

16. Solicito el cambio de respuesta de la respuesta 2 dada por correcta a la respuesta 4 que es la verdadera.

Como podemos ver en la bibliografía adjunta, primera imagen, la fuerza de rozamiento siempre se opone al movimiento, por lo que la respuesta 2 es completamente imposible. Si bien es verdad que en el caso de rodar sin deslizar implica que la fuerza de rozamiento va a favor del movimiento de las ruedas y probablemente sea lo que pretendamos contestar, la fuerza va en contra del movimiento del coche y por tanto se verá que numéricamente no podemos hallarla sin saber más datos.

Por otro lado, también en la bibliografía (imagen 2) tenemos que para que un objeto ruede sin deslizar debe existir una fuerza de rozamiento para evitar precisamente que deslice, lo que hace que la respuesta 1 sea imposible. Como vemos, se plantea el rozamiento en contra del movimiento de los objetos, aunque se favorezca su rodamiento.

Ahora mismo tenemos dos fuerzas: la fuerza de rozamiento, que se opone al movimiento, lo que le haría bajar puesto que sube, y la fuerza peso, que también va en el sentido de hacerle bajar. Puesto que sube a velocidad constante (no hay aceleración), por la primera ley de Newton, La fuerza resultante o sumatorio de todas las fuerzas aplicadas sobre el automóvil ha de ser nulo. Si tenemos 2 fuerzas en el mismo sentido, debe haber al menos una tercera que las anule, por ejemplo, la fuerza del motor del coche y ese dato no tenemos. Por lo tanto, la respuesta correcta ha de ser la 4: no hay datos suficientes.

Si lo calculamos como en el ejemplo de la imagen, teniendo en cuenta que el auto sube, la fuerza peso y la fuerza de rozamiento van en contra del movimiento y son negativas por lo que:

$$\left. \begin{array}{l} -F - F_r = m \cdot a \\ F = m \cdot g \cdot \sin \alpha \\ a = 0 \text{ porque } v = \text{constante} \end{array} \right\} \rightarrow -m \cdot g \cdot \sin \alpha - F_r = 0 \rightarrow F_r = -m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

Y ese signo menos implicaría que va en contra de lo que hemos supuesto para la fuerza de rozamiento, pero es imposible porque, como hemos dicho, la fuerza de rozamiento tiene que ir en contra del movimiento. Esto nos hace ver que nos falta alguna fuerza, por ejemplo la del motor, que haga que anule la fuerza peso y la fuerza de rozamiento. **Puesto que nos falta ese dato, la respuesta correcta será la número 4.**

### 3.9 Fuerza de rozamiento entre sólidos 103

**a)** *La fuerza de rozamiento aparece en la zona de contacto entre los sólidos*

**b)** *La fuerza de rozamiento se opone al movimiento relativo entre los sólidos en el punto o superficie de contacto*

Para determinar su sentido basta con conocer qué sentido tendría la velocidad del punto (o puntos) del sólido móvil en contacto con el fijo de no existir rozamiento: la fuerza de rozamiento llevará *sentido contrario*.

**c)** *La fuerza de rozamiento depende de la naturaleza y estado de las superficies*

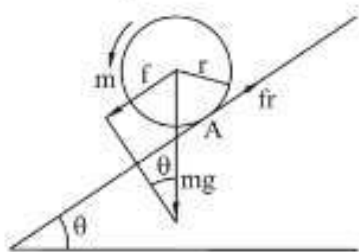
En principio puede pensarse que cuanto más rugosas sean las superficies, mayor será el rozamiento; lo que suele ser cierto cuando la naturaleza de los materiales es diferente, dado que tales rugosidades representan obstáculos para el movimiento relativo. Pero si las superficies son de igual naturaleza, la fuerza de rozamiento será mayor cuanto más pulidas estén, al ser más intensa la cohesión entre las moléculas iguales de ambas superficies por estar más próximas; un buen ejemplo de ello lo constituyen dos planchas de un mismo tipo de vidrio, bien pulidas y limpias, puestas en contacto.

**d)** *La fuerza de rozamiento estático es variable*

**Ejemplo:** Calcular la aceleración que adquiere el centro de masas de un cilindro, una esfera y un anillo que ruedan sin deslizarse sobre el plano inclinado cuando parten de una misma altura.

Sea un cilindro que rueda sin deslizarse sobre el plano inclinado. Debe existir fuerza de rozamiento, sino al dejar el cilindro en la parte superior del plano inclinado se deslizaría por el mismo sin rodar. El punto de contacto A está instantáneamente en reposo respecto a la superficie del plano inclinado. El rozamiento es estático y no se disipa energía.

Se cumple



$$\begin{aligned} f - f_r &= ma, & f_r r &= I\alpha \\ \Rightarrow mgsen\theta - \frac{I\alpha}{r} &= mar; & mgsen\theta - \frac{1}{2}mra &= mar \\ \Rightarrow \alpha &= \frac{2g}{3r}sen\theta \Rightarrow a &= \frac{2}{3}mgsen\theta \end{aligned}$$

La fuerza de rozamiento estática vale  $f_r = \frac{1}{3}mgsen\theta$

$$\left. \begin{array}{l} \text{En un anillo} \quad I = mr^2, \quad \alpha = \frac{1}{2}g\frac{sen\theta}{r}, \quad a = \frac{1}{2}gsen\theta, \quad f_r = \frac{1}{2}mgsen\theta \\ \text{En una esfera} \quad I = \frac{2}{5}mr^2, \quad \alpha = \frac{5}{7}g\frac{sen\theta}{r}, \quad a = \frac{5}{7}gsen\theta, \quad f_r = \frac{2}{7}mgsen\theta \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow a_{esfera} > a_{cilindro} > a_{anillo}$$

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBRO 1:

Título: Fundamentos de mecánica  
Autor: Carlos González Fernández  
Página: 103  
Año de edición: 2012  
Editorial: Reverté

### LIBRO 2:

Título: Mecánica newtoniana  
Autor: Joan Josep Martínez Benjamin  
Página: 97  
Año de edición: 2011  
Editorial: Universidad Politécnica de Cataluña