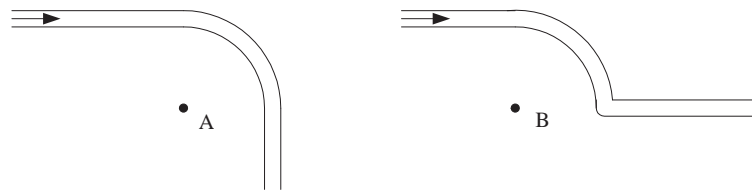


Trabajo Práctico 7 (segunda parte)

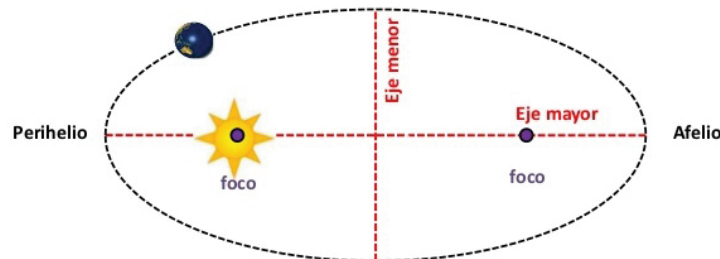
Momento angular – Torque – Cuerpo rígido

Dados dos vectores \vec{A} y \vec{B} , el *producto vectorial* $\vec{A} \times \vec{B}$ da como resultado un tercer vector \vec{C} cuyo módulo es $|\vec{C}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \phi$, donde ϕ es el ángulo entre los vectores \vec{A} y \vec{B} . La dirección de \vec{C} es perpendicular al plano que contiene a \vec{A} y \vec{B} , y su sentido viene dado por la *regla de la mano derecha*, o *del tirabuzón*. Notar que si los vectores \vec{A} y \vec{B} tienen direcciones paralelas, el producto vectorial es igual al vector nulo. La regla de la mano derecha implica que el producto vectorial es anticonmutativo: $\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$.

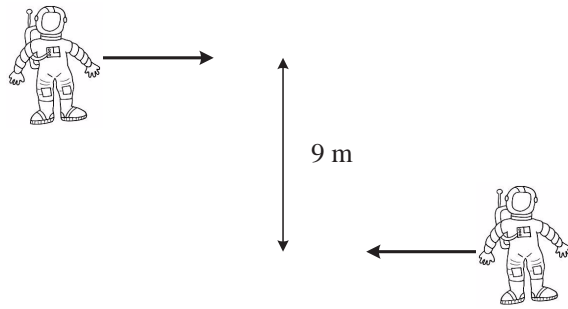
1. Las figuras representan dos tramos de una carretera plana, vista desde arriba. Un automóvil se desplaza con rapidez constante por ambos tramos.
 - (a) Para cada tramo, determinar si el momento angular del automóvil respecto de A y B respectivamente se mantiene constante a medida que el vehículo avanza. Determinar la dirección y sentido del momento angular en cada instante si el vehículo se desplaza en el sentido indicado por las flechas. ¿Qué ocurre si se mueve en la dirección opuesta?
 - (b) Explicar el resultado anterior teniendo en cuenta las fuerzas actuantes sobre el automóvil.



2. A partir de las leyes de Newton y la ley de gravitación universal puede verse que, si se considera separadamente la interacción de cada planeta con el Sol, las órbitas de los planetas resultan ser elípticas, con el Sol ubicado en uno de los focos (ver figura). En el caso de Mercurio, en el afelio y el perihelio las distancias entre el planeta y el Sol son de 6.99×10^{10} m y 4.60×10^{10} m, respectivamente. Como puede verse a partir de la figura, tanto en el afelio como en el perihelio la velocidad del planeta respecto del Sol es perpendicular al eje mayor de la elipse. La masa de Mercurio es aproximadamente 3.3×10^{23} kg, y su rapidez respecto del Sol en el afelio es de 3.88×10^4 m/s.
 - (a) ¿Se conserva el momento angular de Mercurio respecto del Sol cuando el planeta se mueve a lo largo de la trayectoria? ¿Se conserva la energía mecánica del sistema Mercurio-Sol? Justificar ambas respuestas en base a los teoremas de conservación correspondientes.
 - (b) Calcular la rapidez de Mercurio respecto del Sol en el perihelio.
 - (c) Determinar el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria ejercida por el Sol sobre Mercurio cuando se traslada desde el afelio hasta el perihelio. ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria al cabo de una órbita completa?



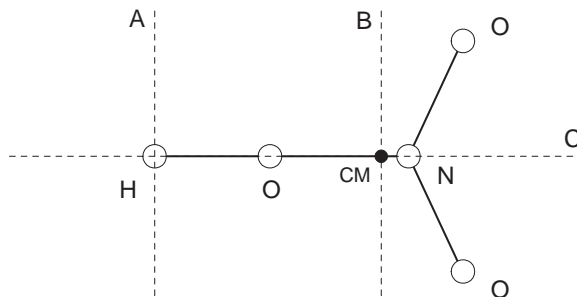
3. Una estación espacial viaja por el espacio exterior, aproximadamente libre de toda interacción con agentes externos. En un sector de la estación dos astronautas de 80 kg se están acercando entre sí, siguiendo trayectorias paralelas separadas 9 m (ver figura). Cada astronauta se mueve con una rapidez de 4 m/s respecto de la estación.



- (a) Calcular la cantidad de movimiento \vec{P}_{tot} del sistema formado por ambos astronautas respecto de un marco de referencia fijo a la estación. ¿Es éste un marco inercial? ¿Se mantiene \vec{P}_{tot} constante mientras los astronautas se acercan? ¿Qué velocidad tiene el centro de masa del sistema en el marco fijo a la estación?
- (b) Calcular el momento angular del sistema respecto de su centro de masa. ¿Es ésta una cantidad conservada a medida que los astronautas se desplazan? Justificar la respuesta.
- (c) Cuando los astronautas se encuentran frente a frente, uno de ellos lanza una cuerda ligera, y el otro se aferra a ella. (i) Describir cómo será el movimiento posterior de los astronautas. (ii) Determinar la cantidad de movimiento total del sistema y el momento angular total del sistema respecto del centro de masa una vez que se ha tensado la cuerda. ¿Serán estos constantes? (iii) Calcular la tensión de la cuerda.
- (d) Finalmente, uno de los astronautas comienza a enroscar la cuerda sobre su brazo, de modo tal que ambos se acercan entre sí. ¿Cómo es entonces el movimiento del centro de masa? ¿Se mantiene constante el momento angular del sistema respecto del centro de masa? ¿Qué ocurre con la velocidad de los astronautas? ¿Y con la energía mecánica del sistema?
4. Considerar el movimiento de la bola del problema 11 de la práctica 4. Determinar, en un dado instante, la dirección del momento angular de la bola respecto del centro de la circunferencia y respecto del extremo de la cuerda. Analizar si alguno de estos vectores se mantiene constante en el tiempo.

Sugerencia: tener en cuenta la dirección de la fuerza *net*a que actúa sobre la bola.

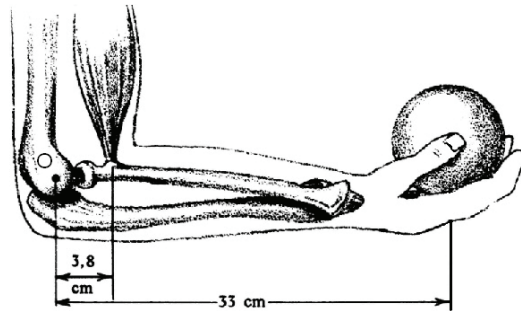
5. Calcular el momento de inercia de la molécula de ácido nítrico (ver problema 1 de la primera parte de la práctica 7), respecto de los ejes A, B y C representados en la figura. ¿Pueden algunos de estos resultados relacionarse a través del teorema de Steiner? Si es así, verificarlo numéricamente.



6. Un hombre sostiene una bola de 7 kg de forma tal que su antebrazo forma con el brazo un ángulo de 90° , como se muestra en la figura.
- (a) Tomando como sistema de estudio el antebrazo más la mano, determinar el torque ejercido por la bola respecto del punto de articulación del codo (punto O en la figura).

(b) Despreciando el peso del antebrazo, calcular la magnitud de la fuerza \vec{F}_b que debe ejercer el bíceps para poder sostener la bola. Compararla con la magnitud de la fuerza de contacto ejercida por la bola sobre la mano.

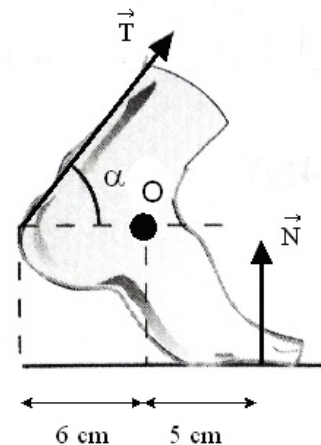
(c) Calcular el módulo y la dirección de la fuerza ejercida sobre el antebrazo en el punto de articulación O.



7. La figura muestra las fuerzas ejercidas por el suelo y por el tendón de Aquiles sobre el pie de un hombre de 90 kg que se encuentra en cuclillas, en equilibrio. Si se desprecia el peso del pie, la otra fuerza significativa que actúa sobre éste (además de \vec{T} y \vec{N}) es la ejercida por la tibia, aplicada en el punto O.

(a) Determinar el módulo de la fuerza ejercida por el tendón de Aquiles para una inclinación $\alpha = 40^\circ$.

(b) Determinar el módulo y la dirección de la fuerza ejercida por la tibia.



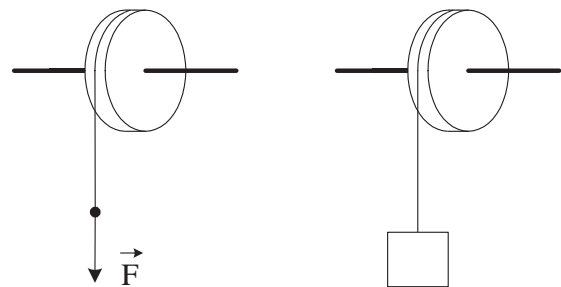
8. Una cuerda se enrolla alrededor de un cilindro de 6 kg y 50 cm de radio, que puede rotar sin rozamiento alrededor de su eje. Se tira de la cuerda con una fuerza constante de 15 N, estando el cilindro inicialmente en reposo (ver figura izquierda).

(a) Hallar el torque ejercido por la cuerda respecto del centro del cilindro, y la aceleración angular de éste.

(b) Determinar la velocidad angular del cilindro al cabo de dos segundos, y calcular cuántas revoluciones ha girado en ese lapso.

(c) Hallar la aceleración angular del cilindro si en lugar de tirar de la cuerda se cuelga de ésta un cuerpo cuyo peso es de 15 N (ver figura derecha). ¿Por qué difiere este análisis del realizado en el ítem (a)?

Ayuda: relacionar la aceleración del cuerpo con la aceleración angular del cilindro analizando el movimiento del punto en donde la cuerda se separa del cilindro.

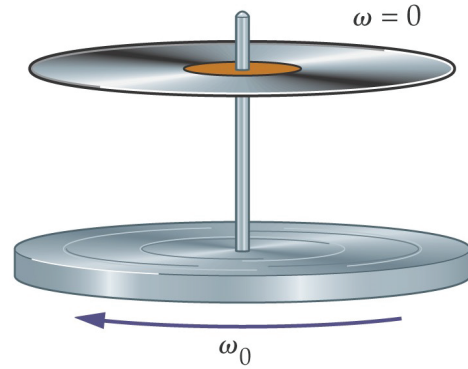


9. Un hombre está de pie en el centro de una plataforma circular manteniendo sus brazos extendidos horizontalmente con una pesa en cada mano. La plataforma rota sin fricción alrededor de un eje vertical que pasa por su centro, con una velocidad angular de 2 rev/s, siendo el momento de inercia del sistema plataforma + hombre respecto de este eje de 14 kg m^2 . Si el hombre acerca las pesas hacia su cuerpo, de modo que el momento de inercia total disminuye a 10 kg m^2 , ¿cuál es la nueva velocidad angular de la plataforma? Determinar la variación de la energía mecánica total del sistema. ¿Cómo se explica físicamente este cambio en la energía mecánica?

10. La plataforma de un antiguo tocadiscos está rotando alrededor de su eje central, libre de rozamiento, cuando se deja caer sobre ella un disco de vinilo de 12 pulgadas de diámetro (aproximadamente 30.5 cm) cuya masa es de 160 g. El momento de inercia de la plataforma respecto del eje de rotación es $I = 8 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$, y su velocidad angular inicial es $\omega_0 = 2 \text{ rad/s}$.

(a) Hallar la velocidad angular final del sistema plataforma + disco una vez que se ha producido el choque plástico.

(b) Determinar la energía mecánica perdida en la colisión, si la distancia inicial entre el disco y la plataforma es de 7 cm.



11. En un incendio, un estudiante de física necesita cerrar rápidamente la puerta de una habitación para aislarla del humo. Debido al fuego no puede llegar hasta el picaporte, pero puede arrojar un objeto que golpee la puerta y la cierre.

(a) ¿En qué parte de la puerta convendría que impacte el objeto? (suponer por simplicidad que la dirección de incidencia es normal al plano de la puerta).

(b) Si los únicos objetos disponibles son una pelota de goma y un trozo de masilla, ambos de igual masa, y sólo hay tiempo para arrojar uno de ellos, ¿qué objeto conviene elegir?

Algunos resultados: 2b) $|\vec{v}_P| = 59 \text{ km/s}$; 2c) $W = 3.26 \times 10^{32} \text{ J}$; 3a) $\vec{v}_{\text{cm}} = 0$; 3b) $|\vec{L}_{\text{tot}}| = 2880 \text{ kg m}^2/\text{s}$; 3c) $|\vec{T}| = 284 \text{ N}$; 5) $I_{(A)} = 367 \text{ u } \text{Å}^2 = 6.09 \times 10^{-45} \text{ kg m}^2$, $I_{(B)} = 44.2 \text{ u } \text{Å}^2$, $I_{(C)} = 37.8 \text{ u } \text{Å}^2$; 6a) $|\vec{\tau}| = 22.6 \text{ N m}$; 6b) $|\vec{F}_b| = 596 \text{ N}$; 6c) $|\vec{F}| = 527 \text{ N}$; 7a) $|\vec{T}| = 571 \text{ N}$; 7b) $|\vec{F}_t| = 919 \text{ N}$, y forma un ángulo de 151° con \vec{N} ; 8a) $\alpha = 10 \text{ rad/s}^2$; 8b) $\omega = 20 \text{ rad/s}$, y ha girado 3.18 revoluciones; 8c) $\alpha = 6.62 \text{ rad/s}^2$; 9) $\omega_f = 2.8 \text{ rev/s}$, $\Delta K = 442 \text{ J}$; 10a) $\omega_f = 1.62 \text{ rad/s}$; 10b) $\Delta E_{\text{mec}} = -0.113 \text{ J}$; 11b) conviene elegir la pelota.