

15.- Un hombre se encuentra sobre una báscula en el interior de un ascensor. Con el ascensor quieto la báscula marca 700 N. Calcular cuánto marcará si:

- a) El ascensor sube con una velocidad constante de 5 m/s.
- b) El ascensor sube con una aceleración constante de 2 m/s²
- c) El ascensor baja con una aceleración constante de 2 m/s²
- d) La cuerda del ascensor se parte y éste cae en caída libre.

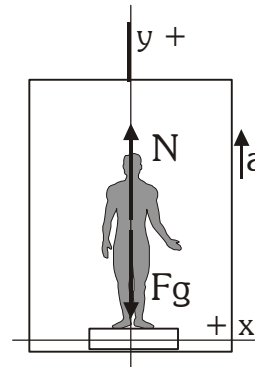


Diagrama de fuerzas. Sobre la persona de la figura, que está sobre la báscula, actúan únicamente dos fuerzas, ya esté en reposo o en movimiento: la fuerza gravitatoria, F_g , y la fuerza normal N debida al contacto con la báscula. Esta fuerza normal, que es igual (por la 3ª ley de Newton) a la que hace la persona sobre la báscula, es el “peso aparente” que marcará la báscula. Dependiendo del valor de estas dos fuerzas, la persona tendrá un tipo de movimiento u otro.

Aplicando la segunda ley de Newton al movimiento de la persona: $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Sólo hay fuerzas en dirección vertical (y) $N - F_g = m \cdot a \rightarrow N - m \cdot g = m \cdot a$

Con lo que la fuerza que indica la báscula será $N = m \cdot g + m \cdot a$

Vemos que el valor que indique la báscula no será sólo el peso. Depende también de la aceleración que lleve el ascensor (el sistema de referencia).

Estudiamos los diferentes casos:

Con el ascensor en reposo (sería un sistema de referencia inercial): $a = 0 \rightarrow N = m \cdot g$

La báscula marca el peso de la persona. De aquí podemos extraer la masa de la persona. Considerando $g = 10 \text{ N/kg}$ $700 \text{ N} = m \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \rightarrow m = 70 \text{ kg}$

a) $v = \text{cte} = 5 \text{ m/s} \rightarrow a = 0 \rightarrow N = m \cdot g$ Igualmente, marca el peso de la persona. $N = 700 \text{ N}$

Es lógico que en ambos casos midamos las mismas fuerzas, ya que los dos sistemas de referencia (en reposo o con movimiento uniforme) son inerciales. No existe forma posible de que la persona que está dentro del ascensor distinga si está en reposo o en movimiento uniforme.

(Nota: Esta equivalencia entre sistemas de referencia inerciales, llevada al extremo a la hora de medir la velocidad de la luz, llevó a Albert Einstein en 1905 a formular su principio de Relatividad Especial)

b) Ahora el movimiento es acelerado, con $a = 2 \text{ m/s}^2$. La báscula marcará

$$N = m \cdot g + m \cdot a = 700 \text{ N} + 70 \text{ kg} \cdot 2 \text{ ms}^{-2} = 840 \text{ N}$$

La persona nota como si “pesara más”, como si hubiera una “gravedad adicional”, que tirara más de él hacia el suelo. En realidad su peso es el mismo. Es el ascensor (sistema no inercial ahora) el que se mueve con aceleración.

Esta gravedad adicional es una *fuerza ficticia* o *fuerza de inercia*, que en realidad no existe, pero que el observador que está en el ascensor (que no sabe que se mueve) tiene que inventarse para explicar el aparente “aumento de peso”. Esto ocurre en todos los sistema de referencia no inerciales.

c) Este caso es similar al apartado b), sólo que ahora la aceleración es negativa $a = -2 \text{ m/s}^2$. La báscula marcará

$$N = m \cdot g + m \cdot a = 700 \text{ N} + 70 \text{ kg} \cdot (-2) \text{ ms}^{-2} = 560 \text{ N}$$

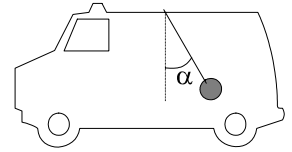
Ahora la persona nota como si “pesara menos”, como si hubiera “perdido gravedad”, o hubiera una fuerza adicional tirando de ella hacia arriba. Pero no hay nadie que aplique esa fuerza.

d) Este es el caso extremo. Al ser una caída libre, la aceleración del ascensor, y de la persona, coincide con la gravedad. $a = g = -10 \text{ m/s}^2$. Así $N = m \cdot g + m \cdot a = 700 \text{ N} + 70 \text{ kg} \cdot (-10) \text{ ms}^{-2} = 0 \text{ N}$

La báscula no marca nada. La normal es cero. Esto quiere decir que la persona ha perdido el contacto con la báscula, y queda flotando dentro del ascensor. Esto es natural, ya que cae al mismo ritmo que el suelo, el techo y las paredes del ascensor. Parece que hubiera perdido completamente su peso.

(Nota: Esta equivalencia entre ingravidez y caída libre, puede plantearse a la inversa, como la equivalencia entre sufrir la gravedad o encontrarse dentro de un sistema de referencia acelerado. Fue nuevamente Einstein, en 1916, el que formuló a partir de ahí el Principio de Relatividad General, que revolucionó completamente la Física. La idea estaba ahí, pero hacía falta un genio con pensamiento propio para desarrollarla.)

16.- Una furgoneta transporta en su interior un péndulo que cuelga del techo. Calcular el ángulo que forma el péndulo con la vertical en función de la aceleración de la furgoneta.



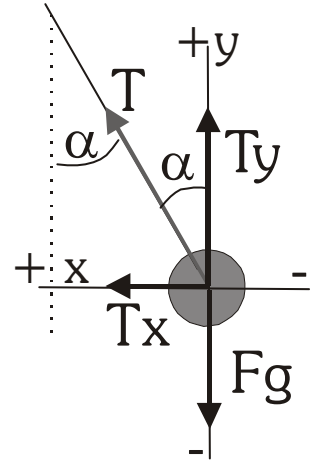
La furgoneta, que se mueve con aceleración, constituye un sistema de referencia no inercial. Un observador situado en su interior ve que el péndulo se desvía de la vertical, como si algo estuviera tirando de él hacia atrás. Sabemos que en realidad esto no sucede. Es la furgoneta la que acelera, mientras que la bola del péndulo tiene tendencia a continuar en reposo.

Diagrama de fuerzas: En la figura. Actúan sobre el péndulo la tensión de la cuerda (T) y la fuerza gravitatoria ($F_g = m \cdot g$)

Descomponemos la Tensión en sus componentes x e y :

$$T_x = T \cdot \sin \alpha$$

$$T_y = T \cdot \cos \alpha$$



Aplicamos la segunda ley de Newton al movimiento del péndulo: $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Sólo hay movimiento (aceleración) en el eje x .

$$\text{Eje } x: T_x = m \cdot a \quad \rightarrow \quad T \cdot \sin \alpha = m \cdot a$$

$$\text{Eje } y: T_y - m \cdot g = 0 \quad \rightarrow \quad T \cdot \cos \alpha = m \cdot g$$

Dividiendo ambas ecuaciones obtenemos $\tan \alpha = \frac{a}{g} \rightarrow \alpha = \arctg\left(\frac{a}{g}\right)$ Es la expresión que buscábamos.

Estudiamos un poco esta expresión:

- Cuando $a = 0$ (la furgoneta en reposo o movimiento uniforme, sería un sistema inercial), $\alpha = 0$, el péndulo estaría vertical. Este resultado es totalmente lógico.
- Al aumentar la aceleración, también aumenta el ángulo.
- Si quisiéramos que el péndulo formara 90° con la horizontal, esto es, que estuviera horizontal:

$\tan 90^\circ = \frac{a}{g}$ Pero $\tan 90^\circ \rightarrow \infty$, con lo que la aceleración necesaria también sería infinita. Es completamente imposible este caso extremo.

CUESTIÓN TEÓRICA 4.

4. Razonar la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones.

- a) "Para que un cuerpo esté en movimiento debe haber forzosamente una fuerza aplicada sobre el cuerpo en ese instante" Falso. Puede que no actúe sobre él ninguna fuerza y tenga movimiento rectilíneo uniforme. Nos basamos en la primera ley de Newton.
- b) "Podemos arrastrar un cuerpo por una superficie aplicando una fuerza menor que su peso". Cierto. La fuerza que debemos vencer es el rozamiento, aquella que va en la misma dirección y se opone a la fuerza que estamos aplicando. Salvo en situaciones extremas, la fuerza de rozamiento suele ser menor que el peso del cuerpo.
- c) "Al chocar una bola de billar con otra de menor masa, la fuerza que la bola grande ejerce sobre la pequeña es mayor que la fuerza que la bola pequeña ejerce sobre la grande". Falso. Por la tercera ley de Newton, ambas fuerzas son iguales. Los efectos serán diferentes, dada la distinta masa de las bolas, pero eso es otra cuestión.
- d) "El peso, la fuerza que la Tierra ejerce sobre los cuerpos, depende de la masa de cada cuerpo. Sin embargo, todos los cuerpos caen con la misma aceleración." Cierto. A la hora de calcular la aceleración de caída (aplicamos la 2ª ley de Newton) volvemos a dividir por la masa, con lo que la aceleración será igual a g , la gravedad. $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow m \cdot g = m \cdot a \rightarrow a = g$
- e) "Si un cuerpo no está acelerado, no existe ninguna fuerza actuando sobre él" Falso. Pueden existir fuerzas aplicadas, pero de tal modo que su resultante sea nula.
- f) "Un cuerpo se mueve siempre en la dirección de la fuerza resultante" Falso. La aceleración sí irá en la dirección de la fuerza resultante (2ª ley de Newton), pero la velocidad, que es la que nos indica la dirección del movimiento, no tiene por qué. Ejemplo. Un tiro parabólico. La fuerza resultante (la gravitatoria) tiene dirección vertical, pero el movimiento no es vertical.