

DINÁMICA

Primera Ley de Newton

1. Según el principio de la inercia, explica qué sucede a un pasajero que viaja de pie en un autobús cuando, de repente, el vehículo:
 - a) Frena.
 - b) Acelera.
 - c) Toma una curva hacia la derecha.

Según el **principio de inercia**, todos los cuerpos mantienen su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta, excepto que se vean forzados a cambiarlo por una fuerza externa. Por tanto:

- a) Cuando el autobús frena, el viajero tiende a continuar su movimiento y se desplaza hacia la parte delantera del vehículo.
 - b) Cuando el autobús acelera, el viajero tiende a ir hacia la parte trasera.
 - c) Al tomar una curva hacia la derecha, el viajero tiende a seguir recto. Respecto del autobús, se desplaza hacia la parte izquierda.
2. Idea un método para comprobar si el vehículo está o no acelerando, utilizando una plomada.

Una plomada es un instrumento que se utiliza para definir la vertical. Está compuesto por una pesa de metal (normalmente plomo) con una forma prismática o cilíndrica que termina en cono, unido a una cuerda que marca una línea vertical, como vemos en el ejemplo de la derecha:

Si colocamos la plomada en el interior de un vehículo con movimiento rectilíneo uniforme, su posición será perpendicular al suelo. En el momento en el que el vehículo varíe su velocidad adquiriendo una aceleración, el ángulo de la plomada variará, comprobándose que el vehículo tiene aceleración.



- -
 3. Un observador está sentado en la tribuna de un circuito de motocicletas. El sistema de referencia de una moto que atraviesa la recta de meta acelerando, ¿es inercial?

La moto está acelerando respecto del observador de tribuna, por tanto, en este sistema de referencia, no se puede aplicar el principio de inercia. Luego, no es un sistema de referencia inercial.

El director de carrera, que está en reposo respecto al observador de tribuna, sí cumple el **principio de inercia**, por lo que se puede considerar un sistema de referencia inercial.

Segunda Ley de Newton

4. Calcula la aceleración de un cuerpo de 0,5kg sobre el que actúan las siguientes fuerzas, expresadas en N:

$$\vec{F}_1 = -5\hat{j} \quad \vec{F}_2 = -2\hat{i} \quad \vec{F}_3 = 4\hat{i} + 6\hat{j}$$

Para calcular la resultante de la fuerza, se suman las componentes de la fuerza en x y las componentes en y:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (-2 + 4)\hat{i} + (-5 + 6)\hat{j} = 2\hat{i} + \hat{j} \quad [N]$$

Despejando la aceleración de la expresión matemática de la **segunda ley de Newton** se obtiene:

$$\begin{aligned} \vec{F}_T &= m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}_T}{m} = \frac{2\hat{i} + \hat{j}}{0,5} = \frac{2}{0,5}\hat{i} + \frac{1}{0,5}\hat{j} = 4\hat{i} + 2\hat{j} \\ a &= \sqrt{4^2 + 2^2} = \sqrt{20} = 4,47m/s^2 \end{aligned}$$

5. En el ejercicio 4, ¿qué fuerza tendríamos que aplicar para que el cuerpo describiera un M.R.U.?

Para que el movimiento sea rectilíneo uniforme, según el **principio de inercia**, la fuerza resultante (la suma vectorial de todas) debe ser nula. Por tanto, la fuerza que se debe aplicar es la misma que la obtenida en el ejercicio anterior, pero en sentido contrario:

$$\vec{F}_{T2} = -2\hat{i} - \hat{j} \quad [N]$$

6. ¿Qué fuerza neta, $\vec{F}$, actúa sobre un paquete que se encuentra en el cajón de un camión de reparto, si este se encuentra parado en un semáforo? ¿Y cuando arranca?

Se toma el sistema de referencia en el camión. Mientras está parado, sobre el paquete actúan el peso y la normal, ambas del mismo módulo, por lo que la fuerza neta es:

$$\vec{F}_T = \vec{p} + \vec{N} = 0$$

Cuando arranca, lo hace con una aceleración $\vec{a}$, por lo que a las anteriores se añade una fuerza inercial. En este caso:

$$\vec{F}_T = \vec{p} + \vec{N} + \vec{F}_{inercial} = -m \cdot \vec{a}$$

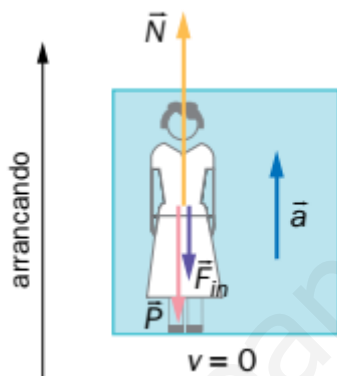
De ahí que los bultos tiendan a irse hacia atrás al arrancar.

7. Cuando un ascensor ($p = 3000N$) arranca con $a = 0,2m/s^2$, ¿qué fuerza inercial siente una persona de 70kg? ¿Qué fuerza ejerce el cable que lo eleva?

La fuerza inercial la calculamos al aplicar la **segunda ley de Newton**:

$$F_i = m \cdot a = 70kg \cdot 0,2m/s^2 = 14N$$

Para calcular la fuerza que ejerce el cable que eleva el ascensor, proponemos el siguiente esquema de fuerzas:



De donde decimos que, según la **segunda ley de Newton**:

$$\begin{aligned} F - p_T &= m_T \cdot a \rightarrow \\ F &= p_T + m_T \cdot a = m_T \cdot g + m_T \cdot a = m_T \cdot (g + a) \end{aligned}$$

Siendo m_T la masa total (suma de la masa del ascensor y de la persona). Para calcular la masa del ascensor, utilizamos su peso y despejamos desde ahí:

$$p = m \cdot g = m \cdot 9,8m/s^2 = 3000N \rightarrow m = \frac{3000}{9,8} = 305,8kg$$

Por tanto, la masa total será:

$$m_T = 305,8 + 70 = 375,8kg$$

Así, sustituyendo la fuerza será:

$$F = m_T \cdot (g + a) = 375,8 \cdot (9,8 + 0,2) = 3761,8N$$

8. Un ascensor tiene una velocidad de régimen, tanto en el ascenso como en el descenso, de 1m/s, tardando 2s en alcanzarla al arrancar, o en detenerse. Calcula, para el movimiento de subida, qué marcará una báscula sobre la que se encuentra una persona de 65kg:
- a) Al arrancar.

Durante el arranque, las fuerzas que actúan sobre la persona son su peso y, en el mismo sentido, una fuerza ficticia, pues se encuentra en un sistema de referencia no inercial. El módulo de la normal, que es lo que marca la báscula, es:

$$N = p + F_{inercial} = m \cdot g + m \cdot a = m \cdot (g + a)$$

Al calcular la aceleración de arranque, a , resulta (por ejemplo, al frenar):

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{1 - 0}{2} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

Dando la normal:

$$N = m \cdot (g + a) = 65 \cdot (9,8 + 0,5) = 669,5N$$

b) Al pararse.

Durante la parada el sistema es también no inercial. Ahora la fuerza inercial tendrá sentido contrario:

$$N + F_{inercial} = p$$

$$N = p - F_{inercial} = m \cdot g - m \cdot a = m \cdot (g - a) = 65 \cdot (9,8 - 0,5) = 604,5N$$

c) En velocidad de régimen.

En velocidad de régimen el sistema es inercial (no acelerado, sino M.R.U.), no existiendo fuerzas ficticias. Entonces:

$$N = p = m \cdot g = 65 \cdot 9,8 = 637N$$

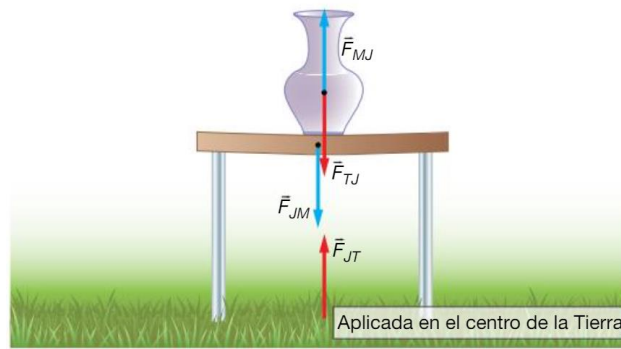
Tercera Ley de Newton

9. Identifica con qué interacciona un jarrón apoyado en una mesa. Describe el par de fuerzas de cada interacción.

El jarrón interacciona con la mesa (por contacto) y con la Tierra (a distancia). Sobre él solo actúa una de las fuerzas de cada interacción; la otra actúa sobre el cuerpo con el que interacciona. Las fuerzas presentes en el sistema son:

- $\overrightarrow{F_{JM}}$ → Fuerza del jarrón sobre la mesa, aplicada en esta.
- $\overrightarrow{F_{MJ}}$ → Fuerza de la mesa sobre el jarrón, aplicada en este.
- $\overrightarrow{F_{JT}}$ → Fuerza del jarrón sobre la Tierra, aplicada en esta.
- $\overrightarrow{F_{TJ}}$ → Fuerza de la Tierra sobre el jarrón, aplicada en este.

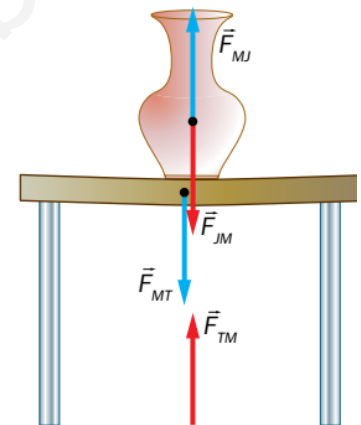
El la figura se representan estas fuerzas:



Si el jarrón está en equilibrio, $\vec{F}_{MJ} + \vec{F}_{TJ} = 0$

10. Repite el ejercicio 8 esta vez centrando el estudio de fuerzas en la mesa en lugar de en el jarrón. ¿Qué condición se ha de cumplir para que la mesa esté en reposo?

Las fuerzas son las mismas que en el ejercicio resuelto 6 para las fuerzas jarrón-mesa. Hay que tener en cuenta también la fuerza de la mesa sobre la Tierra y la recíproca de la Tierra sobre el jarrón:



Para que la mesa esté en reposo, la fuerza neta debe ser nula.

11. Si consideramos un sistema inercial un sistema de referencia situado en la superficie de la Tierra, razona si lo es, o no, el situado en:

a)

La terraza es un sistema inercial, ya que está en reposo respecto a la superficie terrestre.

b)

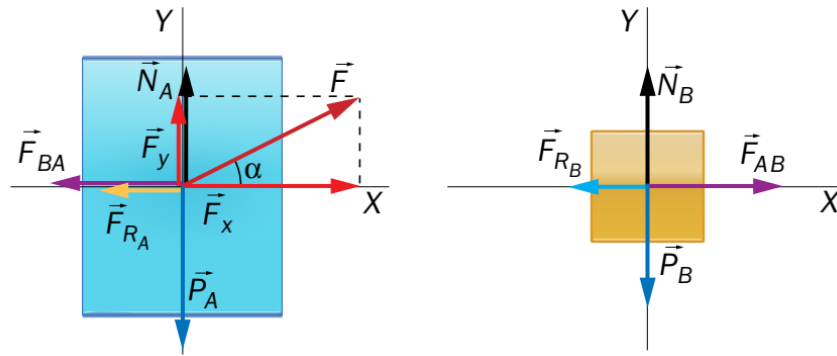
Un cuerpo en caída libre es acelerado, por tanto, no es un sistema inercial.

c)

Durante el arranque y la parada no es sistema de referencia inercial, pues el ascensor acelera. Sí lo es durante el resto del trayecto, si lo hace con M.R.U.

12. Un operario empuja dos cajas, de masas m_A y m_B , tal y como se muestra en la figura. Si los coeficientes de rozamiento entre las cajas y el suelo son μ_A y μ_B , determina la aceleración del movimiento.

Las figuras siguientes muestran las fuerzas que actúan sobre cada caja (F_{AB} es la fuerza que ejerce la caja A sobre B, y viceversa).



Aplicamos la **segunda ley de Newton** a cada cuerpo en cada eje teniendo en cuenta que la aceleración será la misma en ambos por moverse conjuntamente:

Caja A. Eje X:

$$F_x - F_{RA} - F_{BA} = m_A \cdot a$$

Eje Y:

$$N_A + F_y - p_A = 0 \rightarrow N_A + F_y = p_A = m_A \cdot g \rightarrow N_A = m_A \cdot g - F_y$$

Caja B. Eje X:

$$F_{AB} - F_{RB} = m_B \cdot a$$

Eje Y:

$$N_B - p_B = 0 \rightarrow N_B = p_B = m_B \cdot g$$

Como $F_{RA} = \mu_A \cdot N_A$ y $F_{RB} = \mu_B \cdot N_B$:

Caja A.

$$F_x - \mu_A \cdot N_A - F_{BA} = m_A \cdot a \rightarrow F_x - \mu_A \cdot (m_A \cdot g - F_y) - F_{BA} = m_A \cdot a$$

Caja B.

$$F_{AB} - \mu_B \cdot N_B = m_B \cdot a \rightarrow F_{AB} - \mu_B \cdot m_B \cdot g = m_B \cdot a$$

Por otro lado, $F_{AB} = F_{BA}$ (son fuerzas de acción-reacción, mismo módulo, sentido contrario, **tercera ley de Newton**). Con esto, sumamos las expresiones anteriores:

$$F_x - \mu_A \cdot (m_A \cdot g - F_y) - \mu_B \cdot m_B \cdot g = m_A \cdot a + m_B \cdot a = a \cdot (m_A + m_B)$$

$$a = \frac{F_x - \mu_A \cdot (m_A \cdot g - F_y) - \mu_B \cdot m_B \cdot g}{m_A + m_B}$$

donde $F_x = F \cdot \cos(\alpha)$ y $F_y = F \cdot \sin(\alpha)$.

13. Si en el ejercicio anterior, $m_A = 15kg$, $m_B = 20kg$, $\mu_A = 0,2$, $\mu_B = 0,6$, y el operario ejerce la fuerza de modo que $\alpha = 15^\circ$ y $F = 300N$, ¿qué valor se obtiene para la aceleración? ¿Qué fuerza ejerce un cuerpo sobre otro?

$$a = \frac{300 \cdot \cos(15^\circ) - 0,2 \cdot (15 \cdot 9,8 - 300 \cdot \sin(15^\circ)) - 0,6 \cdot 20 \cdot 9,8}{15 + 20} = 4,5m/s^2$$

Y sustituyendo, por ejemplo, para la Caja B:

$$F_{AB} = F_{RB} + m_B \cdot a = \mu_B \cdot m_B \cdot g + m_B \cdot a = 0,6 \cdot 20 \cdot 9,8 + 20 \cdot 4,5 = 207,7N$$