Física I CiBEx– Año 2017 (2do. semestre)

Trabajo Práctico 4

Dinámica de una partícula (continuación)

Fuerzas de rozamiento, gravitatoria y de restitución – Movimiento circular

Para predecir el movimiento de una partícula, es necesario conocer, además de su posición y velocidad en un instante inicial, las fuerzas que actúan sobre ella. Estas fuerzas pueden conocerse a partir de teorías fundamentales (como la ley de gravitación universal) o de modelos macroscópicos empíricos (como en el caso de las fuerzas de fricción o la fuerza de restitución ejercida por un resorte).

1. Un bloque de acero de 5 kg está en reposo sobre una mesada horizontal. Los coeficientes de fricción estático y cinético entre el bloque y la mesada son respectivamente $\mu_{\text{est}} = 0.40$ y $\mu_{\text{cin}} = 0.30$.

   (a) ¿Cuál es el valor de la fuerza de roce ejercida por la mesada sobre el bloque?

   (b) Calcular la magnitud de dicha fuerza cuando actúa sobre el bloque una fuerza de 7 N paralela a la mesada.

   (c) ¿Cuál es la fuerza mínima capaz de provocar que el bloque comience a deslizarse?

   (d) Una vez iniciado el movimiento, ¿qué fuerza (módulo y dirección) es necesario ejercer para que el bloque permanezca moviéndose con velocidad constante respecto de la superficie de la mesada?

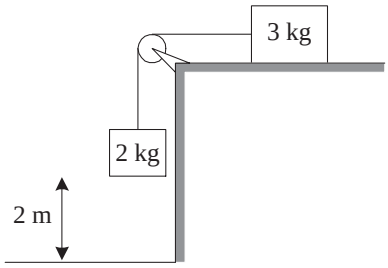
   (e) Si el bloque es empujado manualmente de modo que deslice hasta alcanzar una velocidad de 4 m/s y luego se lo suelta, ¿cuánto tiempo tardará en detenerse? ¿Qué distancia recorrerá durante ese lapso?

   (f) Ídem (b) y (d), pero si la fuerza forma un ángulo de 60° por encima de la horizontal.

2. Un bloque de 3 kg que descansa sobre una superficie horizontal está conectado a un bloque de 2 kg por una cuerda ligera, como se indica en la figura.

   (a) ¿Cuál es el coeficiente de fricción estática mínimo que permite que los bloques permanezcan en reposo?

   (b) Si el coeficiente de fricción estática entre el bloque y la superficie es menor que el hallado en la parte (a), y el coeficiente de fricción cinética correspondiente es 0.3, determinar el tiempo que tardará el bloque de 2 kg en chocar contra el suelo si el sistema parte del reposo.



3. Una caja de 70 kg descansa sobre una superficie plana inclinada 30° sobre la horizontal. Los coeficientes de roce estático y cinético entre la caja y la superficie son $\mu_{\text{est}} = 0.24$ y $\mu_{\text{cin}} = 0.2$, respectivamente.

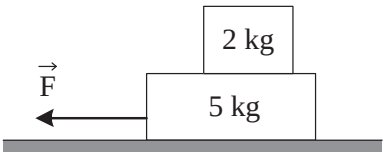
   (a) Determinar la mínima fuerza $|\vec{F}|$ que es necesario ejercer sobre la caja de modo tal que no deslice por el plano inclinado.

   (b) Calcular la magnitud y dirección de la fuerza de roce ejercida por la superficie si $|\vec{F}|$ se incrementa hasta 300 N.

   (c) ¿Cuál es el valor máximo que puede alcanzar $|\vec{F}|$ (siendo $\vec{F}$ paralela a la superficie) sin que la caja comience a deslizarse sobre el plano, hacia arriba?

4. Un bloque de 2 kg descansa sobre otro de 5 kg, que a su vez está en reposo apoyado sobre una mesa sin rozamiento. Los coeficientes de fricción entre los bloques son $\mu_{\text{est}} = 0.3$ y $\mu_{\text{cin}} = 0.2$. Sobre el bloque de 5 kg se ejerce una fuerza $\vec{F}$, como se muestra en la figura.

   (a) Describir cómo será el movimiento del sistema si $\vec{F}$ es una fuerza <u>constante</u> de 20 N. Determinar las fuerzas que actúan sobre cada uno de los bloques, y las aceleraciones de éstos. ¿Habrá desplazamiento de un bloque respecto del otro? Justificar.

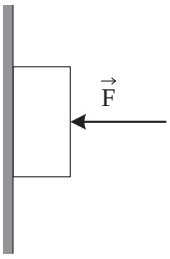
   

   (b) Describir el movimiento del sistema y las fuerzas que actúan sobre los bloques si luego de transcurrido cierto tiempo se deja de ejercer la fuerza $\vec{F}$.

   (c) ¿Qué ocurre, en cambio, si se incrementa la magnitud de la fuerza $\vec{F}$? ¿Cuál es el máximo valor posible de $|\vec{F}|$ tal que el cuerpo de 2 kg no resbale sobre el de 5 kg? Describir cómo será el movimiento posterior del sistema si $|\vec{F}|$ supera este valor máximo.

5. Una persona está apretando contra una pared vertical un cuerpo de masa m, ejerciendo sobre éste una fuerza horizontal como se muestra en la figura. Se observa que el cuerpo no se desliza hacia arriba ni hacia abajo, permaneciendo en reposo en su posición inicial.

   (a) Recrear esta situación física eligiendo algún objeto y apretándolo contra la pared. ¿Qué agentes interaccionan con el objeto? Representar las fuerzas en un diagrama de cuerpo libre.

   (b) Representar las componentes de la fuerzas que se ejercen sobre la pared, la Tierra y la mano, indicando en cada caso los agentes respectivos. Identificar pares acción-reacción.

   (c) ¿Cómo se explica que el cuerpo se encuentre en equilibrio? Teniendo como dato la masa m del cuerpo, es posible determinar las componentes de las fuerzas representadas en los ítems anteriores? ¿Qué otro(s) dato(s) se necesitarían?

   (d) ¿Qué ocurre si se disminuye la presión que ejerce la mano? Suponiendo conocido el coeficiente de roce estático μ_{est} entre la superficie del cuerpo y la pared, calcular el mínimo valor de $|\vec{F}|$ necesario para que el cuerpo permanezca en equilibrio.

   (e) ¿Cómo podría evitarse el deslizamiento si la pared fuera completamente lisa? ¿Y si las superficies del cuerpo fueran completamente lisas?

6. Discutir el carácter estático o cinético de la fuerza de rozamiento (si es que ésta existe) ejercida sobre los siguientes sistemas:

   (a) Una mujer que viaja en un asiento de un colectivo que avanza con aceleración constante.

   (b) Otra mujer, en el mismo colectivo, pero que no consiguió asiento y está de pie tomada del pasamanos.

   (c) Un muchacho que corre para alcanzar el colectivo.

   (d) Un esquiador que baja por una cuesta.

   (e) Un hombre que sube una escalera.

   (f) Un hombre trasladado por una cinta transportadora con velocidad constante a lo largo de un corredor.

7. (a) Calcular la fuerza gravitatoria entre dos vacas de 500 kg separadas por 5 m de distancia. Si fuera razonable modelarlas como partículas, ¿a qué distancia deberían encontrarse para que la fuerza gravitatoria fuera de 1 N? ¿Qué se puede concluir a partir de estos resultados?

(b) Un átomo de hidrógeno, cuyo radio es de aproximadamente 5×10^{-11} m, está formado por un protón y un electrón. Calcular el orden de magnitud de la fuerza gravitatoria entre estas partículas y compararla con la fuerza eléctrica con que se atraen, que es del orden de 10^{-7} N.

8. Una mosca está parada sobre el extremo de la aguja que indica los segundos de un reloj de pared. Esta aguja y la que indica los minutos miden 12 cm, mientras que la que indica las horas mide 6 cm.

   (a) Calcular la velocidad angular del movimiento circular de la mosca en rad/s.

   (b) Determinar el ángulo que forman las agujas del reloj que indican las horas y los minutos a las doce y cuarto.

   (c) ¿Está la mosca en algún momento en equilibrio? ¿Qué fuerzas actúan sobre ella? Determinar el módulo y la dirección de la aceleración de la mosca a las 12 en punto, y quince segundos después. ¿Son constantes la velocidad, la aceleración, la velocidad angular y/o la aceleración angular?

   (d) ¿Qué cantidades se mantendrían invariantes y cuáles se modificarían si la mosca estuviera posada en el punto medio de la misma aguja? ¿Y si estuviera posada en el extremo de la aguja que marca los minutos?

9. Considerar el movimiento descripto en el problema 12 de la práctica 2.

   (a) Mostrar que se trata de un movimiento circular, y determinar si su velocidad angular y/o su aceleración angular son constantes.

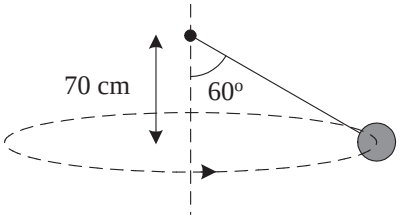
   (b) Verificar que para los instantes $t = 0$, 3 s y 6 s se verifica $|\vec{a}| = v^2/R = \omega^2 R$, donde R es el radio de la circunferencia, ω es la velocidad angular y $v \equiv |\vec{v}|$.

10. Una curva en una carretera tiene 200 m de radio. Si el coeficiente de rozamiento estático entre las cubiertas de un vehículo y el asfalto es 0.8, ¿cuál es la velocidad máxima con que el vehículo puede tomar esta curva sin derrapar? Explicar cualitativamente cómo se modifica este resultado cuando la curva está *peraltada*.

11. Una persona sostiene con su mano un extremo de una cuerda ligera, cuyo otro extremo está fijo a una bola de 0.4 kg. La bola lleva a cabo un movimiento circular con velocidad angular constante (ver figura).

    (a) Calcular la velocidad y la aceleración de la bola.

    (b) Determinar la fuerza que ejerce la mano sobre la cuerda.



12. Un juego de feria consta de un tambor giratorio de 4 m de radio con suelo móvil, que es quitado cuando el tambor gira rápidamente. Las personas en el interior del tambor se mantienen contra la pared, sin caer, gracias al rozamiento. Si el coeficiente mínimo de rozamiento esperado entre las ropas de las personas y la pared del tambor es 0.4, calcular la velocidad angular mínima con que éste debe girar para que nadie sufra un accidente.

13. Tarzán, hombre-mono de 85 kg, cruza un zanjón balanceándose en el extremo de una liana de 10 m de largo. Cuando pasa por la parte más baja de la trayectoria, su velocidad es de 8 m/s.

    (a) Indicar si Tarzán realiza un movimiento con velocidad constante, con velocidad angular constante, con aceleración angular constante, o ninguno de éstos.

    (b) Calcular cuál es la máxima tensión a la que está sometida la liana durante el proceso.

(c) Describir el movimiento posterior de Tarzán si la liana se corta, considerando los casos en que se corta antes y después de llegar al punto más bajo.

14. Con buena aproximación, puede considerarse que el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra es circular, con un radio de 384000 km. Teniendo en cuenta que un período completo tiene una duración de aproximada de 27.3 días, calcular la masa de la Tierra.

15. Una balanza funciona gracias a un resorte de constante $k = 12000$ N/m, que se comprime cuando un cuerpo es colocado sobre el plato.

    (a) Despreciando la masa del plato, calcular la longitud de compresión del resorte cuando se sube a la balanza un niño de 30 kg.

    (b) Ídem anterior, pero si el "pesaje" se lleva a cabo sobre una superficie inclinada 15° respecto de la horizontal.

16. Un cuerpo de 2 kg está sostenido por un resorte colgante vertical de constante $k = 500$ N/m, cuya longitud natural es de 30 cm.

    (a) Calcular la longitud del resorte cuando el cuerpo está en equilibrio.

    (b) Calcular la fuerza neta ejercida sobre el cuerpo cuando el resorte se estira 2 cm *con respecto a la longitud de equilibrio* (es decir, a la hallada en el ítem anterior).

Videos: recomendamos ver y discutir con los docentes los videos "Martillo y pluma", "Microgravedad (I y II)" y "Tambor rotante", que pueden encontrarse la página web de la materia. En particular, en el video "Tambor rotante" (fragmento de la película "Los 400 golpes", F. Truffaut, 1959) se muestra un juego como el que se describe en el problema 12.

17. En el video "12 pruebas" se muestra una hipotética situación en que una flecha es puesta en órbita.

    (a) Mostrar que, si se desprecia la resistencia del aire, la velocidad con que debería arrojarse la flecha viene dada por $v = \sqrt{gR_\oplus} \simeq 28500$ km/h. ¿Cuánto tardaría la flecha en dar la vuelta completa a la Tierra? ¿Qué ocurriría (siempre despreciando la interacción con el aire) si la flecha fuera arrojada con una velocidad aún mayor?

    (b) Suponiendo que se pudiese llevar a cabo el experimento en la realidad, ¿qué efectos produciría la interacción con el aire? ¿Es razonable despreciarla?

Simulaciones: recomendamos ejecutar las simulaciones "Velocidad y aceleración" y "Fuerzas − movimiento − fricción", que pueden descargarse desde la página web de la materia. En la primera de éstas el *mouse* se utiliza para ejercer una fuerza sobre una partícula que se desplaza sobre una superficie rugosa, y durante el movimiento pueden verse los vectores velocidad (color verde) y aceleración (color azul). En la simulación "Fuerzas − movimiento − fricción", pestañas "fricción" o "acceleration lab", puede jugarse con distintas situaciones en que se empuja un cuerpo sobre una superficie rugosa.

Algunos resultados: 1b) $|\vec{F}_r| = 7$ N; 1c) $|\vec{F}| > 19.6$ N; 1d) $|\vec{F}| = 14.7$ N; 1e) $t = 1.36$ s, $d = 2.72$ m; 1f) $|\vec{F}_r| = 3.5$ N, $|\vec{F}| = 19.3$ N; 2a) $\mu_{\text{est}} = 2/3$; 2b) $t = 1.36$ s; 3a) $|\vec{F}|_{\text{mín}} = 200$ N; 3b) $|\vec{F}_r| = 43$ N, hacia arriba; 3c) $|\vec{F}|_{\text{máx}} = 486$ N; 4c) $|\vec{F}|_{\text{máx}} = 20.6$ N; 5d) $|\vec{F}|_{\text{mín}} = mg/\mu_{\text{est}}$; 6) b), c) y e) estática, d) cinética, a) y f) $\vec{F}_r = 0$; 7a) $|\vec{F}_g| = 6.7 \times 10^{-7}$ N, $d = 4$ mm; 7b) $|\vec{F}_g| \sim 10^{-46}$ N; 8a) $\omega = 0.105$ rad/s; 8b) $\theta = 82.5°$; 8c) $|\vec{a}| = 0.132$ cm/s^2; 10) $|\vec{v}|_{\text{máx}} = 143$ km/h; 11a) $|\vec{v}| = 4.54$ m/s; 11b) $|\vec{F}_{\text{mano}}| = 7.84$ N; 12) $\omega_{\text{mín}} = 0.394$ rev/s; 13b) $|\vec{T}|_{\text{máx}} = 1380$ N; 14) $M_\oplus \simeq 6.0 \times 10^{24}$ kg; 15a) $x = 2.45$ cm; 15b) $x = 2.37$ cm; 16a) $\ell = 33.9$ cm; 16b) $|\vec{F}_{\text{neta}}| = 10$ N.