

CURSO: 4º ESOUNIDAD 2: FUERZAS I: “DINÁMICA”

1. CONCEPTO DE FUERZA. MAGNITUD VECTORIAL. TIPOS DE FUERZAS. UNIDADES.
2. RELACIÓN ENTRE FUERZA Y MOVIMIENTO.
  - 2.1. REPRESENTACIÓN DE FUERZAS.
  - 2.2. RESULTANTE DE UN SISTEMA DE FUERZAS.
  - 2.3. EFECTO DE LA FUERZA RESULTANTE.
3. FUERZA DE ATRACCIÓN GRAVITATORIA: “Ley Gravitación Universal”.
  - 3.1. EL PESO.
  - 3.2. DIFERENCIA ENTRE MASA Y PESO.
4. FUERZA DE INTERACCIÓN ELECTROSTÁTICA: “LEY DE COULOMB”.
5. OTRAS FUERZAS HABITUALES: NORMAL, TENSIÓN, ...
6. LEYES DE LA DINÁMICA.
  - 6.1. PRIMERA LEY: “LEY DE INERCIA”.
  - 6.2. SEGUNDA LEY: “PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE DINÁMICA”.
  - 6.3. TERCERA LEY: “LEY DE ACCIÓN – REACCIÓN”.
7. LA FUERZA DE ROZAMIENTO.
8. ESTUDIO CUALITATIVO DE ALGUNOS MOVIMIENTOS.
  - 8.1. LA CAÍDA LIBRE DE LOS CUERPOS.
  - 8.2. EL MOVIMIENTO CIRCULAR.

## 1. CONCEPTO DE FUERZA. MAGNITUD VECTORIAL. TIPOS DE FUERZAS. UNIDADES.

### • CONCEPTO DE FUERZA

La fuerza es una magnitud asociada a las interacciones entre los sistemas materiales (cuerpos). Para que se pueda hablar de fuerzas es necesario contar al menos con dos sistemas materiales que interaccionen.

Es importante "romper" la idea de fuerza, que tiene el alumnado, como propiedad intrínseca de algunos cuerpos. UN CUERPO NO TIENE FUERZA. Un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro o bien la recibe de éste.

ERROR: " ¡Qué fuerza tengo! " ; " ¡Tengo más fuerza que tú! "

LO CORRECTO: " ¡Qué fuerza estoy aplicando / recibiendo! "

### • TIPOS DE FUERZAS

Una fuerza es una acción física (interacción) que se ejercen entre dos cuerpos. Según el tipo de interacción podemos clasificar las fuerzas en dos grandes grupos:

1. De contacto: los dos cuerpos que interaccionan están en contacto. (Ej.: empujar el carro de la compra).
2. A distancia: los dos cuerpos que interaccionan se encuentran separados entre sí una distancia "d". Éstas pueden ser gravitatorias (entre masas), electrostáticas (entre cargas), electromagnéticas, etc.

### • MAGNITUD VECTORIAL

La fuerza es una propiedad que puede ser medida, por ello decimos que es una magnitud física. Para identificar todas las fuerzas presentes en algunas situaciones, utilizaremos vectores (punto de aplicación, módulo, dirección y sentido), aunque sólo sea como medio de representación.



### • UNIDADES

La unidad de fuerza que reconoce el S.I. de unidades es el Newton (N). Más adelante veremos su significado.

Otras unidades de fuerza que se manejan en otros sistemas de unidades son:

- Kilopondio (Kp):  $1 \text{ Kp} = 9.8 \text{ N}$
- Dina:  $1 \text{ N} = 10^5 \text{ dinas}$

## 2. RELACIÓN ENTRE FUERZA Y MOVIMIENTO.

### 2.1. REPRESENTACIÓN DE FUERZAS

Cada vez que tomemos un cuerpo para someterlo a un análisis de fuerzas, vamos a representar las fuerzas que actúan sobre ese cuerpo, aunque sin olvidar (como veremos en el tercer principio de la Dinámica) que ese cuerpo también realiza fuerzas sobre otros.

Es importante que se nombre cada fuerza, especificando los cuerpos que interaccionan.

### 2.2. RESULTANTE DE UN SISTEMA DE FUERZAS

Se llama resultante de un sistema de fuerzas a la suma de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (aunque éstas tengan diferente dirección y sentido). La resultante de un sistema de fuerzas representa el efecto total o neto que producen todas las fuerzas que actúan sobre ese cuerpo.

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3 + \dots$$

#### • SUMA DE FUERZAS (Gráfica y Analíticamente)

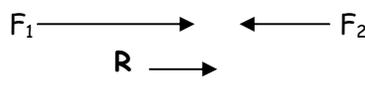
- *Si tienen la misma dirección y ...*

... el mismo sentido, se suman los módulos de todas ellas.



$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

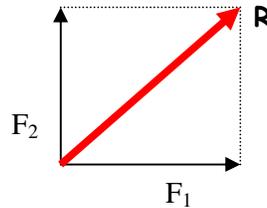
... distinto sentido, se restan los módulos.



$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2$$

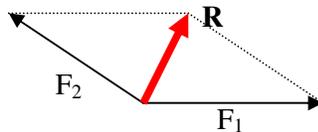
- Si no tienen la misma dirección y ...

... son perpendiculares ( $90^\circ$ ), se aplica el teorema de Pitágoras



$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

... No son perpendiculares, (aplicar teorema del coseno).



TEOREMA DEL  
COSENO

### 2.3. EFECTO DE LA FUERZA RESULTANTE

Una sola fuerza que actúa sobre un cuerpo, o la resultante de un sistema de fuerzas que actúa sobre ese cuerpo, solamente puede producir dos efectos sobre dicho cuerpo, como son:

- Una deformación
- Un cambio de velocidad

Debe dejarse claro que no es necesario que exista una fuerza en el sentido del movimiento de un cuerpo, mientras éste está en movimiento (ejemplo de bola lanzada verticalmente hacia arriba, cuando ésta está en el aire). Hay que recordar que las fuerzas producen cambios de movimiento, es decir, aceleraciones, y no están relacionadas directamente con la velocidad.

Para que podamos decir que un cuerpo se encuentra en movimiento, la resultante del sistema de fuerzas que actúa sobre él debe ser distinta de cero ( $R \neq 0$ ).

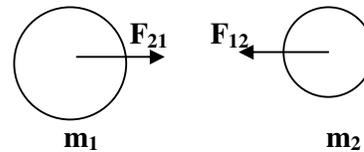
Si la resultante de un sistema de fuerzas que actúa sobre un cuerpo es nula ( $R = 0$ ), el efecto neto provocado sobre dicho cuerpo también será nulo.

### 3. FUERZA DE ATRACCIÓN GRAVITATORIA: “LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL”

Al inicio del tema se citó que para que existiese una fuerza era preciso que hubiese una interacción entre dos sistemas materiales (cuerpos). Si hablamos de masas, cabe destacar que su **interacción siempre va a ser atractiva**, esto es, dos masas siempre tienden a atraerse.

Esto último se pone de manifiesto mediante la ley de la Gravitación Universal, enunciada por el físico y matemático inglés Isaac Newton, a finales del s. XVII, que dice que: “la fuerza con la que se atraen dos masas es directamente proporcional al producto de ellas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa”.

$$F_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



**G: constante de gravitación universal**

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{Kg}^2}$$

Con esta ley podemos calcular la fuerza de atracción existente entre dos masas cualesquiera. Si las masas son pequeñas, la fuerza gravitatoria es muy pequeña y no se aprecia a simple vista pero existe. En cambio, cuando una de las dos masas es enorme (p.ej.: Tierra) sí se nota que se atraen, en concreto, la de la mayor sobre la menor; pero la interacción es mutua y del mismo valor.

#### 3.1. EL PESO

Al estudiar, en el tema anterior, el movimiento de caída libre de los cuerpos, vimos que todos los cuerpos, por efecto de la fuerza de atracción de la Tierra sobre ellos, se ven sometidos a una aceleración constante llamada aceleración de la gravedad ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ). Esta fuerza de atracción de la tierra sobre los cuerpos, se conoce como **peso**. Si la masa del cuerpo es “m”, su peso será:

$$P = m \cdot g$$

Al ser el peso una fuerza, se expresa en N (unidad del S.I.). Se trata de una magnitud vectorial en la que el módulo es el producto de la masa por el valor de la aceleración de la gravedad, la dirección es radial, el sentido se orienta hacia el centro de la Tierra y el punto de aplicación se sitúa en el centro de gravedad del cuerpo en cuestión.

Como el peso es la fuerza con la que la Tierra atrae a los cuerpos, también podemos calcularlo aplicando la ley de la Gravitación Universal:

$$F_g = G \cdot \frac{M_T \cdot m'}{R_T^2}$$

Una masa situada en la superficie de la Tierra se encuentra separada del centro de ésta, el valor del radio terrestre.

Como  $R_T = 6370 \text{ Km.}$  y  $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg.}$  podemos calcular  $F_g$ :

$$F_g = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2} \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ Kg} \cdot 50 \text{ Kg.}}{(6.370.000 \text{ m})^2} = 490 \text{ N} ; \text{ éste sería el peso de un cuerpo de masa } 50 \text{ Kg.}$$

Luego, si

$$\text{Peso} = G \cdot \frac{M_T \cdot m'}{R_T^2}$$

y también

$$P = m \cdot g$$

entonces,

$$g_T = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2} \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}}{(6.370.000 \text{ m})^2} = 9.81 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}$$

" $g_T$ " es el valor de la aceleración de la gravedad dentro del campo gravitatorio terrestre. El valor de  $g_T$  es de  $9.81 \text{ N/Kg}$ , o bien,  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

El valor de la aceleración de la gravedad en la Luna ( $g_L$ ) es de  $1.67 \text{ m/s}^2$ , y es por este motivo, por el que en la Luna los cuerpos caen más despacio.

### 3.2. DIFERENCIA ENTRE MASA Y PESO

Es muy importante saber diferenciar los conceptos de masa y peso. Masa es la cantidad de sustancia que tiene un cuerpo y se expresa en Kg. (unidad S.I.), mientras que peso es una fuerza y se expresa en N (unidad S.I.).

ERROR: "Hoy me pesé y estoy en 50 Kg."

CORRECTO: "Mi peso es de 490 N ( $P = mg$ )".

#### 4. FUERZA DE INTERACCIÓN ELECTROSTÁTICA: “LEY DE COULOMB”.

Recuerda que la carga eléctrica es una propiedad que adquieren algunos cuerpos cuando son frotados. La unidad de carga en el S.I. es el culombio (C).

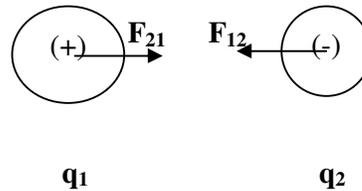
Existen dos tipos de cargas diferentes en la naturaleza que, por convenio, se denominaron positivas y negativas.

Si consideramos las cargas como cuerpos puntuales (sin masa, sólo carga), podríamos calcular la fuerza que se ejercen entre ellas, la cual puede ser de dos tipos: atracción (diferente signo) y repulsión (mismo signo).

La fuerza existente entre dos cargas se pone de manifiesto a través de la ley de Coulomb, que dice que “la fuerza que existe entre dos cargas (atracción o repulsión) es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa”.

Ley de Coulomb:

$$F_c = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$



$$K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

#### • COMPARACIÓN ENTRE FUERZA ELECTROSTÁTICA Y GRAVITATORIA

Calcula la fuerza con la que se atraen dos masas de 1 Kg. que están separadas un metro de distancia.

$$F_g = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{Kg}^2} \frac{1 \text{ Kg} \cdot 1 \text{ Kg}}{(1 \text{ m})^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

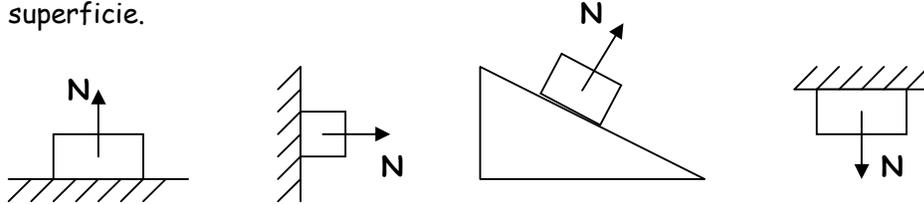
Calcula la fuerza con la que se atraen dos cargas de distinto signo ( $q_1 = -1 \text{ C}$ ;  $q_2 = 1 \text{ C}$ ) que se encuentran separadas un metro.

$$F_e = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{1 \text{ C} \cdot 1 \text{ C}}{(1 \text{ m})^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N}$$

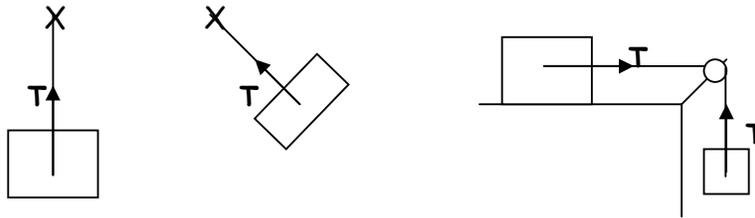
Como se ve, queda puesto de manifiesto que  $F_e \gg F_g$ , por eso si podemos observar la atracción entre cargas y no entre masas.

## 5. OTRAS FUERZAS PRESENTES QUE SON HABITUALES.

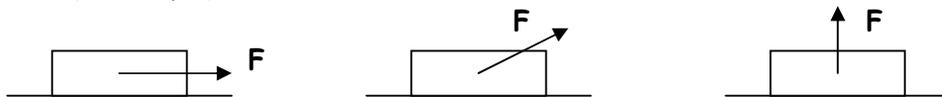
- **Peso (P):** ya visto.
- **Normal (N):** es la fuerza que ejerce una superficie sobre un cuerpo que se encuentra en contacto con ella, como consecuencia de la interacción entre ambos. La dirección de esta fuerza es perpendicular a la superficie de contacto (ángulo de  $90^\circ$ ) y su sentido es hacia fuera de la superficie.



- **Tensión (T):** aparece siempre que exista una cuerda. Es la fuerza que sufre un cuerpo por parte de una cuerda. Su dirección es la de la propia cuerda y su sentido es hacia el punto de sujeción (fijo) de la cuerda.



- **Fuerza aplicada a un cuerpo (F):** depende de la dirección y del sentido en que se aplique.



- **Fuerza de rozamiento ( $F_R$ ):** Ver apartado 7 de este tema.

## 6. LEYES DE LA DINÁMICA.

La Dinámica estudia las fuerzas en relación con los movimientos que se producen y se rige por tres principios fundamentales, enunciados por Newton en el s. XVII, y que son los pilares en los que se fundamenta la Dinámica, también conocidos como leyes de Newton.

### 6.1. PRIMER PRINCIPIO DE LA DINÁMICA: “LEY DE INERCIA”

La primera ley o principio de la Dinámica nos informa acerca de lo que sucede cuando sobre un cuerpo no actúan fuerzas o cuando la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él es nula.

Todo cuerpo permanece en estado de reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme mientras no actúe sobre él una fuerza neta (varias fuerzas pueden estar actuando sobre el cuerpo, pero si la resultante es nula, no hay fuerza neta)

La inercia es la tendencia de un cuerpo a mantener su estado de reposo o de movimiento. (Ejemplo: cuando vas en coche, autobús o tren y éste arranca, frena o cambia de dirección, te sientes “empujado”, pues por inercia tiendes a mantenerte en tu posición primitiva).

Si no fuera por la acción de las fuerzas, los estados de reposo o de M.R.U. serían invariables. Es evidente que un cuerpo en reposo no se moverá hasta que una fuerza actúe sobre él. En cambio, la segunda premisa no se comprende con tanta facilidad, puesto que todos hemos observado que cuando un cuerpo se mueve siempre termina parándose, lo que parece estar en contradicción con este principio.

La explicación hemos de buscarla en la existencia de una fuerza “no visible”. Esta fuerza, que estudiaremos más adelante, es la llamada fuerza de rozamiento.

### 6.2. SEGUNDO PRINCIPIO DE LA DINÁMICA: “LEY FUNDAMENTAL

Del primer principio se deduce que si la resultante de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es cero, dicho cuerpo permanece en reposo o se desliza en línea recta a velocidad constante.

Pero, ¿qué sucede si la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es distinta de cero? Sucede que el cuerpo experimenta un cambio de velocidad, es decir, una aceleración.

La suma de todas las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo (fuerza neta o resultante) es directamente proporcional a la aceleración que éste adquiere.

$$\Sigma F = m \cdot a$$

De acuerdo con la ecuación fundamental de la Dinámica, podríamos definir al Newton (N), como "la fuerza que al actuar sobre un cuerpo de 1 Kg. de masa le comunica a dicho cuerpo una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$  en su misma dirección y sentido".

Recuerda que el cuerpo se acelera en el sentido en el que actúa la fuerza neta o resultante. Si la fuerza neta actúa sobre un cuerpo en movimiento, éste experimentará una aceleración (F en la misma dirección y sentido), una deceleración (F en misma dirección y distinto sentido) o incluso cambiará la dirección en la que se mueve (F en distinta dirección al movimiento).

### **6.3. TERCER PRINCIPIO DE LA DINÁMICA: "ACCIÓN - REACCIÓN"**

Cuando dos cuerpos, A y B, interaccionan, ejercen una serie de fuerzas entre sí, es decir, el cuerpo A ejerce una fuerza neta sobre el cuerpo B y, simultáneamente, el cuerpo B ejerce otra fuerza sobre el cuerpo A.

Si una bola de billar golpea a otra que está en reposo y ambas se mueven después de chocar, es evidente que existen fuerzas que actúan sobre cada una de las bolas, dado que las dos modifican sus movimientos.

Por sí mismo un cuerpo no puede experimentar ni ejercer ninguna fuerza. Las fuerzas surgen solamente como resultado de las interacciones entre los cuerpos y, por tanto, siempre responden a un proceso de acción y reacción. Las fuerzas de acción y reacción tienen idéntico módulo y dirección, pero sentidos opuestos.

Newton formuló estos supuestos en lo que se conoce como el tercer principio (ley) de la dinámica, también conocido como principio de acción y reacción.

Cuando dos cuerpos interaccionan, el primero ejerce una fuerza sobre el segundo (acción) al mismo tiempo que el segundo ejerce otra fuerza sobre el primero (reacción), simultánea y de idéntico módulo y dirección pero de sentido contrario.

El tercer principio describe una propiedad importante de las fuerzas: siempre se presentan en parejas. Las fuerzas de acción y reacción nunca pueden equilibrarse (anularse) entre sí, debido a que actúan sobre cuerpos diferentes.

## 7. LA FUERZA DE ROZAMIENTO.

Según el primer principio de la dinámica, un cuerpo en movimiento uniforme y rectilíneo permanece indefinidamente en ese estado y, de acuerdo con el segundo principio, toda fuerza aplicada a un cuerpo, por pequeña que sea, produce una aceleración.

Sin embargo, la experiencia nos muestra que esas dos afirmaciones, aparentemente, no se cumplen. Ello es debido a la presencia de una fuerza llamada fuerza de rozamiento.

La fuerza de rozamiento es aquella fuerza opuesta al movimiento que se manifiesta en la superficie de contacto de dos sólidos, siempre que uno de ellos se mueva o tienda a moverse sobre el otro.

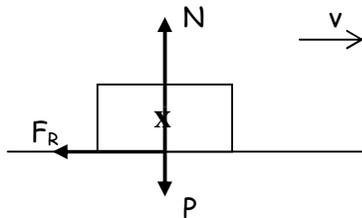
*Ejemplo:* debido al rozamiento, los neumáticos de los coches de *Formula 1* se deterioran tan rápidamente que es necesario cambiarlos cada 150 Km. de carrera.

Matemáticamente la fuerza de rozamiento puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$F_R = \mu \cdot N$$

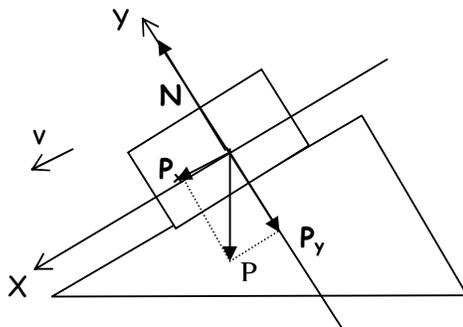
$\mu$ : coeficiente de rozamiento (sólo depende de la naturaleza de la superficie de contacto)

Pero, ¿cuál es el valor de la fuerza normal?



$$N = P$$

$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot P = \mu \cdot m \cdot g$$



$$N = P_y$$

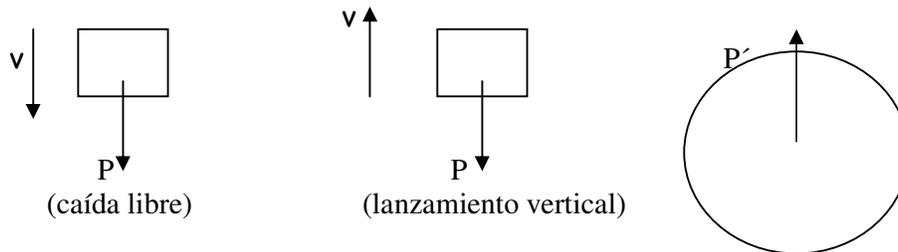
$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

La fuerza de rozamiento actúa siempre en sentido contrario al movimiento del cuerpo que se desliza. Siempre es una fuerza de frenado. Luego, si consideramos el sentido del movimiento como positivo, la aceleración va a ser (-).

## 8. ESTUDIO CUALITATIVO DE ALGUNOS MOVIMIENTOS.

### 8.1. LA CAÍDA LIBRE

Es cierto que para impulsar un cuerpo verticalmente hacia arriba necesitamos imprimirle una fuerza en el momento de lanzarlo. Pero, ¿qué fuerzas actúan sobre ese cuerpo cuando está en el aire? Si seguimos despreciando el rozamiento con el aire, tan sólo influye una fuerza sobre el cuerpo, como es el peso, ya que dicho cuerpo es atraído por la Tierra.



Recuerda por el tercer principio de la dinámica que ese cuerpo también provoca sobre la Tierra la misma fuerza (en módulo) pero de sentido contrario.

### 8.2. EL MOVIMIENTO CIRCULAR

Un cuerpo describe un movimiento circular uniforme cuando su trayectoria es una circunferencia y barre ángulos iguales en tiempos iguales.

Cuando un cuerpo describe un movimiento circular uniforme está sujeto a una aceleración dirigida hacia el centro de la circunferencia, llamada **aceleración centrípeta**.

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

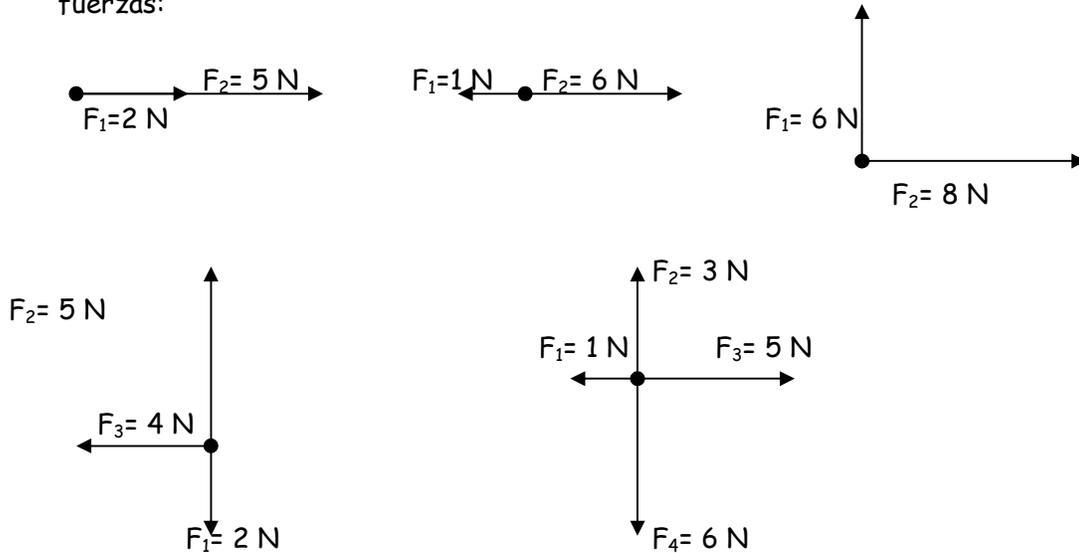
La fuerza responsable de esta aceleración actúa en la misma dirección que aquélla y recibe el nombre de **fuerza centrípeta** ( $F_c$ ).

$$F_c = m \frac{v^2}{R}$$

Este tipo de movimiento queda puesto de manifiesto en el sistema planetario. La presencia de esta fuerza centrípeta (fuerza de atracción gravitatoria), junto al equilibrio con la fuerza centrífuga (ficticia), es la que provoca que los planetas mantengan siempre una misma órbita.

## ACTIVIDADES SOBRE DINÁMICA

1. Calcula gráfica y analíticamente la resultante de los siguientes sistemas de fuerzas:



2. Expresa, utilizando los factores de conversión, en la unidad del S.I. las siguientes medidas de fuerzas:

10 Kp;      50.000 dinas;      0.1 Kp;      200.000 dinas

3. Calcula con los datos que se facilitan la fuerza gravitatoria que el Sol y la Luna ejercen sobre la Tierra.

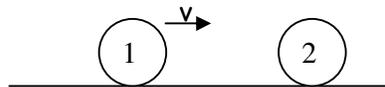
**DATOS:**  $M_T = 6 \cdot 10^{24}$  Kg;  $M_L = 7.36 \cdot 10^{22}$  Kg;  $M_{SOL} = 2 \cdot 10^{30}$  Kg;

Distancia<sub>(TIERRA-SOL)</sub> = 149.600.000 Km;  $d_{(TIERRA-LUNA)}$  = 384.400 Km

4. Calcula la fuerza con la que la Tierra atrae a un alumno de 4º ESO cuya masa es de 50 Kg.
5. La masa del planeta Marte es de  $6.37 \cdot 10^{33}$  Kg y su radio mide  $3.43 \cdot 10^6$  m. Calcula el valor de "g" en la superficie de este planeta.
6. Calcula el peso de un cuerpo de 25 Kg de masa cuando se encuentra situado, primero en la superficie de la Tierra y, posteriormente, en la de Marte.
7. Cuando un satélite artificial se aleja de la Tierra, la atracción que ejerce la Tierra:
- disminuye progresivamente
  - aumenta conforme va aumentando la distancia a la Tierra
  - no acerca hasta que se acerca a la Luna
  - desaparece totalmente cuando sale de la atmósfera

8. ¿Por qué se dice que los cuerpos pesan menos en la Luna?. ¿Significa eso que nuestra masa disminuiría allí?. DATOS:  $g_T = 9.8 \text{ m/s}^2$ ;  $g_L = 1.6 \text{ m/s}^2$ .
9. Un carnicero compra 100 N de carne en el Sol, 100 N en la Luna y otros 100 N en la Tierra. ¿Cuántos kilogramos ha comprado en total? (Observa que el peso no te indica la cantidad de carne, pero la masa sí). DATOS:  $g_{\text{SOL}} = 274 \text{ N/Kg}$ .
10. Dos pequeñas cargas se encuentran en el aire separadas 20 cm. La bola A tiene una carga eléctrica neta de  $10^{-6} \text{ C}$  y la B tiene una carga eléctrica de  $-4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ .
- Calcula la fuerza con la que la bola A atrae a la B e indica si es de atracción o de repulsión.
  - ¿La fuerza que hace la bola B sobre la A, será mayor, menor o igual que la anterior?. ¿Será de atracción o de repulsión?
11. La ley de Coulomb establece cómo se puede calcular la fuerza de atracción o de repulsión entre dos cuerpos con carga eléctrica neta. ¿crees que las cargas eléctricas pueden verse con un microscopio de muchos aumentos?. ¿Qué son para ti las cargas eléctricas?.

12. Identifica y dibuja todas las fuerzas que actúan sobre cada una de las bolas cuando la bola 1, que se está moviendo sin rozamiento, se dirige hacia la bola 2 que está parada.



13. Identifica y dibuja todas las fuerzas que actúan sobre cada una de las bolas cuando la bola 1, que se está moviendo sin rozamiento, choca con la bola 2 que está parada.



14. Un atleta de 70 Kg de masa que ha efectuado un salto de altura cae una vez que ha sobrepasado el listón:
- a. Identifica y dibuja las fuerzas que actúan sobre el atleta en el momento en que está impulsándose en el suelo.
  - b. Identifica y dibuja las fuerzas que actúan sobre el atleta mientras va cayendo. ¿Qué tipo de movimiento lleva en ese momento?
  - c. Identifica y dibuja las fuerzas que actúan sobre el atleta cuando éste cae en la colchoneta.
15. Todos los cuerpos que ruedan o se deslizan terminan por detenerse. Esto parece contradecir el principio de inercia, pero no es así. ¿Cuál es la fuerza que termina por detenerlos?. ¿Cómo se podría eliminar (o hacer muy pequeña) esa fuerza para comprobar el primer principio?.

16. Indica si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos, explicando tu respuesta:
- Si una fuerza actúa sobre un cuerpo, éste debe cambiar su estado de movimiento.
  - Si ninguna fuerza actúa sobre un cuerpo, éste debe estar en reposo o en M.R.U.
  - Si una fuerza neta no actúa sobre un cuerpo, su velocidad es constante en módulo, dirección y sentido.
  - Si un automóvil se mueve en línea recta por una carretera con una velocidad de 90 Km./h y la fuerza neta que actúa sobre él es nula, se parará inmediatamente.
17. Utiliza la segunda ley de Newton para calcular la masa que podemos mover con una aceleración de  $2 \text{ m/s}^2$ , si aplicamos una fuerza de 20 N. Desprecia el rozamiento.
18. Un chico y una chica están patinando sobre hielo unidos por una cuerda. El chico, de masa 60 Kg, ejerce una fuerza sobre la chica de 10 N. La masa de la chica es de 40 Kg.
- ¿Cuál es la aceleración que el chico le comunica a la chica?
  - ¿Qué fuerza actúa sobre el chico?
19. Cuando un bombero lanza agua con una manguera sobre un incendio, debe sujetarla con fuerza. Señala el motivo.
20. Cuando saltas a tierra desde una lancha, ésta retrocede. ¿Quién te lanza a ti hacia delante?. ¿Quién impulsa la lancha hacia detrás.?
21. Al hacer que se deslice una piedra sobre el hielo, ¿por qué preferimos que sea plana?. ¿Por qué utilizan cuchillas los patinadores sobre hielo?
22. Calcula la fuerza de rozamiento de un bloque de 100 N de peso que se desliza sobre una superficie, si el coeficiente de rozamiento es 0.2.
23. Calcula la fuerza horizontal que debe aplicarse a un cuerpo de 25 Kg de masa para desplazarlo con velocidad constante sobre una superficie horizontal, si el coeficiente de rozamiento es 0.1.
24. Sobre un cuerpo de 4 Kg de masa que se mueve con velocidad constante en un plano horizontal se aplica una fuerza de 40 N. Calcula la aceleración que adquiere si el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y la superficie es 0.1.
25. Calcula la aceleración con la que sube un cuerpo de 3 Kg de masa si se lanzó hacia arriba con una fuerza de 100 N.

26. Dos bueyes tiran, en línea recta, de un carromato de 400 Kg de masa y al arrancar le comunican una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$ . la fuerza con la que tira uno de los bueyes es  $\frac{1}{4}$  de la del otro. Calcula ambas fuerzas.
27. Un cuerpo de 10 Kg de masa se mueve con una velocidad de 40 m/s. Si actúa una fuerza de rozamiento de 10 N, calcula el tiempo que debe transcurrir para que se detenga dicho cuerpo.
28. Un automóvil de 1000 Kg de masa puede frenar y detenerse en 24 s cuando su velocidad es 72 Km./h. Calcula la fuerza de frenado y señala la dirección y el sentido en que actúa.
29. Empujamos un objeto de 75 Kg, situado sobre un plano horizontal, con una fuerza de 100 N. Debido a ello, el cuerpo recorre 50 m en 10 s. Calcula la fuerza de rozamiento que se opone al movimiento.
30. Un cuerpo de 2 Kg se desliza sobre una pista de hielo con una velocidad de 20 m/s. Transcurridos 20 s, la velocidad se ha reducido a la mitad. Calcula la fuerza de rozamiento que actúa sobre el cuerpo, el tiempo que tarda en detenerse y la distancia que recorre en su movimiento.
31. Empujamos un objeto de 5 Kg con una fuerza de 2 N y no se mueve. Lo empujamos con una fuerza de 3 N y tampoco se mueve. Sin embargo, cuando lo empujamos con una fuerza de 4 N, adquiere una velocidad de 2 m/s en 20 s. Calcula la fuerza de rozamiento que actúa sobre ese objeto.