

CONCEPTO:

En este capítulo se sigue considerando el modelo de una partícula.

La **dinámica** estudia el movimiento de los cuerpos considerando las causas que lo producen como resultado de la interacción con un agente externo. Es una rama de la Mecánica que abarca casi toda la Mecánica Clásica. En la Mecánica Clásica se restringe el estudio a los cuerpos (partículas) grandes comparados con el tamaño de un átomo ($\sim 10^{-10} \text{ m}$) y para velocidades pequeñas comparadas con la de la luz ($\sim 3 \times 10^8 \text{ m/s}$). Isaac Newton (1642-1727) es el principal creador de la Mecánica Clásica. La Mecánica Relativista estudia el movimiento de las partículas subatómicas, que se mueven a muy altas velocidades, es más general que la Mecánica Clásica a la que incluye como caso particular. Su creador fue A. Einstein (1879 – 1955).

FUERZA:

En la vida cotidiana se considera fuerza a una sensación común asociada con la dificultad para mover o levantar un cuerpo. En Física se identifica una fuerza por el efecto que produce. Uno de los efectos de una fuerza es cambiar el estado de reposo o de movimiento del cuerpo, más concretamente, una fuerza cambia la velocidad de un objeto, es decir produce una aceleración. Cuando se aplica una fuerza sobre un cuerpo y no se produce movimiento, entonces puede cambiar su forma, aún si el cuerpo es muy rígido. La deformación puede o no ser permanente. Entonces los efectos de la fuerza neta son dos: cambiar el estado de movimiento de un cuerpo o producir una deformación, o ambas cosas.

Normalmente sobre un cuerpo pueden actuar varias fuerzas, entonces el cuerpo acelerará cuando el efecto de la fuerza neta que actúa sobre él no es cero. Se llama fuerza neta o fuerza resultante a la suma de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Si la fuerza neta es cero, la aceleración es cero, el movimiento es con velocidad igual a cero (cuerpo detenido) o con velocidad constante. Cuando un cuerpo está en reposo o se mueve con velocidad constante, se dice que está en equilibrio.

Se pueden distinguir dos grandes clases de fuerzas: *fuerzas de contacto*, representan el resultado del contacto físico entre el cuerpo y sus alrededores, por ejemplo mover un carro o estirar un resorte; y *fuerzas de acción a distancia* que actúan a través del espacio sin que haya contacto físico entre el cuerpo y sus alrededores, por ejemplo la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos que caen en caída libre. Todas las diferentes formas de fuerzas se encuentran dentro de esas dos grandes clasificaciones.

Para describir el mundo, la física contemporánea recurre a cuatro interacciones o fuerzas fundamentales, que actúan sobre las partículas de materia. Estas fuerzas son:

- 1) *Fuerzas electromagnéticas* de atracción o repulsión entre partículas cargadas en reposo o en movimiento, explica la cohesión de los átomos, es mucho más intensa que la fuerza gravitacional.
- 2) *Fuerzas nucleares intensas* entre partículas subatómicas, responsable de la existencia del núcleo atómico asegura la cohesión interna de los constituyentes del núcleo atómico, protones y neutrones, y es responsable de un gran número de reacciones y de desintegraciones; es la de mayor magnitud ($10^2 - 10^3$ veces la fuerza electromagnética).
- 3) *Fuerzas nucleares débiles* de corto alcance, rige algunos procesos radiactivos, establece la estabilidad de algunos núcleos, es varios órdenes de magnitud (10^{12}) menor que la fuerza electromagnética.
- 4) *Fuerza de atracción gravitacional* entre cuerpos debido a sus masas, entre otras cosas hace que caigan las manzanas y que suba la marea, es la fuerza de menor magnitud comparada con las otras.

LEYES DE NEWTON:

1^{ra}. Ley de Newton: "Ley de Inercia"

"Un cuerpo en reposo permanecerá en reposo y uno en movimiento continuará en movimiento con velocidad constante, a menos que actúe una fuerza sobre el cuerpo que altere su estado de reposo o de movimiento".



En otros términos se enuncia de la siguiente forma: *si la suma de fuerzas que actúa sobre un cuerpo es cero, su aceleración es cero*. Esto significa que la partícula se encuentra en *equilibrio de traslación*, y se cumple la condición:

$$\Sigma F = 0 \implies a = 0$$

Es importante darse cuenta que esta ley no ha sido probada real y verdaderamente, ya que no es posible eliminar totalmente las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Es una generalización de la experiencia. La primera Ley de Newton se conoce también como Ley de Inercia.

INERCIA:

La inercia se puede definir como la propiedad de un cuerpo que tiende a resistir un cambio en su estado de reposo o de movimiento. Por ejemplo, los pasajeros de un automóvil que acelera sienten contra la espalda la fuerza del asiento, que vence su inercia y aumenta su velocidad. Cuando éste frena, los pasajeros tienden a seguir moviéndose y se mueven hacia adelante, por lo que deben apoyarse en el asiento delantero para no salir del suyo. Si se realiza un giro, un paquete situado sobre el asiento se desplazará lateralmente, porque la inercia del paquete hace que tienda a seguir moviéndose en línea recta.

MASA:

La masa está definida como una medida cuantitativa de la inercia.

Como mide la resistencia de un cuerpo a cambiar su estado de movimiento o de reposo, se le llama masa inercial, y está determinada por la razón entre la fuerza neta sobre el cuerpo y su aceleración.

¿A qué se llama masa gravitacional?

La masa es una propiedad del cuerpo, es independiente del medio que la rodea y del método usado para medirla, para un cuerpo determinado tiene el mismo valor en cualquier lugar del universo. Es un escalar, en el SI se mide en kg.

PESO:

Todos los cuerpos que se dejan en libertad cerca de la superficie terrestre caen con la aceleración de gravedad. Lo que los hace caer es la fuerza de atracción gravitacional con que la Tierra atrae a cualquier cuerpo con masa. A la fuerza de atracción gravitacional que la Tierra ejerce sobre un cuerpo en sus cercanías se le llama peso del cuerpo, se simboliza con P. Es un vector fuerza dirigido hacia el centro de la Tierra, en la dirección de g, se mide en N, su valor es:

$$P = mg$$

El peso depende de g , varía con la ubicación geográfica y disminuye con la altura, por lo tanto no es una propiedad del cuerpo y no se debe confundir con la masa. Una balanza que es un instrumento para comparar fuerzas, se usa en la práctica para comparar masas. Generalmente se dice que un kilo de azúcar 'pesa' 1 kg, aunque el kilogramo es una unidad de masa, no de fuerza.

2da. Ley de Newton: "Ecuación Fundamental del Movimiento"

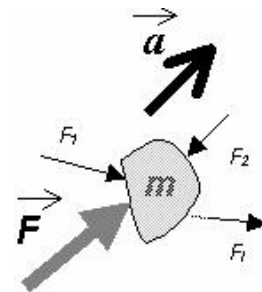
Esta ecuación fundamental es muy sencilla y completa, encierra razonamientos físicos muy profundos, producto de la experiencia. Permite describir el movimiento y la mayor parte de los fenómenos de la Mecánica Clásica.

"Cuando un cuerpo de masa m está bajo la acción de una fuerza externa F , esta adquiere una aceleración que es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa".

$$\vec{a} \propto \frac{\vec{F}}{m}$$

La constante de proporcionalidad en el sistema SI es la unidad.

Generalizando, si sobre el cuerpo actúan N fuerzas, entonces es posible reemplazada por una sola fuerza equivalente llamada también *fuerza resultante* o *fuerza neta* que actúa sobre la masa m $\vec{F} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$, con esto



la segunda ley de Newton queda expresado así:

$$\vec{F} = m \vec{a} \tag{1}$$

Nota: Puesto que la masa es una magnitud escalar positiva la aceleración tiene la misma dirección de la fuerza resultante.

Se observa que la primera Ley de Newton es un caso particular de la segunda ley cuando la fuerza neta es cero, ya que en ese caso la aceleración debe ser cero, por lo tanto es una consecuencia de la segunda ley.

UNIDADES:

En el sistema internacional SI, la fuerza se expresa en *Newton (N)* que se define como la fuerza que comunica a 1 Kg de masa una aceleración de 1 m/s².

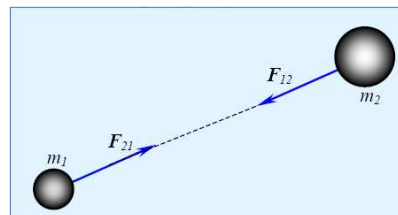
$$1N = 1 \text{ Kg } m/s^2$$

En el sistema Ingles, la fuerza se expresa en *libra-fuerza (lb)* que se defina como la fuerza que comunica a 1 slug de masa una aceleración de 1 pie/s².

$$1 \text{ lb} = 1 \text{ slug } \text{pie}/s^2$$

3ra. Ley de Newton: "Principio de acción y reacción"

Cada vez que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro cuerpo, este reacciona ejerciendo una fuerza sobre el primero. Las fuerzas en cada cuerpo son de igual magnitud, y actúan en la misma línea de acción, pero son de sentido contrario, como se ve en la figura. Esto significa que no es posible que exista una fuerza aislada, es decir, no existe un cuerpo aislado en la naturaleza, cualquier fuerza individual es un aspecto de una interacción mutua entre dos cuerpos, que puede ser por contacto directo o por acción a distancia.



Esta propiedad de las fuerzas fue demostrada experimentalmente y expresada por Newton en su Tercera Ley de Movimiento, que se enuncia como sigue:

"Si dos cuerpos interactúan, la fuerza que el cuerpo 1 ejerce sobre el cuerpo 2 es igual y opuesta a la fuerza que el cuerpo 2 ejerce sobre el cuerpo 1".

Escrita en términos de una ecuación se puede escribir:

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$

donde **F21 (F12)** es la fuerza que ejerce el cuerpo de masa $m1$ ($m2$) sobre el cuerpo de masa $m2$ ($m1$). Si una de las fuerzas que intervienen en la interacción entre dos cuerpos se llama **acción**, la otra recibe el nombre de **reacción**.

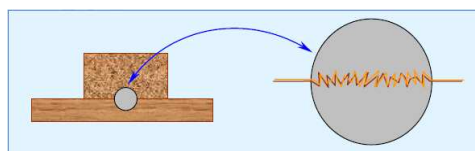
Las fuerzas de acción y reacción actúan siempre en pareja y sobre cuerpos diferentes. Si actuaran sobre el mismo cuerpo no existiría el movimiento acelerado, porque la resultante siempre sería cero. Entonces, para que una pareja de fuerzas se consideren como fuerzas de acción y reacción, deben cumplir los siguientes requisitos simultáneamente: deben tener igual magnitud, la misma dirección, sentido opuesto, actuar en cuerpos diferentes y actuar en parejas.

FUERZA DE ROZAMIENTO.

Cuando un cuerpo es arrojado sobre una superficie común o cuando un objeto se mueve a través de un medio viscoso como agua o aire, después de cierto tiempo se detiene, porque experimenta una resistencia a su movimiento debido a la interacción del cuerpo con el medio que lo rodea. Esa resistencia cambia la velocidad del cuerpo, por lo tanto se mide con una fuerza. Una fuerza de resistencia de esa naturaleza se llama **fuerza de rozamiento o de fricción**. Son muy importantes en la vida cotidiana, ya que por ejemplo nos permiten caminar y son necesarias para que se realice el movimiento de vehículos (con ruedas).

La fuerza de rozamiento es paralela a la superficie en el punto de contacto entre dos cuerpos y tiene dirección opuesta al movimiento, nunca ayudan al movimiento.

Las evidencias experimentales indican que esta fuerza se produce por la irregularidad de las superficies, de modo que el contacto se realiza sólo en unos cuantos puntos, como se ve en una vista ampliada de las superficies. La fuerza de rozamiento a escala microscópica es más compleja de lo que aquí se presenta, ya que corresponde a fuerzas electrostáticas entre átomos o moléculas en los puntos donde las superficies están en contacto.



Experimentalmente se encuentra que para dos tipos de superficies dadas, las fuerzas de rozamiento estática y cinética son aproximadamente independientes del tamaño del área de las superficies en contacto y son proporcionales a la fuerza normal N .

La *fuerza de roce estático*, f_E , es opuesta a la fuerza aplicada y la constante de proporcionalidad con la normal se llama coeficiente de rozamiento estático, μ_E , entonces la magnitud de la fuerza de rozamiento estático es:

$$f_E \leq \mu_E N$$

Cuando el bloque está apunto de moverse, la fuerza de roce estático es máxima, $f_{Emáx}$, lo mismo que el coeficiente de roce es máximo, $\mu_{Emáx}$, entonces:

$$f_{Emáx} \leq \mu_{Emáx} N$$

La *fuerza de rozamiento cinético*, f_C es opuesta al movimiento, es aproximadamente independiente de la velocidad con que se mueven las superficies para velocidades 'pequeñas'. La constante de proporcionalidad con la normal se llama coeficiente de rozamiento cinético, μ_C , entonces la magnitud de la fuerza de rozamiento cinético es:

$$f_C \leq \mu_C N$$

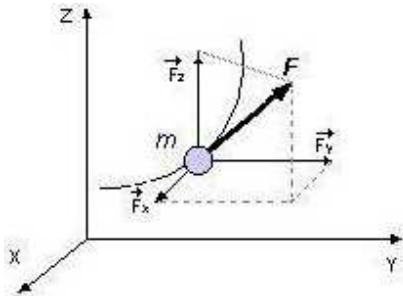
Las expresiones de f_C y f_E son empíricas, no son leyes físicas fundamentales. Los coeficientes de rozamiento estático μ_E y cinético μ_C son constantes adimensionales. Sus valores dependen de la naturaleza de las superficies en contacto y en general para un par de superficies dadas $\mu_{Emáx} > \mu_C$.

Algunos valores de los coeficientes de roce se dan en la siguiente tabla:

Superficies	μ_E	μ_C
Madera – madera	0.25 – 0.5	0.2
Acero – acero	0.74	0.57
Vidrio – vidrio	0.94	0.40
Caucho – concreto	0.15	0.06
Cobre – vidrio	0.68	0.53
Hielo – hielo	0.1	0.03
Articulaciones humanas	0.01	0.003

ECUACIONES DEL MOVIMIENTO.

1. Componentes Cartesianas.-



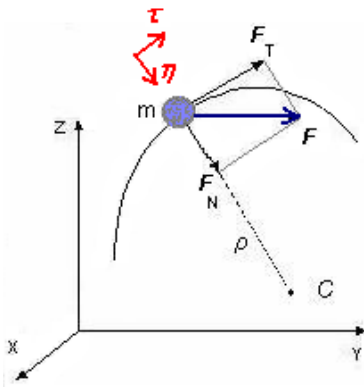
2da ley de Newton: $\vec{F} = m \vec{a}$

$$F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k} = m(a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k})$$

donde las componentes cartesianas serán:

$$F_x = m a_x ; F_y = m a_y ; F_z = m a_z$$

2. Componentes Normal y tangencial.-



2da ley de Newton: $\vec{F} = m \vec{a}$

$$F_t \hat{t} + F_N \hat{n} = m(a_t \hat{t} + a_N \hat{n})$$

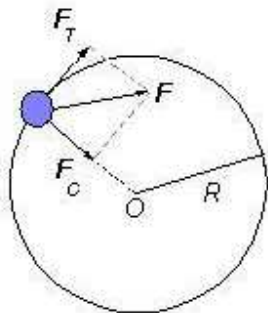
Donde componentes tangencial y normal serán:

$$F_T = m a_T = m \frac{dv}{dt}$$

$$F_N = m a_N = m \frac{v^2}{\rho}$$

DINAMICA CIRCULAR.

Aquí a la fuerza normal también se le llama Fuerza Centrípetra, que es *la resultante de todas las fuerzas en la dirección radial y está dirigida hacia el centro de la circunferencia.*



Para un Movimiento Circular Uniforme (MCU).

Como v es constante, entonces, no existe la fuerza tangencial.

$$F_T = 0$$

Sólo existe la fuerza centrípeta, y recordando que $v = \omega R$ y $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$, el módulo de esta fuerza se calcula así:

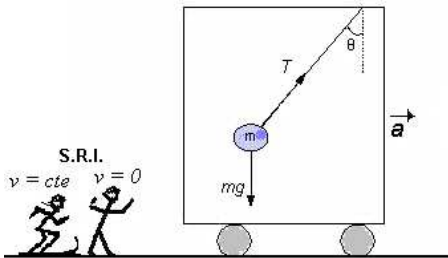
$$F_c = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R = 4\pi^2 f^2 R m.$$

SISTEMAS DE REFERENCIA.

1. Sistema de Referencia Inercial (S. R. I.)

- Son sistemas en reposo o con M. R. U.
- Son sistemas en donde se cumplen las leyes de Newton.
- Al hacer el D. C. L., solo se grafican fuerzas reales es decir aquellas que resultan de la interacción con los cuerpos.

Veamos el siguiente ejemplo:



Consideremos la dirección horizontal:

$$\left(\begin{matrix} + \\ \rightarrow \end{matrix} \right) \sum F_x = ma \quad T \operatorname{sen}\theta = ma$$

En la dirección vertical:

$$\left(+ \uparrow \right) \sum F_y = 0: \quad T \cos \theta = mg$$

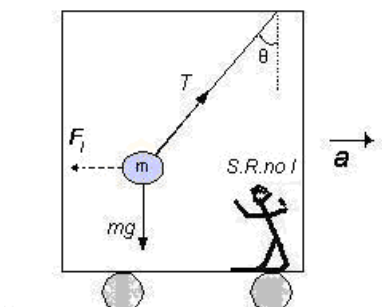
Dividiendo la segunda de la primera ecuación, se tiene:

$$a = g \operatorname{tg} \theta$$

2. Sistema de referencia No Inercial (S. R. N.I.)

- Son sistemas acelerados (M. C. U., o en rotación).
- Son sistemas en donde no se cumplen las leyes de Newton. Sin embargo, para que las leyes de Newton puedan ser válidas es necesario incluir *fuerzas ficticias* llamadas *fuerzas inerciales*, cuya dirección es opuesta al movimiento del sistema y de magnitud $F = ma_{\text{sist}}$.

Consideremos el ejemplo anterior, pero ahora analizado desde un S.R.N.I.



Consideremos la dirección horizontal:

$$\left(\begin{matrix} + \\ \rightarrow \end{matrix} \right) \sum F_x = 0 \quad T \operatorname{sen}\theta = F_i$$

$$T \operatorname{sen}\theta = ma$$

En la dirección vertical:

$$\left(+ \uparrow \right) \sum F_y = 0: \quad T \cos \theta = mg$$

Dividiendo la segunda de la primera ecuación, se tiene:

$$a = g \operatorname{tg} \theta$$

PROBLEMAS RESUELTOS:

Ejemplo 1:

Una fuerza horizontal neta de 120N actúa sobre una carga de 40 Kg. en reposo en el piso. a) ¿Qué aceleración se produce? b) ¿Qué distancia recorre la caja en 10s? c) ¿Qué rapidez tiene después de 10 s?

Resolución:

a) ¿Qué aceleración se produce?

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$(120 \text{ N}) = (40 \text{ kg}) a$$

$$a = 3 \text{ m} / \text{s}^2$$

b) ¿Cuánto viaja la caja en 10 s.?

$$d = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$d = 0 + \frac{1}{2} (3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) (10\text{s})^2$$

$$d = 150 \text{ m}$$

c) ¿Qué rapidez tiene después de 10s. ?

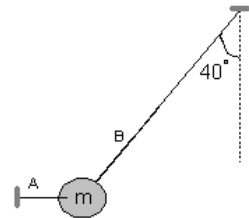
$$V_f = V_0 + at$$

$$V_f = 0 + (3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) (10\text{s})$$

$$V_f = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

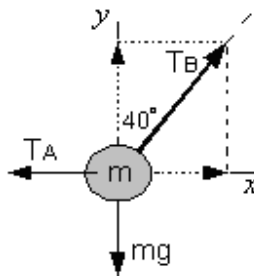
Ejemplo 2:

Una bola de demolición esta sujeta por dos cables de acero ligeros. Si la tensión T_A del cable horizontal es de 580N. a) ¿Qué tensión T_B hay en el cable que está a 40° de la vertical? b) ¿Qué masa tiene la bola?



Resolución:

a) Hacemos el DCL de la esfera y descomponemos las fuerzas en los ejes x e y. Aplicando la segunda ley de Newton y considerando que la masa m no se mueve se tiene:



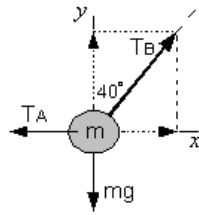
$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

$$(\rightarrow) \sum \vec{F}_x = m \vec{a}_x \Rightarrow \sum \vec{F}_x = 0$$

$$T_B \text{ sen } 40^\circ = T_A$$

$$T_B = 902.3 \text{ N}$$

b) Cálculo de la masa.

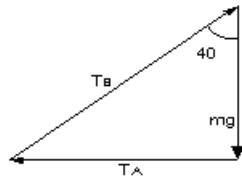


$$(+ \uparrow) \sum \vec{F}_y = m \vec{a}_y \Rightarrow \sum \vec{F}_y = 0$$

$$T_B \cos 40^\circ = mg$$

$$m = 70.46 \text{ kg}$$

Otro método:



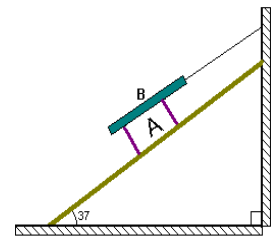
Ley de Senos

$$\frac{T_A}{\text{Sen } 40^\circ} = \frac{T_B}{\text{Sen } 90^\circ} = \frac{mg}{\text{Sen } 50^\circ}$$

Resolviendo se encuentran los mismos resultados.

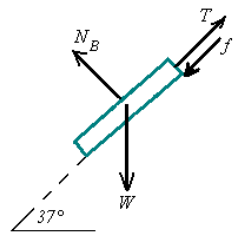
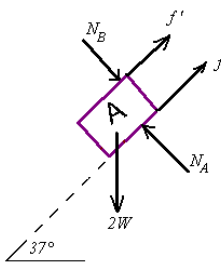
Ejemplo 3:

El bloque A de peso $2W$ resbala con una rapidez constante por el plano inclinado S que forma 37° con la horizontal mientras que la tabla B de peso W , descansa sobre A, estando sujeta con un hilo a la pared. a) Dibuje el diagrama de todas las fuerzas que actúan sobre A y B. b) Si el coeficiente de fricción es el mismo entre A y B y entre S y A, determine su valor.

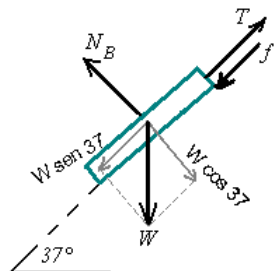
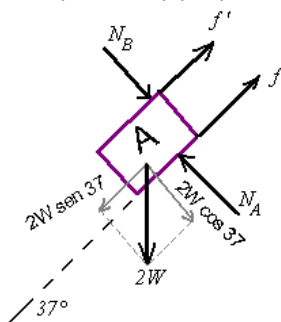


Resolución:

a) Las fuerzas que actúan sobre los bloques A y B.



b) Para hallar el valor del coeficiente de rozamiento, descomponemos las fuerzas del peso en dirección paralela y perpendicular al plano:



El bloque A en dirección perpendicular al plano está en equilibrio estático:

$$\Sigma F_{\perp} = 0$$

$$N_A = N_B + 2W \cos 37^{\circ}$$

De (1):

$$N_A = 3W \cos 37^{\circ} \quad (2)$$

En dirección paralela al plano se mueve con velocidad constante (equilibrio cinético)

$$\Sigma F_{\parallel} = 0$$

$$2W \sin 37^{\circ} = f + f' \quad (4)$$

El bloque B en dirección perpendicular al plano también está en equilibrio estático:

$$\Sigma F_{\perp} = 0$$

$$N_B = W \cos 37^{\circ} \quad (1)$$

Por otro lado:

$$f = \mu N_A$$

$$f' = \mu N_B \quad (3)$$

De (1), (2) y (3) según (4) se tiene:

$$2W \sin 37^{\circ} = \mu (4W \cos 37^{\circ})$$

$$\mu = \frac{1}{2} \operatorname{tg} 37^{\circ} = 0.38$$

PROBLEMAS PROPUESTOS.

- Un cuerpo se deja caer libremente desde lo alto de un rascacielos. Al cabo de un tiempo t_A , pasa por un punto A. Cinco segundos más tarde, pasa por un punto B. La energía cinética de ese cuerpo en B es 36 veces mayor que en A. Hallar:
 - El tiempo t_A .
 - Distancia que están separados entre sí los puntos A y B.
Rta.: 1 s, 172 m
- Partiendo del reposo, una esfera de 10 g cae libremente, sin rozamientos, bajo la acción de la gravedad, hasta alcanzar una velocidad de 10 m/s. En ese instante comienza a actuar una fuerza constante hacia arriba, que consigue detener la esfera en 5 segundos.
 - ¿Cuánto vale esta fuerza?
 - ¿Cuál fue el tiempo total transcurrido en estas dos etapas?.
Dato $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. Rta.: 0,12 N, 6 s

3. Con ayuda de una cuerda se hace girar un cuerpo de 1 kg en una circunferencia vertical de 1 m de radio, cuyo centro esta 10,80 m por encima de un suelo horizontal. La cuerda se rompe cuando la tensión es de 11,2 kg, lo que ocurre en el punto mas bajo de su trayectoria. Calcular:

- a) la velocidad que lleva el cuerpo cuando se rompe la cuerda.
b) su velocidad en el instante de chocar contra el suelo.

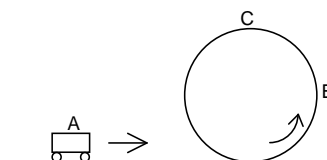
Rta.: 10 m/s; 17,1 m/s

4. Un carro de 1 Tn avanza horizontalmente y sin rozamiento sobre un carril con una velocidad de 10 ms^{-1} , según se muestra en la figura (posición A). A continuación entra en un lazo vertical de 4 m de radio. Calcular:

- a) La fuerza que ejerce el carril sobre el carro al pasar éste por el punto B;

- b) ¿Lleva el carro suficiente velocidad en A para alcanzar el punto C más alto del lazo? Dato: $g = 10 \text{ ms}^{-2}$

Rta.: 5000 N; no



5. Se lanza hacia arriba sobre un plano inclinado 30° un bloque de 5 kg con una velocidad inicial de 12 m/s . Transcurridos 2 segundos, el bloque comienza a deslizar hacia abajo hasta el punto de partida. Calcular:

- a) el coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano inclinado.

- b) la velocidad del bloque cuando vuelve a la posición inicial.

Rta.: 0,13, 9,55 m/s

6. Un montacargas inicia su ascenso con una aceleración constante de 5 m/s^2 . Transcurridos 4 segundos su velocidad se hace constante.

- a) Calcúlese la fuerza que ejerce sobre el piso del montacargas una persona de 75 kg antes y después de los 4 segundos.

- b) Supóngase ahora que un ascensor partiendo del reposo comienza a descender con una aceleración constante de 5 m/s^2 y que al cabo de 4 segundos alcanza una velocidad constante. ¿Qué fuerza ejercerá sobre el piso del ascensor, antes y después de los 4 s, esa misma persona?

Rta.: 1.110 N; 735 N; 360 N; 735 N

7. Una masa de 4 kg se mueve sobre una superficie horizontal sin rozamiento a la velocidad de 3 m/s, y comprime un muelle elástico de masas despreciable y de constante recuperadora 90 Nm^{-1} . Determinar : a) la compresión máxima del muelle, b) velocidad de la masa cuando el muelle se ha comprimido 10 cm.

Rta :. 0,2 m ; 2,6 m/s

8. Un cuerpo de 10 kg de masa, lanzado desde el suelo formando un ángulo de 30° con la horizontal, alcanza 138,6 m. Hallar .

- a) El momento angular en el punto más alto de la trayectoria, respecto al punto de lanzamiento

- b) La energía mecánica del cuerpo a los 2 s del lanzamiento ($g=10 \text{ m/s}$)

Rta.: a): $L=692,8 \text{ k kg}\cdot\text{m}^2\text{s}^{-1}$; b) $E=8000 \text{ J}$

9. Una fuerza neta actúa sobre una masa m_1 y le produce una aceleración a. Otra masa m_2 se añade a la anterior y la misma fuerza neta actúa sobre las dos masas juntas y les produce una aceleración que es un tercio de la aceleración anterior. Determina la relación entre las masas.[Rta.: $m_2 = 2\cdot m_1$]

10. Una esfera de 36,50 kg experimenta una aceleración $3,960 \text{ m/s}^2$ dirigida 21° por encima del eje +X. Sobre ella actúan dos fuerzas, una de 133 N dirigida a lo largo del eje +X, ¿cuál es la magnitud y dirección de la segunda fuerza?. [Rta.: 51,8 N dirigida a 88° por encima del eje +X]

11. Una persona de 95 kg está situada sobre una báscula en un ascensor. Determina el peso aparente en los casos: a) el ascensor sube con una aceleración de $1,80 \text{ m/s}^2$; b) el ascensor sube a velocidad constante; c) el ascensor baja con una aceleración de $1,30 \text{ m/s}^2$. [Rta.: a) 1102 N; b) 931 N; c) 807,5 N]
12. Una persona, de masa 60 kg, está situada sobre una báscula dentro de un ascensor moviéndose. La masa del ascensor y de la báscula es de 815 kg. Partiendo del reposo, el ascensor sube con una aceleración, siendo la tensión en el cable del ascensor de 9410 N. ¿Cuál es la lectura sobre la escala durante la aceleración?. [Rta.: 645 N]
13. Un objeto de 2 kg se suspende del techo de un vagón de ferrocarril. Si la cuerda que sujeta al objeto es inextensible y consideramos que su peso es nulo. Calcula el ángulo, que la cuerda forma con la vertical, si el vagón lleva un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado de aceleración 3 m/s^2 . [Rta.: 17°]
14. Un bloque en reposo sobre una superficie horizontal pesa 425 N. Una fuerza aplicada al bloque tiene una magnitud de 142 N, estando dirigida hacia arriba formando un ángulo con la horizontal. El bloque empieza a moverse cuando el ángulo es de 60° . Determina el coeficiente de fricción estático entre el bloque y la superficie. [Rta.: 0,235]
15. Un patinador sobre hielo lleva una velocidad inicial de 7,60 m/s. Se desprecia la resistencia del aire. Calcula: a) la desaceleración causada por la fricción cinética, si el coeficiente de fricción cinética entre el hielo y el filo de los patines es de 0,100; b) ¿cuánta distancia recorrerá hasta que se pare?. [Rta.: a) $0,98 \text{ m/s}^2$; b) 29,5 m]
16. A un bloque de 121 kg le aplicamos una fuerza de 661 N formando un ángulo de 20° por encima de la horizontal. El coeficiente de fricción estático entre el bloque y la superficie es de 0,410. ¿Cuál es la cantidad mínima de masa que se ha de poner encima del bloque para impedir que se mueva?. [Rta.: 56,7 kg]
17. Un helicóptero se mueve horizontalmente con velocidad constante. El peso del helicóptero es de 53.800 N. La fuerza que lo levanta, generada por las hélices rotando, forma un ángulo de $+69^\circ$ con la horizontal del movimiento. a) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza que lo levanta?; b) determina la magnitud de la resistencia del aire que se opone al movimiento. [Rta.: 57.627 N y 20.652 N]
18. Un bloque de masa 10 kg es empujado hacia arriba en un plano inclinado, de 30° con la horizontal, con una fuerza de 73 N y que forma un ángulo de 10° con la tangente al plano inclinado. Si el sistema no tiene rozamiento determina la fuerza que ejerce el plano sobre el bloque y la aceleración a lo largo del plano. [Rta.: 72,2 N y $2,3 \text{ m/s}^2$]
19. Un coche viaja a 40 m/s por una carretera horizontal. Los coeficientes de fricción entre la carretera y las ruedas son $\mu_s = 0,45$ y $\mu_k = 0,25$. Calcula la distancia que va a recorrer antes de parar si: a) el coche está equipado con un sistema de frenada antibloqueo que hace que las ruedas no se deslicen (ABS Antilock Braking System), y b) el coche frena fuertemente sin ABS y las ruedas quedan bloqueadas. [Rta.: a) 181,4 m; b) 326,5 m]
20. Sobre una mesa horizontal tenemos una masa de 10 kg. Si partiendo del reposo con un coeficiente de rozamiento cinético 0,25 y adquiere una velocidad de 12 m/s, en 36 m de movimiento rectilíneo, ¿cuál es el valor de la fuerza horizontal aplicada?. [Rta.: 44,5 N]

21. Un cuerpo cae por un plano inclinado con un coeficiente de rozamiento μ_k . Dibuja las fuerzas a que está sometido, y demuestra que la aceleración con la que cae es independiente de la masa y es igual a la expresión: $a = g (\sin \phi - \mu_k \cos \phi)$.
22. Dos cuerpos de 0,5 kg cada uno cuelgan de los extremos de un hilo que pasa por una polea. ¿Qué masa hay que añadir a uno de ellos para que el otro recorra 1 m en 2s? y ¿qué tensión soportará la cuerda?. [Rta.: 0,054 kg y 5,15 N]
23. Sobre un objeto, de masa de 500 g, se aplican simultáneamente dos fuerzas. Si la velocidad inicial del objeto es $\mathbf{V} = 3(\text{m/s})\mathbf{i} - 4(\text{m/s})\mathbf{j}$ y las fuerzas son $\mathbf{F}_1 = 2(\text{N})\mathbf{i} + 7(\text{N})\mathbf{j}$ y $\mathbf{F}_2 = 3(\text{N})\mathbf{i} + 4(\text{N})\mathbf{j}$, determina: a) ¿Cuánto vale el módulo de la aceleración que adquiere la masa?; b) Si la masa se encuentra inicialmente en el punto (0,0) m con una determinada velocidad inicial, ¿qué posición ocupará al cabo de 3 s?. [Rta.: a) 24,2m/s²; b) $r_x = 54$ m; $r_y = 87$ m]
24. Un bloque de masa 0,2 kg sube por un plano inclinado de 30° con la horizontal. La velocidad inicial de subida fue de 12 m/s y el coeficiente de rozamiento cinético μ_k es 0,16. Determina: a) la distancia que recorrerá en la subida y la altura sobre el plano; b) la velocidad del bloque cuando al caer llegue a la parte más baja del plano inclinado. [Rta.: a) 12,16 m y 6,08 m; b) 9,28 m/s]
25. Sobre una mesa horizontal hay un cuerpo de 10 kg, que está unido mediante un hilo y una polea a otro de 5 kg que está colgando verticalmente. El coeficiente de rozamiento cinético del cuerpo con la mesa es $\mu_k = 0,20$. Calcula: a) la aceleración del sistema y dibuja las fuerzas existentes; b) la masa mínima que ha de tener un cuerpo para que al colocarlo sobre el de 10 kg éste no se mueva. [Rta.: a) 1,96 m/s²; b) 15 kg]
26. Un ciclista va a realizar un giro llamado el “rizo de la muerte” en el que realiza un giro por una carretera colocada perpendicularmente. Si el radio del rizo es de 2,7 m, ¿cuál es la velocidad menor que puede tener el ciclista para que pueda permanecer en contacto con el rizo?. [Rta.: 5,14 m/s]
27. Un coche viaja a una velocidad constante de 20 m/s por una carretera circular llana de radio 190 m. ¿Cuál es el valor mínimo del coeficiente μ_s estático entre los neumáticos del coche y la carretera para prevenir que el coche se deslice?. [Rta.: 0,21]
28. En una carretera en la que no hay fricción, por ejemplo, sobre hielo, un coche se mueve con una velocidad constante de 20 m/s alrededor de una curva con peralte. Si el radio es de 190 m ¿cuál es el ángulo que deberá tener el peralte?. [Rta.: 12°]
29. En un cilindro de radio 2,1 m apoyamos un objeto, de masa 49 kg, que tiene un coeficiente de rozamiento con la pared del cilindro de 0,40. a) ¿Cuál es la velocidad mínima para que el objeto no se deslice hacia abajo?; b) ¿cuál es la fuerza centrípeta sobre el objeto?. [Rta.: a) 7,2 m/s; b) 1200 N]

BIBLIOGRAFIA.

- [1] SERWAY – BEICHNER, *Física I*, 5ª ed. Tomo I, Mexico: McGraw Hill, 2002.
- [2] SEARS – ZEMANSKY – YOUNG, *Física Universitaria* Vol. I, Séptima Edición, México: Addison Wesley L., 1998.
- [3] TIPLER PAUL A., *Física*, 4ª Ed. Madrid: Reverté S.A., 2001.
- [4] M. ALONSO - E. FINN, *Física*, Addison Wesley Iberoamericana, EE.UU., 1995.