

## Guía 2: Dinámica

- 1) La segunda ley de Newton expresa que la aceleración de un cuerpo depende linealmente de la fuerza neta que sobre él actúa, siendo la masa la constante de proporcionalidad.
  - a) Escriba este concepto en forma de ecuación diferencial para la posición ( $x$ ) para el caso de una fuerza constante en el tiempo.
  - b) Re-escribala ahora como una ecuación diferencial para la velocidad ( $v$ ). Resuelva esta ecuación, encontrando una solución  $v(t)$ . Considere la condición inicial  $v(t = 0) = v_0$
  - c) Arréglese ahora para encontrar la expresión para  $x(t)$  si  $x(t = 0) = x_0$ .
- 2) Si la masa del Titanic era de  $6 \times 10^7$  Kg, ¿qué fuerza habrá sido necesaria para producirle una aceleración de  $0.1 \text{ m/s}^2$ ?
- 3) En cada uno de los sistemas que se muestran a continuación, ubique las fuerzas que actúan sobre cada uno de los cuerpos, especificando cuales son pares de interacción.



- 4) Una persona está parada sobre una balanza que se encuentra en un ascensor. Estando éste en reposo la balanza indica un peso de 55 kgf.
  - a) ¿Qué indica la balanza si el ascensor baja con velocidad constante de  $v = 3 \text{ m/s}$
  - b) ¿Qué indica si el ascensor sube con una aceleración de  $0.4 \text{ m/s}^2$

a) 55 kgf, b) 57,2 kgf
- 5) Se arrastra un carrito cuya masa es de 20 kg por una superficie horizontal, mediante una soga de la cual se tira formando un ángulo de  $30^\circ$  con la vertical. Si la aceleración que se logra así es de  $0,5 \text{ m/s}^2$  ¿Cuál es el módulo de la fuerza ejercida mediante la soga? ¿Qué valor toma la normal del piso sobre el carrito?
 

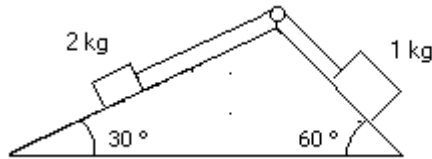
a) 20N, b) 182,7 N
- 6) Un pájaro de masa  $m = 26 \text{ g}$  esta posado en el punto medio de una cuerda tensa como muestra el dibujo.



- a) Demuestre que la tensión de la cuerda esta dada por  $T = mg/2\text{sen } \theta$
  - b) Determine la tensión si  $\theta = 5^\circ$
  - c) ¿Cuánto valdrá la tensión si la cuerda está ubicada en un montacargas que asciende con  $a = 1\text{m/s}^2$ . Discuta los casos en los que desciende con la misma aceleración, o se mueve con velocidad constante, suponiendo que el ángulo no cambió.
- Resp. b) 1,5 N c) 1,65 N si asciende con  $1\text{m/s}^2$  hacia arriba

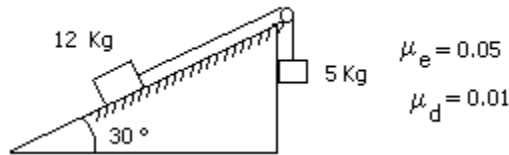
- 7) Se sabe que cuando un cuerpo desciende libremente por un plano inclinado sin rozamiento, su aceleración es  $a = g \sin \theta$ , independientemente de la masa del cuerpo. Verifíquelo aclarando cual de los ángulos del plano inclinado es el  $\theta$  de esta expresión.
- 8) Analice el sentido de movimiento del sistema de la figura, y calcule la aceleraciones de cada cuerpo y la tensión sobre la soga que los vincula. Suponga que la soga es inextensible y de masa despreciable frente a la de los cuerpos. ¿En qué momento utiliza estas aproximaciones?

Resp.  $a=0,44 \text{ m/s}^2$ ,  $T=0,9 \text{ kgf}$



**Problemas con rozamiento**

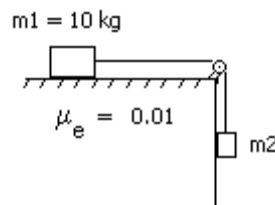
- 9) En una situación en la que una fuerza F arrastra un cuerpo horizontalmente sobre una superficie con coeficiente de rozamiento dinámico  $\mu_d$  ¿cómo se modifica la ecuación diferencial del problema 1.a? ¿y las soluciones de  $v(t)$  y  $x(t)$ ?
- 10) Dado el sistema indicado por la figura:



- a) Diga si está en equilibrio.  
 b) ¿Que aceleración tiene cuando se mueve?

Resp. b)  $0,53 \text{ m/s}^2$

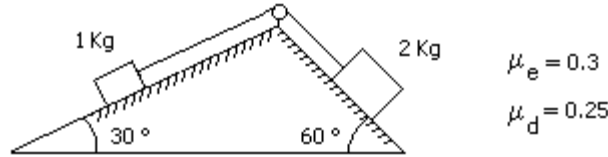
- 11) Calcule el máximo valor de la masa  $m_2$  para la cual el sistema indicado permanece en equilibrio.



Resp. 100 g

- 12) El coeficiente de rozamiento estático entre bloques y las superficies de la figura es 0.3. El coeficiente de rozamiento dinámico es 0.25. La polea es ideal.

- a) ¿Estará el sistema en equilibrio?
- b) Si se mueve, ¿en que dirección lo hará? Calcule la aceleración del sistema



Resp. b)  $2,55 \text{ m/s}^2$

- 13) Un mozo lleva un vaso lleno en el centro de una bandeja de 40 cm de diámetro. ¿Cuál es la aceleración máxima con que puede mover la bandeja sin perder el vaso por el camino? Analice qué sucede si la aceleración de la bandeja es de  $2 \text{ m/s}^2$ . ¿Podría calcular el tiempo que tarda el vaso en caerse? Datos: masa del vaso lleno  $m_v=300 \text{ g}$ , masa de la bandeja  $m_b=1 \text{ kg}$ , coeficientes de rozamiento entre el vaso y la bandeja:  $\mu_e = 0,1$ ,  $\mu_d = 0,08$ .

Resp.  $a_{\text{max}}=1 \text{ m/s}^2$ ,  $t=0,55 \text{ seg.}$

- 14) Un bloque de 3 kg esta apoyado sobre otro bloque de 5 Kg como indica la figura. Considere que no hay fuerza de rozamiento entre el bloque de 5 Kg y la superficie horizontal donde se apoya. Los coeficientes de rozamiento estático y dinámico entre los dos bloques son 0.2 y 0.1 respectivamente.

- a) ¿Cual es la fuerza máxima que puede aplicarse al bloque de 5 Kg para arrastrar a los dos cuerpos sin que deslice un bloque sobre el otro?. Halle la aceleración del sistema cuando se aplica dicha fuerza.
- b) Se aplica ahora al cuerpo de 5 Kg una fuerza igual al doble de la calculada en a). Halle la aceleración de cada bloque. ¿Hacia donde se cae el bloque de arriba?
- c) Ídem a), pero ahora aplicando la fuerza F sobre el bloque de 3 kg.
- d) Si se aplica sobre el bloque de 3 Kg una fuerza igual a la mitad de la calculada en c), calcule la fuerza de rozamiento entre bloques

a) y b)

c) y d)



Resp. a)  $F=16 \text{ N}$ ,  $a=2 \text{ m/s}^2$ ; b)  $a_1=1 \text{ m/s}^2$ ,  $a_2=5,8 \text{ m/s}^2$ ; c)  $F=9,6 \text{ N}$ ,  $a=1,2 \text{ m/s}^2$ ; d)  $3 \text{ N}$

- 15) Una fuerza horizontal empuja a un ladrillo de 2,5 kg de masa contra una pared vertical. Los coeficientes de rozamiento estático y dinámico entre el ladrillo y la pared son 0,5 y 0,4 respectivamente. Calcule el valor mínimo de la fuerza para sostener el ladrillo quieto.

Resp. 5 kgf

### Dinámica del movimiento circular

- 16) Las velocidades de las centrifugadoras están limitadas en parte por la solidez de los materiales usados en su construcción. Una centrifugadora hace girar a 600000 rpm una muestra de 10 g en un radio de 50 cm.

¿Qué fuerza ejerce la centrifugadora sobre la muestra? ¿Cuál sería la masa de la muestra en reposo con un peso igual a esta fuerza? Resp.  $2 \cdot 10^7 \text{ N}$ , 2000 t

17) Un coche recorre una curva plana de 0,25 km de radio. El coeficiente de rozamiento estático entre los neumáticos y la carretera es 0,4. ¿A qué velocidad en km/h empieza el coche a derrapar?

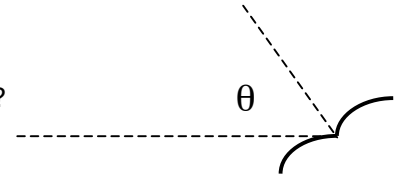
Resp. 114 km/h

18) Un pájaro de masa 300 g describe en su vuelo una curva de 20 m de radio a una velocidad de 15 m/s. El aire ejerce una fuerza de sustentación que es perpendicular al plano de sus alas.

a) ¿Cuál es el ángulo de inclinación?

b) ¿Cuál es la fuerza de sustentación ejercida por el aire sobre el pájaro?

Resp. a)  $48^\circ$  b) 4,5 N

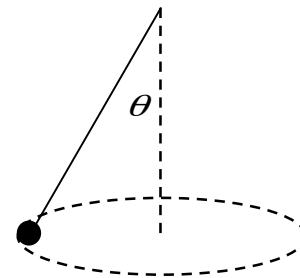


19) Un avión que vuela a una velocidad de 400 m/s puede experimentar, dentro de los límites de seguridad, una aceleración de 8 veces la de la gravedad cuando toma una curva. ¿Cuánto tarda el avión en girar  $180^\circ$  en ese caso? ¿Con qué ángulo se inclina para dar ese giro?

Resp. 15,7 seg y  $83^\circ$

20) Un cuerpo de masa  $m$  está suspendido de un hilo 2m de longitud y se mueve describiendo una circunferencia horizontal como muestra la figura (péndulo cónico) con velocidad angular  $\omega = 3.16 \text{ 1/s}$ . Calcule el ángulo  $\theta$  para que dicho movimiento se mantenga.

Resp.  $60^\circ$



21) Considere una partícula de masa 800 g sujeta a una varilla rígida de 50 cm de longitud que le comunica un movimiento circular uniforme en un plano vertical

a) ¿Es cierto que la fuerza que la varilla ejerce sobre la partícula tiene dirección radial únicamente?

b) Calcule la fuerza de vínculo en el punto mas alto de la trayectoria circular si la velocidad angular es  $\omega = 6 \text{ 1/s}$ . Repita para  $\omega = 3 \text{ 1/s}$  y analice el cambio de sentido de la fuerza.

c) Halle la fuerza de vínculo entre la varilla y la partícula en función del ángulo que forma con la vertical.

Resp. a) No; b)  $\mathbf{F} = -6,4 \text{ N } \hat{r}$  y  $\mathbf{F} = 4,4 \text{ N } \hat{r}$ ; c)  $\mathbf{F} = -(m\omega^2 L + mg \cos \theta) \hat{r} + mg \sin \theta \hat{\theta}$

22) El radio de la tierra es de 6400 km y gira sobre su eje con un período de 24 hs.

a) ¿Cuál es la aceleración centrípeta en el ecuador?

b) Si un hombre pesa 700 N en el Polo Norte, ¿cuál es su peso efectivo (lo que lee en la balanza) en el ecuador?

Resp. a)  $0.034 \text{ m/s}^2$ , b) 700 N en el Polo, 697.9 N en el ecuador y 698.2 en latitud  $30^\circ$

23) Se coloca en órbita un satélite artificial sincrónico (es decir se coloca en una órbita circular cuyo período es igual al de rotación de la tierra sobre su eje).

a) Halle el radio de su órbita.

Resp. 42190 km

b) Si dentro del satélite se encuentra una persona, ¿qué fuerza ejerce el piso del satélite sobre ella?

Resp. N=0!

## Dinámica viscosa (a escala celular y molecular)

24) Un objeto que se mueve en un fluido experimenta una fuerza de arrastre (o fuerza viscosa),  $\vec{F}_a$ , que se opone a su movimiento y es proporcional a la velocidad relativa,  $\vec{v}$ , entre el objeto y el fluido:

$$\vec{F}_a = -\gamma \cdot \vec{v}$$

El coeficiente de proporcionalidad ( $\gamma$ ) es una función del tamaño y de la forma del objeto así como de la viscosidad del medio. Para un objeto esférico, el coeficiente de arrastre es  $\gamma = 6\pi \cdot \eta \cdot r$  (Ley de Stokes), donde  $\eta$  es la viscosidad del fluido y  $r$  el radio del objeto.

Considere un objeto que se mueve en un medio viscoso sujeto a una fuerza constante  $F$ . Suponga que la velocidad inicial es  $v(0) = 0$ .

a) Plantee la ecuación de Newton y muestre que la velocidad en función del tiempo es:

$$v(t) = \frac{F}{\gamma} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right]$$

Grafique.

b) Encuentre la velocidad límite alcanzada. De una estimación del tiempo que tarda en alcanzarse esa velocidad. ¿De qué parámetros depende?

Resp.: 0,94 pN (1 pico = 10<sup>-12</sup>)

25) Calcule la fuerza que deben hacer los motores moleculares que mueven los flagelos de una bacteria E. coli para que esta se mueva en un medio acuoso ( $\eta = 10^{-2}$  gr cm<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) a una velocidad constante de 25  $\mu\text{m}/\text{seg}$ . Aproxime la bacteria es una esfera de 2  $\mu\text{m}$  de radio.

Resp.: 0,1 fN (1 femto = 10<sup>-15</sup>)

26) En mitosis, las moléculas de kinesina trasladan los cromosomas por una distancia de unos 5 micrones durante unos 30 minutos. Calcule su velocidad media. ¿Qué fuerza se requiere? Asuma que el cromosoma tiene el mismo coeficiente de arrastre que la bacteria E. coli del problema anterior.

27) Suponga que una fuerza de 1 pN se aplica a una proteína de 100 kDa. En un medio sin viscosidad, ¿a qué velocidad se moverá después de 1 ns? ¿Qué distancia avanzará en ese tiempo? Si la proteína está en un medio viscoso como el citoplasma cuya viscosidad es 1000 veces mayor que la del agua ( $\eta = 10$  gr cm<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>), ¿cuál es su velocidad límite? ¿qué distancia recorrería en 1 ns a esa velocidad?

Ayuda: La masa de una proteína de 100 kDa es  $166 \times 10^{-24}$  Kg y su radio, suponiendo que es esférica, es de 3 nm.

28) Considere una bacteria que se mueve a una velocidad de 25  $\mu\text{m}/\text{seg}$ . Si se apagan los motores moleculares que le dan la fuerza de propulsión ¿Cuán lejos llegará?

Ayuda: considere que la bacteria es esférica con un radio de 1  $\mu\text{m}$  y una densidad de 103 kg/m<sup>3</sup>.

29) Electroforesis en gel (parte II)

En la guía de cinemática supusimos que las biomoléculas viajan a velocidad constante durante una electroforesis en gel.

- a) ¿Por qué ocurre esto? ¿Qué condición debe cumplir la fuerza que ejerce el campo eléctrico sobre las moléculas para que esto se cumpla?

Resp. 5 pm.

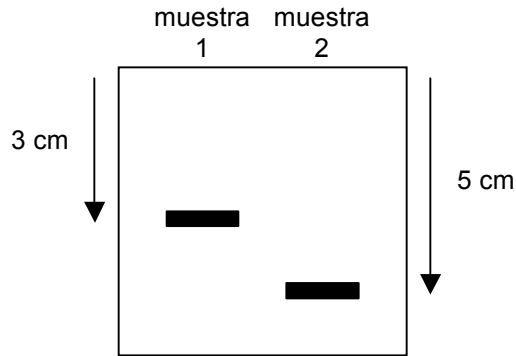
30) La calmodulina es una proteína capaz de unir átomos de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Al hacerlo cambia de una forma alargada a una forma compacta. Esta propiedad la convierte en un sensor de la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular, función que la vuelve relevante en numerosos procesos celulares como inflamación, apoptosis, contracción muscular, etc.

Se analizaron dos muestras de calmodulina, una con  $\text{Ca}^{2+}$  y una sin  $\text{Ca}^{2+}$  en gel no desnaturizante. Tras una hora de migración se reveló el gel obteniendo el siguiente resultado:

- a) ¿Cuál muestra corresponde a la proteína  $\text{Ca}^{2+}$ ?

con

- b) Si la fuerza que ejerce el campo eléctrico es de  $0,01 \text{ pN}$  ¿Cuál es el coeficiente de arrastre para la calmodulina con y sin  $\text{Ca}^{2+}$  en este experimento?



Resp. muestra 1:  $1,2 \cdot 10^{-9} \text{ kg/s}$  ;  
muestra 2:  $7,2 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s}$ .

31) Suponga una bacteria esférica de  $2 \text{ }\mu\text{m}$  de radio y densidad  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

- Si se la suelta en el aire (o vacío, a los efectos prácticos da igual), ¿cuál será el módulo de su velocidad 1 segundo después? Tenga en cuenta la gravedad en este caso.
- Suponga ahora que a la misma pobre bacteria se la pone en agua (viscosidad  $\eta=10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ ) y comienza a desplazarse haciendo con sus motores una fuerza equivalente a su peso. ¿Cuál será el módulo de su velocidad 1 segundo después?
- Grafique cualitativamente  $v(t)$  para los casos a y b.
- ¿Se conservó la energía mecánica de la bacteria en a y en b? ¿Por qué?

Resp: a)  $10 \text{ m/s}$  ; b)  $8,89 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$