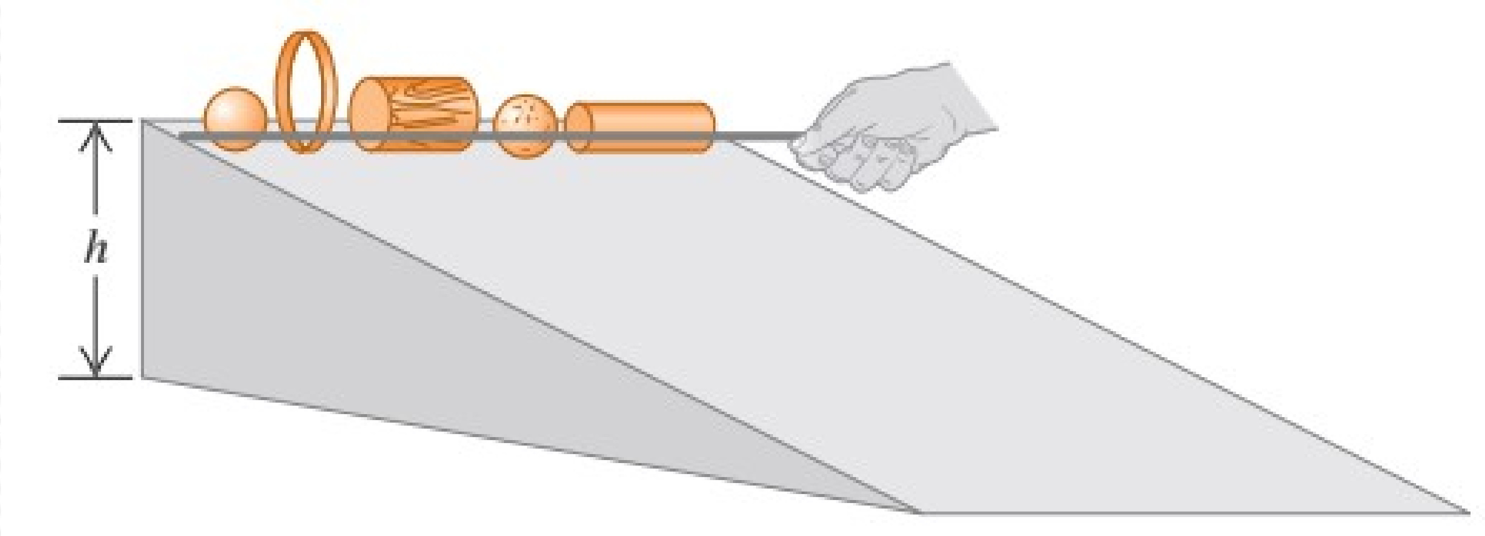
10- Trabajo, energía y potencia



REPASO CLASE PASADA

¿Consultas o dudas de lo visto anteriormente?

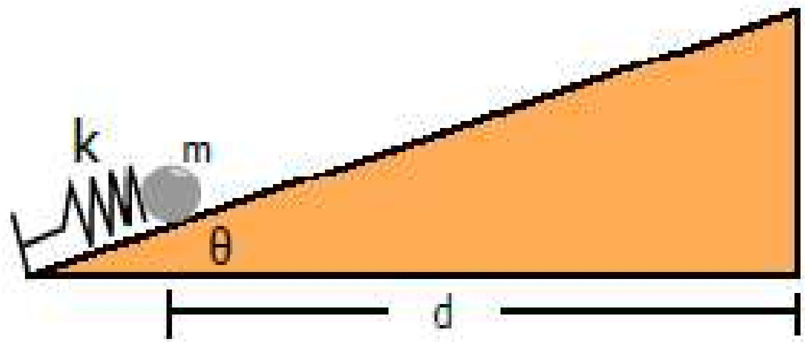
1. Producto escalar.
2. Trabajo mecánico.
3. Energía cinética.
4. Teorema trabajo-energía.
5. Potencia.
6. Fuerza conservativas y no conservativas.
7. Energía potencial gravitatoria.
8. Energía potencial elástica.
9. Conservación de la energía mecánica.
10. Ley de la conservación de la energía

Cuestiones que pretendemos responder hoy:

1. Ejemplos de conservación de la energía.
2. Energía cinética de un rígido que rota alrededor de un eje fijo.
3. Energía cinética de un cuerpo que rueda sin deslizar..
4. Trabajo y potencia en rotaciones.
5. Carrera de cuerpos rodantes.
6. Ejemplo de energía en cuerpos rodantes.
7. Fuerza conservativas y no conservativas.
8. Energía potencial gravitatoria.
9. Energía potencial elástica.
10. Conservación de la energía mecánica.
11. Ley de la conservación de la energía.

Ejercicio 5.13

Segundo Parcial 2021- El mecanismo para lanzar la pelota en una mesa de pinball consiste de un resorte que se comprime y empuja a la pelota al soltarlo. Se quiere hallar la constante del resorte k mínima para que la pelota llegue al final de la mesa. Suponga que no hay fricción entre la superficie y la pelota, La mesa está inclinada un ángulo **θ** ***=12,0°*** con respecto a la horizontal, .



y la masa de la pelota es ***m = 5,00 g*** que parte a una distancia ***d = 0,500*** m del final de la mesa cuando el resorte se comprime x = 2,00 cm de su posición de reposo. Exprese el resultado en N/m.

Se verifica: $E_1 + W_{otras} = E_2$

En este caso $W_{otras} = 0$ (no hay fuerza de rozamiento que realice trabajo)

Si busco el k mínimo, debe llegar con velocidad nula, por tanto en el punto final sólo habrá energía potencial gravitatoria

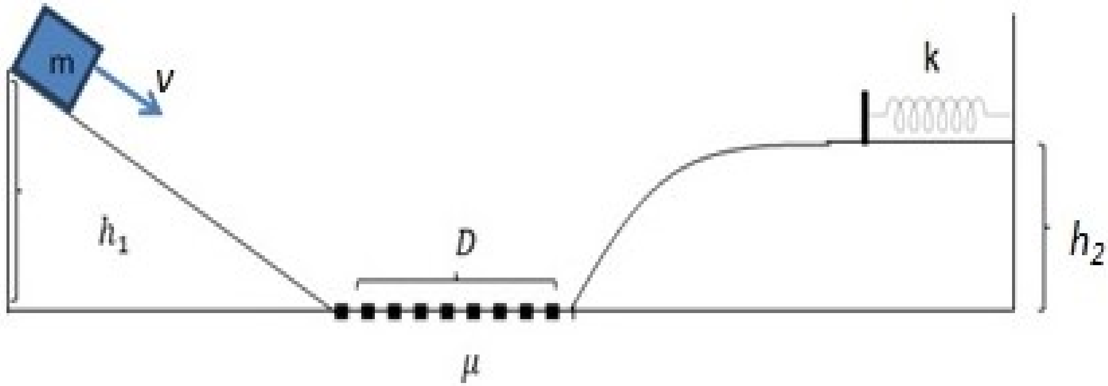
$$E_1 = U_{e1} = \frac{1}{2}kx^2 \qquad E_2 = U_{g2} = mgh_2 = mgd\tan\theta$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = mgd\tan\theta \qquad k = \frac{2mgd\tan\theta}{x^2} = \frac{2(0{,}00500)(9{,}80)(0{,}500)\tan 12{,}0°}{(0{,}0200)^2} =$$

***k* = 26,0 N/m**

Ejercicio 5.12

Examen agosto 2021- Un bloque de masa ***m = 2,00 kg*** se desliza inicialmente por una rampa sin rozamiento, a una altura ***h_1 = 1,50 m***, a una velocidad ***v= 4,00 m/s*** . Después de recorrer la rampa, atraviesa una zona horizontal, de longitud ***D = 1,00 m*** con un coeficiente de rozamiento de ***μ = 0,800*** y luego sube otra rampa, llegando a una altura final de ***h_2 = 1,20 m***. Tras subir esta rampa, recorre ahora una pista horizontal sin rozamiento, en cuyo final se encuentra un resorte de constante ***k = 860 N/m***.



¿Cuánto comprimirá al resorte el bloque antes de detenerse?

Se verifica: $E_1 + W_{otras} = E_2$

$$E_1 = K_1 + U_{g1} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh_1$$

$$E_2 = U_{e2} + U_{g2} = \frac{1}{2}kx^2 + mgh_2$$

$$W_{otras} = W_{rozamiento} = -F_{roz}D = -\mu m g D$$

Ejercicio 5.12

$$W_{otras} = W_{rozamiento} = -F_{roz}D = -\mu m g D$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh_1 - \mu m g D = \frac{1}{2}kx^2 + mgh_2$$

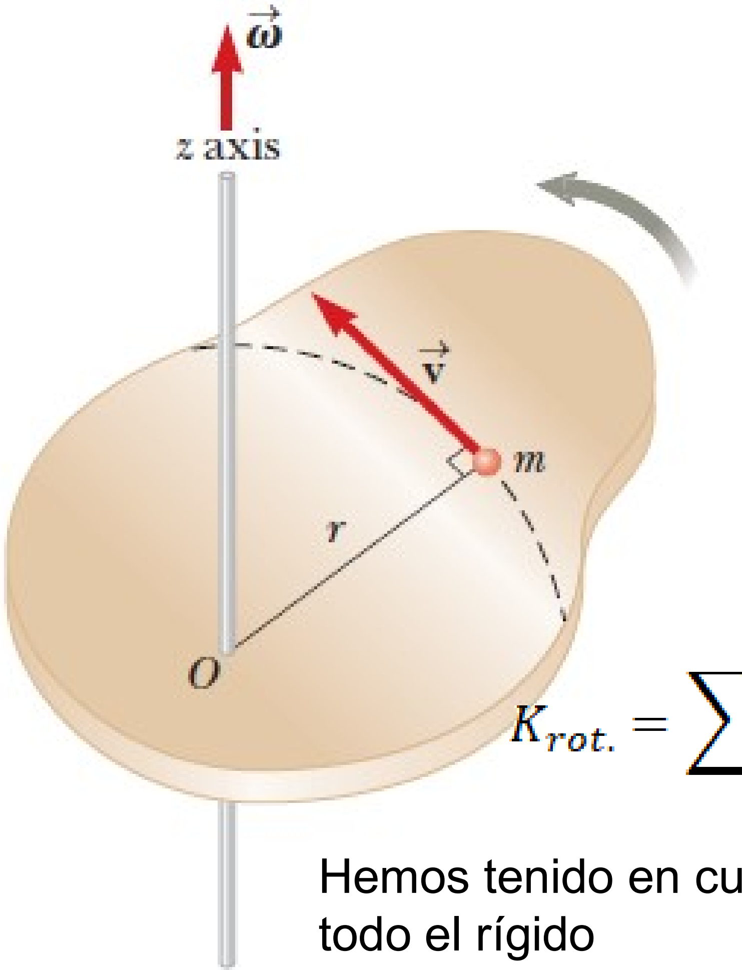
$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh_1 - \mu m g D - mgh_2 = m\left[\frac{v^2}{2} + g(h_1 - h_2 - \mu D)\right]$$

$$x = \sqrt{\frac{2}{k}m\left[\frac{v^2}{2} + g(h_1 - h_2 - \mu D)\right]} = \sqrt{\frac{2}{860}(2{,}00)\left[\frac{4{,}00^2}{2} + 9{,}80(1{,}50 - 1{,}20 - 0{,}800(1{,}00))\right]}$$

***x* = 0,120 m = 12,0 cm**

ENERGÍA CINÉTICA DE ROTACIÓN

La energía cinética de una partícula de masa *m* que se mueve con una rapidez *v* *vale* $\frac{1}{2}mv^2$. *Veremos que* ***un objeto que rota*** **con una rapidez angular ω sobre un cierto eje tiene una energía cinética de rotación dada por** $\frac{1}{2}I\omega^2$.



Sea un objeto en forma de una placa rígida delgada que gira alrededor de un eje perpendicular a su plano y es tá fijo.
La placa consiste en muchas partículas pequeñas, cada una de masa *m.*
Todas estas partículas rotan en trayectorias circulares alrededor del eje.
Si *r es la distancia de una de las partículas al* eje de rotación, la rapidez de esa partícula es *v=rω.*
Como la energía cinética total de rotación de la placa es la suma de todas las energías cinéticas asociadas a sus partículas, tenemos.

$$K_{rot.} = \sum\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = \sum\left(\frac{1}{2}mr^2\omega^2\right) = \frac{1}{2}\left(\sum mr^2\right)\omega^2$$

Hemos tenido en cuenta que v = ω.r y que ω es el mismo para todo el rígido

ENERGÍA CINÉTICA DE ROTACIÓN

$$K_{rot.} = \sum\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = \sum\left(\frac{1}{2}mr^2\omega^2\right) = \frac{1}{2}\left(\sum mr^2\right)\omega^2$$

ω^2 se puede factorizar porque es la misma para cada partícula.
La cantidad entre paréntesis a la derecha es el momento de inercia de la placa en el límite, cuando las partículas llegan a ser muy pequeñas, así que:

$$\boxed{K_{rot.} = \frac{1}{2}I\omega^2}$$

Donde: $I = \sum mr^2$

es el momento de inercia de la placa respecto al eje de rotación.

En general, cuando tenemos un rígido que gira alrededor de un eje fijo, la energía cinética asociada a ese movimiento de rotación está dada por la expresión:

$$K_{rot.} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

donde I es el momento de inercia del cuerpo con respecto al eje de rotación y ω es la velocidad angular

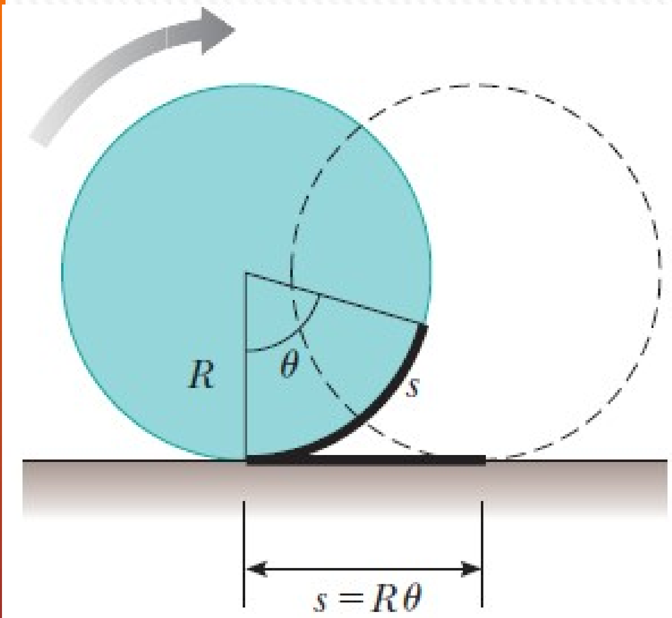
RODADURA (RODAR SIN DESLIZAR)

Es un caso de movimiento de un rígido en el que tiene traslación y rotación combinadas: **rodar sin resbalar (o rodar sin deslizar)**, como el movimiento de una rueda.

El cuerpo rodante (o rueda) es simétrico: su centro de masa (o de gravedad) está en su centro geométrico y consideramos **el movimiento en un marco de referencia inercial**, en el cual la superficie sobre la que la rueda se desplaza está en reposo.

El punto del cuerpo rodante que toca la superficie debe estar instantáneamente *en reposo para que no resbale.*

Si el radio de la rueda es *R y su rapidez angular alrededor del centro de masa es ω, la magnitud de la velocidad del centro de masas* es *Rω.*



$$v_{cm} = \frac{ds}{dt} = R\frac{d\theta}{dt} = R\omega$$

$$a_{cm} = \frac{dv_{cm}}{dt} = R\frac{d\omega}{dt} = R\alpha$$

Estas son las condiciones de rodar sin deslizar:

$v_{cm} = R.\omega$

$a_{cm} = R.\alpha$

ENERGÍA CINÉTICA DE UN CUERPO QUE RUEDA SIN DESLIZARSE

Para un cuerpo que rueda sin deslizar, se puede probar que su energía cinética total es igual a :

$$K = \frac{1}{2} M v_{cm}^2 + \frac{1}{2} I_{cm} \omega^2$$

Donde ***M*** *es la* ***masa del cuerpo****,* ***v_{cm}*** *es la* ***rapidez*** **del centro de masa,** ***I_{cm}*** *es el* ***momento de inercia*** **con respecto al eje que pasa por el centro de masa**, y **ω** es la **rapidez angular**.

El primer sumando representa la **energía cinética de traslación**, mientras que el segundo representa la **energía cinética de rotación**.

Esta relación se cumple bajo las siguientes dos condiciones*:*

1. El eje que pasa por el centro de masa debe ser un eje de simetría.

2. El eje no debe cambiar de dirección.

TRABAJO Y ENERGÍA EN ROTACIONES

Un sistema como una bola de boliche rodando hacia abajo de una rampa está descrito por tres tipos de energía: la **energía potencial gravitacional Ug,** la **energía cinética de translación K_{tras}. y la energía cinética de rotación K_{rot}. Todas estas formas de energía, más** las energías potenciales de cualquier otra fuerza conservativa, deben incluirse en nuestra ecuación para la conservación de la energía mecánica de un sistema aislado.
Como no desplazamiento en el punto de contacto, en un cuerpo que rueda sin deslizar, la fuerza de fricción no realiza trabajo, por lo tanto si despreciamos otras fuerzas disipativas, la energía mecánica se conserva:

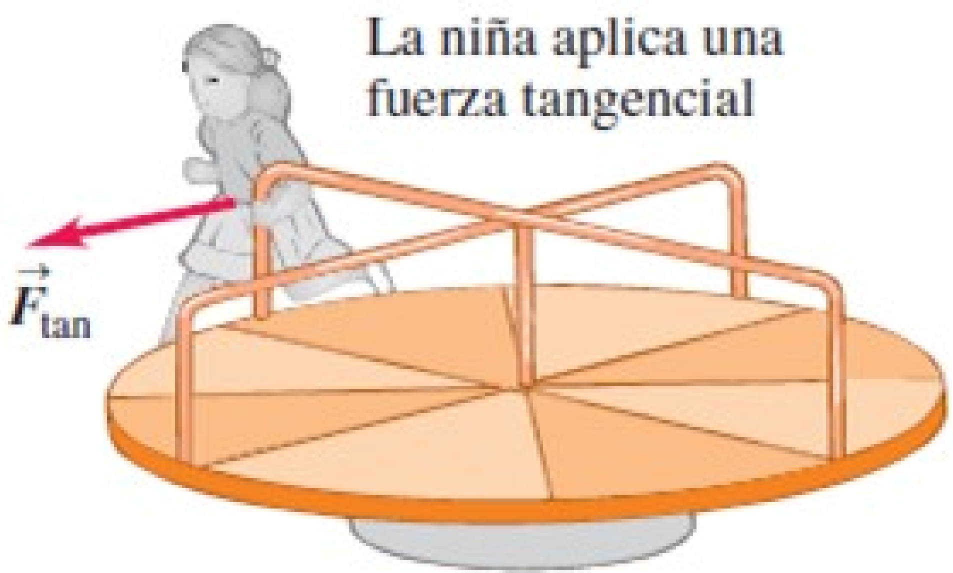
$$U_i + K_{tras.i} + K_{rot.i} = U_f + K_{tras.f} + K_{rot.f}$$

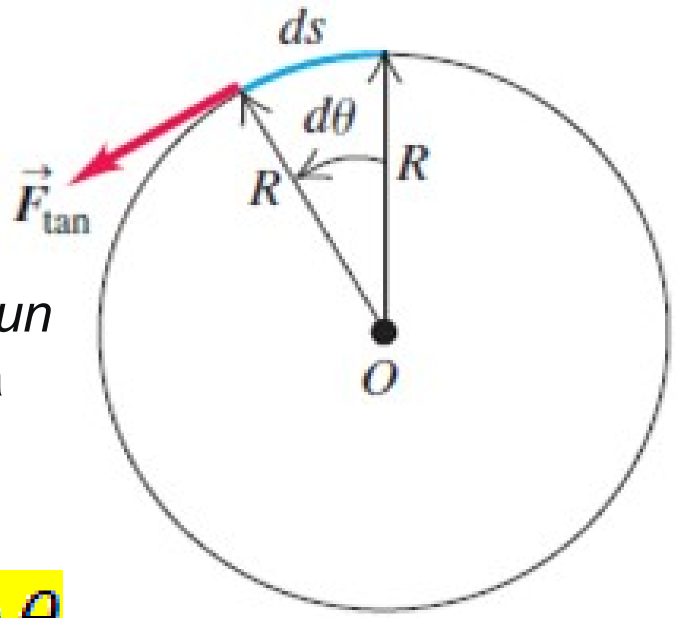
donde *i y f se reieren a los valores inicial y final, respectivamente, y U incluye las energías* potenciales de todas las fuerzas conservativas en un problema dado. Esta relación es cierta *sólo si omitimos las fuerzas disipativas que realizan trabajo.*

TRABAJO Y POTENCIA EN ROTACIONES

Consideremos una rueda de radio *r* *que gira alrededor* de un eje fijo que pasa por su centro.
Cuando describe un ángulo dθ, *cada* punto de su borde recorre una distancia **ds** = $r.d\theta$.
Una fuerza F_{tan} *que actúe tangencialmente sobre la rueda durante* este desplazamiento realizará un trabajo
$dW = F_{tan}.ds = F_{tan}.\ r.d\theta$
Como $F.r$ *es el torque* τ *debido a esa fuerza, el trabajo* realizado puede escribirse como:

$$dW = \tau.\, d\theta$$





Trabajo total *W efectuado por el torque durante un desplazamiento angular de* θ_1 a θ_2 se obtendría integrando esta expresión entre θ_1 a θ_2.
Si el torque es *constante y el ángulo cambia en una cantidad finita* $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$:

$$W = \tau.\Delta\theta$$

TRABAJO Y POTENCIA EN ROTACIONES

Si la **fuerza** tuviera una **componente axial o radial** esta componente **no efectuaría trabajo**: pues el desplazamiento es tangencial.
Una componente de fuerza axial o radial **tampoco contribuiría al torque** alrededor del eje de rotación, por lo que **las ecuaciones son correctas para *cualquier fuerza, independientemente de sus componentes*.**

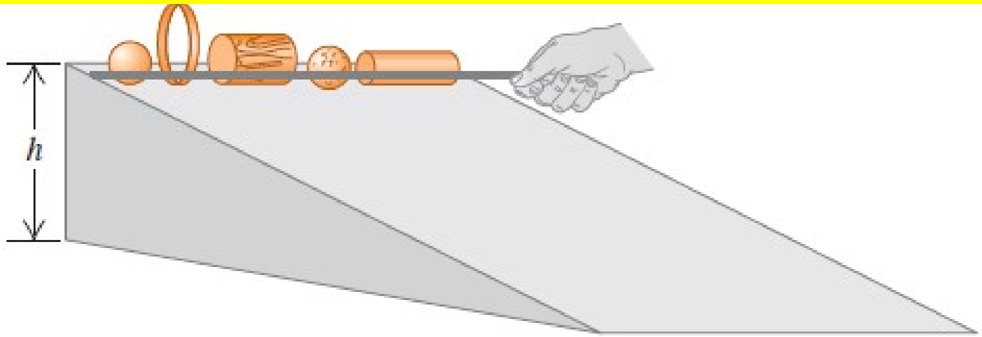
$$dW = \tau . d\theta$$

Dividiendo ambos miembros entre *dt (intervalo durante el que se da el desplazamiento angular), dW/dt es la rapidez con que se efectúa trabajo, o* ***potencia P****, y* $d\theta/dt$ *es velocidad* angular ω

$$P = \tau . \omega$$

Si un torque τ *(con respecto al eje de rotación) actúa sobre un cuerpo que gira con velocidad* angular ω*, su potencia (rapidez con que efectúa trabajo) es el producto de* τ y ω.
Análogo de la relación que desarrollamos para el movimiento de partículas: $P = F.v$

Ejemplo: carrera de cuerpos rodantes



En la demostración de una clase de física, un profesor "pone a competir" diversos cuerpos rígidos redondos, soltándolos del reposo desde arriba de un plano inclinado (ver figura). ¿Qué forma debe tener un cuerpo para ser el primero en llegar a la base?

Video: https://www.youtube.com/watch?v=8psVQHHUEcI&ab_channel=wesphysdemowesphysdemo

Consideraciones:

La **fricción cinética no efectúa trabajo si los cuerpos ruedan sin resbalar (no hay desplazamiento)**. Por lo tanto, podemos utilizar **conservación de la energía**.

Cada cuerpo parte del reposo desde arriba de una pendiente de altura *h, así que:*

$K_1 = 0$, $U_1 = Mgh$ y $U_2 = 0$ *(considero U=0 en la base del plano)*

La energía cinética en la base del plano está dada por la ecuación

$K = \frac{1}{2} M v_{cm}^2 + \frac{1}{2} I_{cm} \omega^2$

Como los cuerpos ruedan sin resbalar, $\omega = v_{cm}/R$.

Podemos expresar los momentos de inercia de los cuatro cuerpos redondos de la forma $I_{cm} = cMR^2$, *donde c es un número menor* que o igual a 1 que depende de la forma del cuerpo.

Nuestro objetivo es hallar el valor de *c que da al cuerpo la mayor rapidez* v_{cm} *después* de que su centro de masa ha descendido una distancia vertical *h.*

Ejemplo: carrera de cuerpos rodantes

Conservación de la energía mecánica: $K_1 + U_1 = K_2 + U_2$

$$Mgh = \frac{1}{2}Mv_{cm}^2 + \frac{1}{2}I_{cm}\omega^2$$

$$Mgh = \tfrac{1}{2}Mv_{\mathrm{cm}}^2 + \tfrac{1}{2}cMR^2\left(\frac{v_{\mathrm{cm}}}{R}\right)^2$$

$$Mgh = \tfrac{1}{2}(1+c)Mv_{\mathrm{cm}}^2$$

$$v_{\mathrm{cm}} = \sqrt{\frac{2gh}{1+c}}$$

Para un valor dado de *c, la rapidez* ***v_{cm} una vez que se ha*** **descendido una distancia *h no depende de la masa M del cuerpo ni de* su radio *R*.**

Todos los cilindros sólidos uniformes tienen la misma rapidez abajo, sin importar sus masas y sus radios. Todos los valores de *c nos indican que el orden de llegada para los cuerpos uniformes* será el siguiente:

1. **cualquier esfera sólida (c= 2/5),**
2. **cualquier cilindro sólido (c=1/2)**,
3. **cualquier esfera hueca de pared delgada (c=2/3)**, y
4. **cualquier cilindro hueco de pared delgada (c=1) .**

Los cuerpos con *c pequeña siempre vencen a los cuerpos con c grande* porque menos de su energía cinética se dedica a la rotación y más a la traslación

Ejercicio 5.11

Cuatro objetos homogéneos, un aro, un cilindro sólido, una esfera sólida y una cáscara esférica delgada tienen una masa de 4,80 kg y un radio de 0,230 m cada uno.

a) Encuentre el momento de inercia para cada objeto cuando rota sobre los ejes que pasan por su centro de gravedad.

b) Suponga que cada objeto está rodado hacia abajo de una rampa. Ordene la rapidez de traslación de cada objeto de la más alta a la más baja.

c) Ordene las energías cinéticas rotatorias de los objetos de mayor a menor cuando los objetos ruedan hacia abajo en la rampa.

$$Mgh = \frac{1}{2}(1 + c)Mv_{cm}^2 \qquad v_{cm} = \sqrt{\frac{2gh}{1 + c}}$$

Para un valor dado de *c, la rapidez* ***v_{cm} una vez que se ha*** **descendido una distancia** ***h no depende de la masa M del cuerpo ni de*** **su radio** ***R.***

Todos los cilindros sólidos uniformes tienen la misma rapidez abajo, sin importar sus masas y sus radios. Todos los valores de *c nos indican que el orden de llegada para los cuerpos uniformes* será el siguiente:

1. **cualquier esfera sólida (c= 2/5),**
2. **cualquier cilindro sólido (c=1/2)**,
3. **cualquier esfera hueca de pared delgada (c=2/3)**, y
4. **cualquier cilindro hueco de pared delgada (c=1) .**

Ejercicio 5.11

Cuatro objetos homogéneos, un aro, un cilindro sólido, una esfera sólida y una cáscara esférica delgada tienen una masa de 4,80 kg y un radio de 0,230 m cada uno.

a) Encuentre el momento de inercia para cada objeto cuando rota sobre los ejes que pasan por su centro de gravedad.

b) Suponga que cada objeto está rodado hacia abajo de una rampa. Ordene la rapidez de traslación de cada objeto de la más alta a la más baja.

c) Ordene las energías cinéticas rotatorias de los objetos de mayor a menor cuando los objetos ruedan hacia abajo en la rampa.

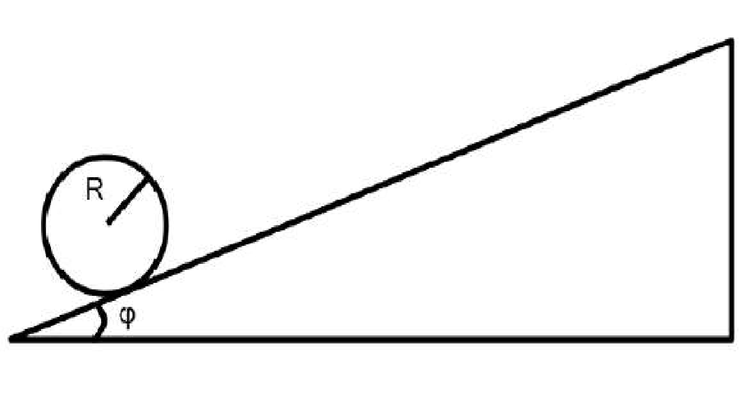
$$Mgh = K_T + K_{ROT}$$

Entonces los que van a tener mayor energía cinética de rotación son los que tienen menor energía cinética de traslación, entonces queda el orden inverso

$$K_{ROT\ aro} > K_{ROT\ cáscara\ esférica} > K_{ROT\ cilindro} > K_{ROT\ esfera}$$

Ejercicio 5.14

Segundo Parcial 2021- Considere un disco homogéneo de 30,0 cm de radio y 2,50 kg de masa en un plano inclinado que forma un ángulo φ **= 30,0°** con la dirección horizontal como se muestra en la figura.



El disco rueda sin deslizar cuesta arriba con velocidad angular inicial $\boldsymbol{\omega_0}$ **= 15,0 rad/s**, lo cual le permite alcanzar una altura máxima *h* antes de volver a descender.

¿Qué distancia recorre el disco hasta alcanzar la altura máxima h?

Ejercicio 5.14

I

Aplico conservación de energía.

Considero referencial de energía potencial gravitatorio en el punto de partida.

$$E_1 + W_{otras} = E_2$$

No hay trabajo realizado por otras fuerzas (el rozamiento no realiza trabajo porque rueda sin deslizar) $W_{otras} = 0$

$E_1 = K_{tras1} + K_{rot1}$ mientras que $E_2 = mgh$

$K_{tras1} + K_{rot1} = E_2$

$$\frac{1}{2}Mv_{CM1}^2 + \frac{1}{2}I_{CM}\omega_0^2 = Mgh$$

Como rueda sin deslizar: $v_{CM} = \omega R$

Además como es un disco homogéneo: $I_{CM} = \frac{1}{2}MR^2$

$$\frac{1}{2}M(\omega_0 R)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}MR^2\right)\omega_0^2 = Mgh \qquad \frac{1}{2}MR^2\omega_0^2 + \frac{1}{4}MR^2\omega_0^2 = Mgh \qquad \frac{3}{4}MR^2\omega_0^2 = Mgh$$

$$h = \frac{3}{4}\frac{R^2\omega_0^2}{g} = \frac{3}{4}\frac{(0{,}300)^2(15{,}0)^2}{9{,}8} = 1{,}5497\ m$$

La distancia recorrida vale entonces: $L = \frac{h}{\sin\varphi} = \frac{1{,}5497}{\sin 30{,}0°} = 3{,}099\ m$ **L = 3,10 m**

Activar Windo

LA ENERGÍA Y LEYES DE ESCALAS

Aplicaremos las ***leyes de escala*** *que expresan las distintas capacidades* en función del tamaño de un animal y que pueden compararse con los datos experimentales. Consideraremos que la ***longitud característica*** vale ***L***..
Recordemos que la masa y el volumen de un animal o de cualquiera de sus órganos es proporcional a L^3; la superficie del cuerpo y las áreas de las secciones transversales de los músculos son proporcionales a L^2 y la longitud de los miembros es proporcional a L.

Se verifica experimentalmente que aproximadamentese cumple que:
la energía proporcionada por unidad de masa muscular es la misma para todos los animales.

Esto significa que un animal puede realizar una cantidad de trabajo ***W*** proporcional a su masa ***m***:. $W \propto m \propto L^3$

En un salto vertical, el trabajo requerido es igual a la variación de energía:

$$W = mgd + \frac{1}{2}mv_0^2 = mg(d+h) \cong mgh$$

pues $d << h$

d es la distancia de aceleración (distancia que baja su centro de gravedad para impulsarse), v_0 es la velocidad de despegue para alcanzar una altura ***h***.

Se cumple que: $v_0 = \sqrt{2gh}$

LA ENERGÍA Y LEYES DE ESCALAS

$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

Como *h* no depende de *L* *se concluye* que **la velocidad de despegue es *aproximadamente independiente* del tamaño.**

Pero como el trabajo *W* realizado durante un salto de altura ***h*** es *mgh* y como la energía proporcionada por unidad de masa es la misma para todos los animales, entonces ***h* no depende de *m* y por tanto de *L*.**

Al comparar los saltos de animales semejantes se observa con sorpresa que las alturas de los saltos son bastante parecidas para animales de diferentes tamaños. La rata canguro, del tamaño de un conejo aproximadamente, salta casi tanto como un canguro grande.
Las langostas y las pulgas saltan aproximadamente a la misma altura.

La **distancia de aceleración *d*** es proporcional a la longitud característica *L*, de modo que el tiempo de despegue *t*

$$t = \frac{d}{v_{media}} = \frac{d}{v_0/2} = \frac{2d}{v_0}$$

Es decir que t es proporcional a L (longitud característica)

LA ENERGÍA Y LEYES DE ESCALAS

La potencia consumida por unidad de masa es la energía consumida por unidad de masa dividida por ese tiempo.
Como la energía consumida por unidad de masa es independiente de *L, la* ***potencia por unidad de masa*** *debe variar* como $1/L$ ó L^{-1}.

Esto predice que los animales más grandes consumirán su energía a una tasa más reducida.

$$Potencia = \frac{Energía}{tiempo} = \frac{c_1 L^3}{c_2 L} = CL^2 \propto L^2$$

la potencia desarrollada es proporcional a L^2.

La energía consumida por el cuerpo se convierte en último término en energía interna, que se debe eliminar por el cuerpo, la cual debe escapar a través de su superficie.
Por tanto la velocidad máxima de pérdida de energía varía como L^2. .
La velocidad metabólica máxima no puede ser mayor que la velocidad máxima de pérdida de energía, y por tanto debe variar como L^2.

La velocidad o tasa metabólica, es decir, la velocidad de utilización de energía por unidad de tiempo es proporcional a L^2.

Ejercicio 5.7

a) Demostrar que si la velocidad con que el oxígeno es absorbido por un animal y suministrado a sus tejidos varía proporcionalmente a la superficie de una sección de sus arterias, su producción de potencia por unidad de masa debería variar como L^{-1}. ¿Qué ventajas o desventajas implicaría esto para los animales más grandes? ¿Qué sugiere este resultado respecto a la variación del ritmo cardíaco con el tamaño de un animal?

La "velocidad con que el oxígeno es absorbido por un animal y suministrado a sus tejidos" es lo que se conoce como **velocidad o tasa metabólica,** es decir, la velocidad de utilización de energía por unidad de tiempo, lo cual representa una potencia como magnitud física.

Esa velocidad metabólica se asume proporcional al área de sus arterias, lo cual en términos de escalas quiere decir que es proporcional a L^2.

Entonces si asumimos que su tasa metabólica es proporcional a la potencia realizada por el animal (potencia "útil", o sea, la que se emplea para moverse, nadar, correr, etc) tenemos que:

$$\frac{Potencia}{masa} = \frac{c_1 L^2}{c_2 L^3} = c_3 L^{-1} \propto L^{-1}$$

Esto significa que los animales más grandes (mayor L) tienen una tasa metabólca por unidad de masa menor, lo que implica que proporcionalmente deben consumir menos alimentos y tener un menor ritmo cardíaco.

En un animal más grande, el corazón late más lentamente que en el de un animal más pequeño.

Ejercicio 5.7

b) Demostrar que si la potencia producida por un animal de longitud L varía como L^2 (es decir depende del área de la superficie de sus arterias como en la parte anterior) la velocidad con que puede subir una pendiente varía como L^{-1}.
¿Qué implica esto respecto a la facilidad para subir una pendiente de una persona pequeña con respecto a otra muy alta?

Cuando se sube una pendiente se produce, además, un incremento en la energía potencial del cuerpo que es proporcional a la masa y a la altura subida h: U= mgh
g y h no dependen de L, mientras que: $m \propto L^3$

Por tanto el trabajo requerido para subir la pendiente: $W = U \propto L^3$

Pero como W= P.Δt entonces el tiempo Δt que le lleva subir la pendiente vale:

$$\Delta t = \frac{W}{P} = \frac{c_2 L^3}{c_1 L^2} = c_3 L^1 \propto L$$

Esto significa, que el Δt es proporcional a L. por otro lado la velocidad con que sube valdrá: v= Δh/ Δt
Por tanto

$$v \propto \frac{1}{\Delta t} \propto \frac{1}{L}$$

Es decir que la velocidad con que se sube una pendiente varía como L^{-1}. lo que implica le cuesta más a una persona más alta que a una pequeña

Ejercicio 5.7

c) Demostrar que si el consumo de oxígeno por unidad de tiempo de un mamífero marino varía como L^2 (es decir que nuevamente depende de las áreas como en las dos partes anteriores), el tiempo que puede permanecer bajo el agua sin respirar varía como L.
Considere que la energía almacenada en los tejidos depende del volumen total del animal.
¿Esto qué implica respecto a las posibilidades de realizar inmersiones prolongadas de los delfines en comparación con las grandes ballenas?

Consumo de oxígeno por unidad de tiempo (C) de un mamífero marino varía como L^2 entonces: $C = c_1 L^2$
La autonomía dependerá de la cantidad de energía almacenada en los tejidos la cual como se dice depende del volumen total del animal.

$$Autonomía \propto \frac{Volumen\ del\ animal}{consumo\ oxígeno} \propto \frac{L^3}{L^2} = L$$

La duración del tiempo de inmersión varía como L.
Ergo un cetáceo más grande puede permanecer más tiempo bajo el agua que un animal más pequeño.