750j, b) 649.5j y c) 375 j.

3.- Un resorte es comprimido 5 cm, por una fuerza de 60 Nt (a) ¿Qué trabajo realizó la fuerza? (b) ¿Qué trabajo efectuó el resorte

por su fuerza de reacción? (c) ¿Cuál es la energía potencial almacenada por el resorte al estar comprimido?

RESPUESTAS: a) 3.0 j, b) -3.0 j y c) 3.0 j.

4.- Un bloque de 800 Lbf, se arrastra por una superficie horizontal por medio de un cable que forma un ángulo de 37° con la horizontal. Se recorre así una distancia de 200 piés y el coeficiente de fricción cinético es de 0.3 La tensión en el cable es de 400 Lbf a) ¿Cuánto vale la Normal? b) ¿Cuánta fuerza de fricción hay? c) ¿Cuánto vale la fuerza resultante? d) ¿Qué trabajo neto se realizó o que trabajo realizó la fuerza resultante?.

RESPUESTAS: a) 559.3 Lbf, b) 167.8 Lbf,
c) 151.6 Lbf y d) 30,320 Lbf-pié.

5.- Un bloque de 84 Lbf de la figura 4-11-B-2, se empuja a velocidad constante por un suelo horizontal. La fuerza de empuje F actúa a un ángulo de 30° con la horizontal y se mantiene a lo largo de una distancia horizontal de 20 piés. Si el coeficiente de fricción cinético es de 0.3 ¿Qué trabajo realiza F? ¿Qué trabajo neto se realiza?.

FIGURA 4-11-B-2

RESPUESTAS; 609.6 Lbf-pié, 0.

6.- Encuentre el trabajo que se requiere para subir una caja de 4 Kg a velocidad constante por un plano inclinado de 20 M de largo y 16M de alto. Si el coeficiente de fricción cinético es: .30

RESPUESTA: 768 j.

7.- Una masa de 40 Kg es elevada a una altura de 40 M. Si la operación se realiza en 3 seg, ¿Qué potencia en HP se consumió?.

RESPUESTA: 7 HP

8.- Un transportador de banda eleva 500 toneladas (1 ton = 907.2 Kg) de mineral por hora a una altura de 30 M. ¿Qué potencia en Kwatt se requiere?.

RESPUESTA: 37.04 Kwatts.

9.- ¿A qué velocidad máxima puede levantar una carga de dos toneladas (1 ton=62.16 Slug) una grua de 40 HP?

RESPUESTA: 5.5 piés/seg.

10.- Un hombre de 200 Lbf sube una pendiente de 800 pies en 7 horas ¿Qué potencia media desarrolla?

RESPUESTA: 6.35 Lbf-pié/seg.

11.- Un ascensor de 300 kg, sube una distancia de 100 M en 2 min, a velocidad constante. ¿Qué potencia útil desarrolló el ascensor?.

RESPUESTA: 2.45 Kwatts.

12.- Un motor de 90 Hp se utiliza para la tracción de un ascensor en un hotel, Si el peso del elevador es de 3000 Lbf, ¿cuánto tiempo exigirá subirlo a una altura de 200 pies?. Considerar la velocidad constante.

RESPUESTA: 12.1 seg.

C:- ENERGIA CINETICA Y POTENCIAL.

1.- Una masa de 6 Kg cae desde una altura de 20 M. ¿Cuánta energía potencial pierde?

RESPUESTA: 1176 j.

2.- Una bala de cañón de 12 Lbf se mueve a una velocidad media de 80 piés/seg. ¿Cuánta energía cinética posee?.

RESPUESTA: 1200 Lbf-pié.

3.- Un bloque de 30 Kg, se levanta 20 M. (a) ¿Qué energía potencial adquiere con respecto al nivel de donde se levantó? (b) Si cae desde dicha altura, ¿qué energía cinética tendrá al pegar en el nivel de donde se levantó?.

RESPUESTAS: (a) 5,880 j (b) 5,880 j.

4.- Se dispara una bala de 16 Lbf hacia arriba con una velocidad de cañón de 400 pies/seg. ¿Cuánta energía cinética tiene al salir y cuánta energía potencial tiene en el punto más alto?

RESPUESTAS:- 4×10^4 Lbf-pié, 4×10^4 Lbf-pié.

5.- Un cuerpo de 1 Kg, se suelta desde la parte superior de un plano inclinado, de altura 8.66 M y de una longitud de 10 M. (a) Si se desprecia la fricción, calcular la energía cinética del cuerpo al llegar a la parte inferior del plano. Y (b) Si la fricción existe: $\mu_K = .250$, calcular la energía cinética del cuerpo al llegar a la parte inferior del plano. Además explicar el porqué de los valores diferentes de las energías cinéticas obtenidas.

RESPUESTAS: (a) 84.86 j (b) 72.55 j,

La diferencia entre las dos energías se debe a pérdidas de energía cinética por la fricción, transformándose en energía calorífica.

6.- ¿Qué masa ha de colocarse sobre un resorte vertical: De constante de fuerza $5000 \frac{\text{dinas}}{\text{cm}}$, para que lo comprima 3 cm?.

RESPUESTA: 7.65 grs.

7.- En el problema anterior, ¿Cuánto vale la energía potencial elástica del resorte comprimido?.

RESPUESTA: 22,500 ergios.

8.- En la figura 4-11-C-1, la esfera tiene una masa de 5 Kg y el hilo mide 50 cm. (a) ¿Cuál es su energía potencial gravitacional? (b) Al soltar la esfera y llegar a su parte inferior, ¿Cuánto vale su energía cinética?

FIGURA 4-11-C-1

RESPUESTAS. (a) 24.5 j (b) 24.5 j.

9.- Despreciando la fricción, determinar la energía potencial gravitacional y cinética de la bolita de masa de 50 grs, en los puntos A, B y C de la figura 4-11-C-2.

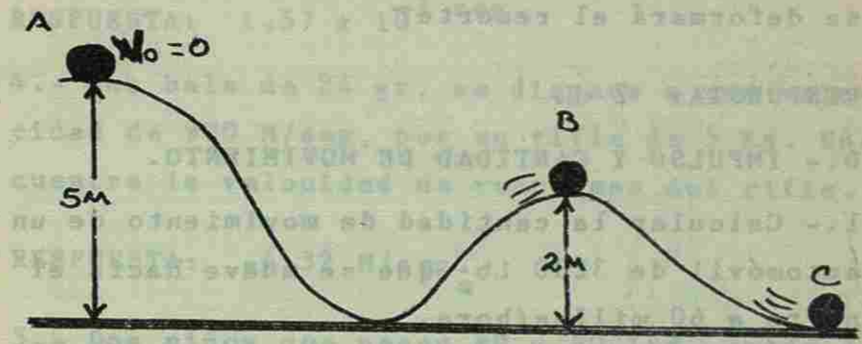


FIGURA 4-11-C-2

RESPUESTAS: En A: $U_g = 2.45$ j, K = 0

B: $U_g = 0.98$ j, K = 1.47 j

C: Ug = 0.00, K = 2.45 j.

10.- De un resorte vertical, se cuelga una masa m, y se baja lentamente hasta que el resorte no se estira más, quedando en reposo la masa. En éste momento se mide la deformación del resorte y se encuentra que fué una distancia d.

Enseguida, se quita la masa m y el resorte vuelve a su longitud normal. De nuevo se coloca la masa m, pero ahora se suelta, ¿Cuánto se deformará el resorte?

RESPUESTA: 2 d.

D:- IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO.

1.- Calcular la cantidad de movimiento de un automóvil de 3200 Lb_m que se mueve hacia el norte a 60 millas/hora.

RESPUESTA: 8,800 Slug-pié/seg.

2.- Un camión de 6000 Lb_m que se mueve a 40 millas/hora, choca contra una pared de ladrillos y se detiene en 0.20 seg. a) ¿Cuánto vale el impulso? b) Qué valor tiene la fuerza media que obró sobre el camión durante el impacto?

RESPUESTAS: (a) -1.1×10^4 Lbf-seg.
(b) 5.5×10^4 Lbf.

3.- Una pelota de beisbol de 0.5 Lbf llega al bateador con una velocidad de 80 pies/seg. Después de ser golpeada, sale a 110 pies/seg en dirección opuesta. Si la pelota ejerce una

fuerza media de 1890 Lb_f, ¿Durante cuánto tiempo estuvo en contacto con el bat?.

RESPUESTA: 1.57×10^{3} seg.

4.- Una bala de 24 gr, se dispara a una velocidad de 900 M/seg, por un rifle de 5 Kg. Encuentra la velocidad de retroceso del rifle.

RESPUESTA: -4.32 M/seg.

5.- Dos niños que pesan 80 y 50 Lbf, están de pié sobre patines de ruedas. Si el niño mayor empuja al menor de manera que el menor se aleje a 6 millas/hora, ¿Cuál será la velocidad del niño mayor?.

RESPUESTA:- 3.75 millas/hora.

6.- El coeficiente de restitución del acero es 0.90 Si un balín de acero se deja caer desde una altura de 20 piés, ¿Cuán alto rebotará?.

RESPUESTA: 16.2 piés.

7.- Dos pelotas de 5 Lb_f y 12 Lb_f, se acercan una a la otra a velocidades iguales de 25 pies/seg. a)¿Cuál será su velocidad combinada después del choque, si su colisión es ine--lástica? b) Cuáles serán sus respectivas velocidades después del impacto si su coli---sión es elástica?.

RESPUESTAS:- a) -10.3 piés/seg. b)4.41 pies/seg, - 45.6 pies/seg.

8.- Un cuerpo de 60 gr, tiene una velocidad inicial de 100 cm/seg, hacia la derecha, y otro cuerpo de 150 gr, tiene una velocidad inicial de 30 cm/seg hacia la izquierda. Si su coeficiente de restitución es de 0.80, encontrar sus respectivas velocidades y direcciones después del choque. ¿Qué porcentaje de la energía cinética inicial se perdió durante la colisión?

RESPUESTAS: El cuerpo de 60 grs, rebota con una velocidad de -67.14 cm/seg y el de 150 gr, rebota con una velocidad de 36.86 cm/seg.

Porcentaje que se perdió de la energía cinética = 35.51.

9.- Dos pelotas de madera de 2 Kg, descan--san en reposo sobre una pista sin fricción,

a una separación 5 M. Si una tercera pelota de la misma masa golpea a la primera con una velocidad de 30 M/seg. ¿Cuánto tiempo requerirá la primera pelota para alcanzar y golpear a la segunda?. Suponer que: e = 1.0

RESPUESTA: 0.167 seg.

10.- Un camión vacío que pesa 3 toneladas rueda libremente a 5 pies/seg, sobre una carretera horizontal y choca contra un camión cargado que pesa 5 toneladas que está en reposo pero en libertad de moverse. Si los dos camiones se enganchan entre si durante el choque, encuentre su velocidad después del impacto. Compara su energía cinética antes y después del impacto. ¿Como se explica la disminución de energía?.

RESPUESTAS: 1.88 pies/seg.

$K = 2344\ Lb_f$-pié y $K = 879\ Lb_f$-pié.

La disminución de la energía cinética se debe a que durante el choque inelástico, parte de la energía cinética antes del choque, se convirtió en energía de deformación de los dos camiones y en energía calorífica durante el choque, y el resto de la energía se con-- virtió en la energía cinética de movimiento de los dos camiones enganchados, después del choque.

E:- HIDROSTATICA.

1.- ¿Qué volumen ocuparán 250 grs, de mercurio?

¿Cuál es el peso de ese volúmen?

RESPUESTAS: $18.38\ cm^3$, 2.45×10^5 dinas.

2.- Una sustancia desconocida tiene un volumen de 20 piés^3 y pesa 3370 Lb_f: Considerando su peso específico, ¿Qué sustancia pudiera ser?

RESPUESTA: Aluminio.

3.- ¿Qué volumen de agua tiene el mismo peso que un pié cúbico de plomo?. Calcúlese la densidad del agua en Slug por pié cúbico.

RESPUESTA: 11.3 piés^3, 1.95 Slug/pié^3

4.- 100 gr de hielo se agregan a 100 cm^3 de agua. ¿Qué volumen total de agua líquida se obtendrá, al fundirse totalmente el hielo?.

RESPUESTA: 200 cm^3

5.- Si el aluminio se tomara como referencia para los sólidos. ¿Cuál será la densidad relativa del cobre?.

RESPUESTA: 3.28

6.- Calcular la densidad absoluta del mercurio si su densidad relativa es 13,600.

RESPUESTA: 13,600 Kg/M^3.

7.- Calcular el peso específico del hierro en Marte, si la gravedad en Marte es 0.38 veces la gravedad de la Tierra y la densidad absoluta del hierro es de 7.85 gr/cm^3.

RESPUESTA: 2,923.3 $dinas/cm^3$.

9.- El peso específico del oro es: $18914\ \frac{dinas}{cm^3}$

¿Qué masa de oro estará contenida en 10 cm^3?.

RESPUESTA: 193 grs.

10.- El mercurio y el agua son inmiscibles. Si se agrega mercurio a un vaso que contiene agua; ¿Cuál irá al fondo del vaso?. El agua tiene una densidad absoluta menor que la del mercurio.

RESPUESTA: El mercurio.

11.- Encuentra la presión en Kilo-Pascales debido a una columna de mercurio de 60 cm de altura. ¿Cuál es la presión en Lbf/pulg^2?, ¿cuál en atmósfera?.

RESPUESTAS: 80 KPa, 11.6 Lb_f/pulg^2, .79 atm.

12.- Un submarino se sumerge a una profundidad de 120 pies y se nivela. El interior del mismo se mantiene a la presión atmosférica. ¿Cuál es la fuerza total que se ejerce sobre el casco de 2 pies de ancho y 3 de largo?.

RESPUESTA: 57,644.44 Lb_f.

13.- Una alberca de 5 x 3 x 2 metros, tiene agua hasta 1.60 M de altura. Calcular el peso total sobre el fondo de la alberca, al nivel del mar.

RESPUESTA: 17.5×10^5 Nt.

14.- Una columna cilíndrica de 10 cm de diámetro y de 10 M de altura, está completamente llena de aceite cuya densidad absoluta es 0.86 gr/cm^3. La columna está abierta por su parte superior a la atmósfera. Si la presión

barométrica es de 74 cm-Hg, calcular el peso de la columna de aceite en su base.

RESPUESTA: 1,454.4 Nt.

15.- Un tanque cilíndrico cerrado de 1 M de altura, está completamente lleno de agua. ¿Qué presión recibe el fondo del tanque?.

RESPUESTA: 9.8×10^3 Nt/M^2.

16.- En una prensa hidráulica las áreas de los émbolos pequeños y grandes son 0.5 y 25 pulg^2, respectivamente. ¿Cuál es la fuerza que debe aplicarse en el émbolo pequeño para levantar una carga de una tonelada?. ¿Qué distancia debe recorrer la fuerza de entrada a fin de levantar la carga una pulgada de altura?.

RESPUESTAS: 40 Lb_f, 50 pulgadas.

17.- El tubo de entrada que suministra aire a presión para operar un elevador hidráulico, tiene un diámetro de 2 cm. El émbolo de salida tiene un diámetro de 32 cm. ¿Cuál es la presión de aire que debe emplearse para levantar un automóvil de 1800 Kg?.

RESPUESTA: 219 KPa.

18.- Una piedra de composición desconocida pesa 82 Lb_f en el aire. Su peso aparente es 74 Lb_f, cuando se sumerge en el agua. ¿Cuál es el volumen de la piedra y cuál su densidad absoluta?.

RESPUESTAS: 0.12 $piés^3$, 21.3 $Slugs/pié^3$

19.- Un bloque de metal de 64 Lb_f, tiene un volumen de 0.2 $piés^3$. El bloque se sumerge completamente en aceite (Pe = 48 $Lb_f/pié^3$) suspendido de una cuerda. Encontrar la fuerza de empuje y la tensión de la cuerda.

RESPUESTAS: 9.6 Lb_f, 54.4 Lb_f.

20.- Un cubo de madera pesa 16 Lb_f en el aire. Se colocan lastres de plomo con un peso de 28 Lb_f, y ambos se sumergen en agua. Su peso combinado en agua es de 18 Lb_f. Encuentre el peso específico del cubo de madera.

RESPUESTA: 42.5 $Lb_f/pié^3$.

21.- El piso de una barcaza tiene 18 piés de ancho y 70 piés de largo. ¿Cuánto se hundirá en el agua, si 200 toneladas de carbón se colocan sobre la barcaza?.

RESPUESTA: 5.08 piés.

22.- Un cubo de madera que tiene un volumen de 120 cm^3, tiene una masa de 100 gr. ¿Flotará en el agua? ¿En gasolina?.

RESPUESTA: Si, No.

23.- ¿Qué porcentaje de un témpano permanecerá por debajo del nivel del agua de mar (D=1,030 Kg/M^3).

RESPUESTA: 89.3 %.

24.- ¿Cuál es el área mínima de un bloque de hielo con espesor de 3 M que soportará a un hombre de 90 Kg?. El hielo flota en el agua fría.

RESPUESTA: 3.75 M^2