

Estática y
Dinámica
FIS1513

Clase #7
27-08-2018
Leyes de Newton

PHILOSOPHIAE
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

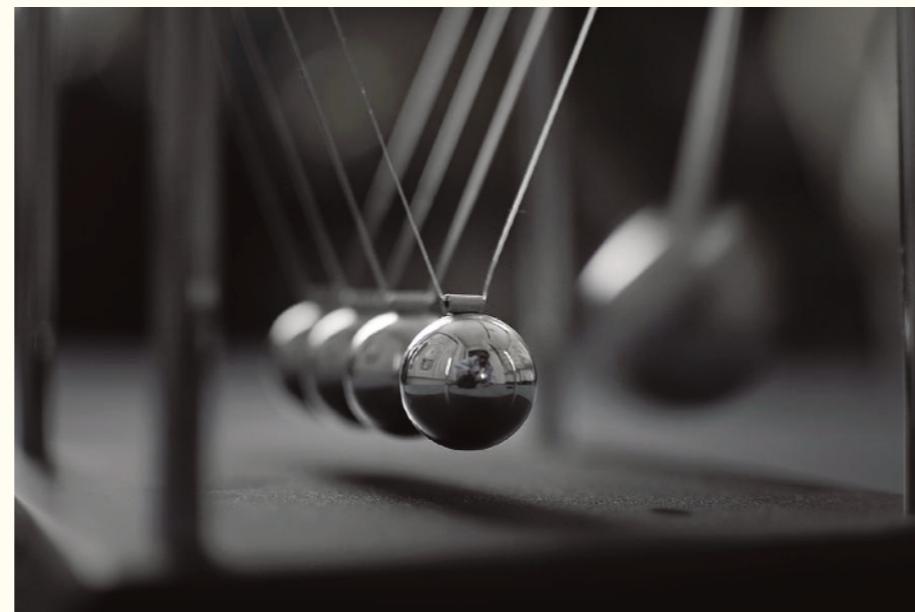
^{Accedit}
Autore ^{Accedit} J S. NEWTON Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali. ^{Regiae Societatis presule}

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
July 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Anuncios

- La I1 es este jueves 30 de Agosto a las 18.30
 - Uno de nuestros ayudantes (Frani Bertín) tendrá horario de consulta este miércoles de 13.00 a 14.00 en esta misma sala (S9).
 - Se creó un foro de preguntas y respuestas para el material de la I1 en webcursos. Los animo a poner sus consultas ahí. También me pueden escribir con sus consultas por correo electrónico (jpochoa@uc.cl)
- Este viernes 30 de Agosto hay taller normal
- Si alguien no es de esta sección y quiere acceso a las diapositivas, envíeme un correo(jpochoa@uc.cl)



Cinética de una Partícula (Leyes de Newton)

Kinetics of a Particle:
Force and Acceleration

13

CHAPTER OBJECTIVES

- To state Newton's Second Law of Motion and to define mass and weight.
- To analyze the accelerated motion of a particle using the equation of motion with different coordinate systems.
- To investigate central-force motion and apply it to problems in space mechanics.



The design of conveyors for a bottling plant requires knowledge of the forces that act on them and the ability to predict the motion of the bottles they transport.

Capítulo 13 del Hibbeler y 4-5 del Young-Freedman

**LEYES DEL MOVIMIENTO
DE NEWTON**



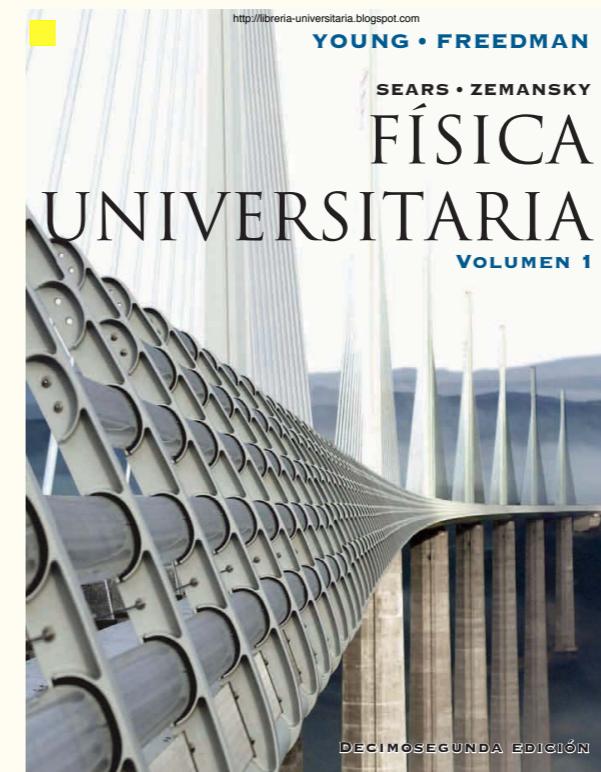
El niño que está de pie empuja al niño que está sentado en el columpio. ¿El niño sentado empuja hacia atrás? Si acaso, ¿empuja con la misma cantidad de fuerza o con una cantidad diferente?

4

METAS DE APRENDIZAJE

Al estudiar este capítulo, usted aprenderá:

- Lo que significa el concepto de fuerza en la física y por qué las fuerzas son vectores.
- La importancia de la fuerza neta sobre un objeto y lo que sucede cuando la fuerza neta es cero.
- La relación entre la fuerza neta sobre un objeto, la masa del objeto y su aceleración.
- La manera en que se relacionan las fuerzas que dos objetos ejercen



Nota: el capítulo 13 del Hibbeler parte asumiendo que ya están familiarizados con las leyes de Newton y los diferentes tipos de fuerzas.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$



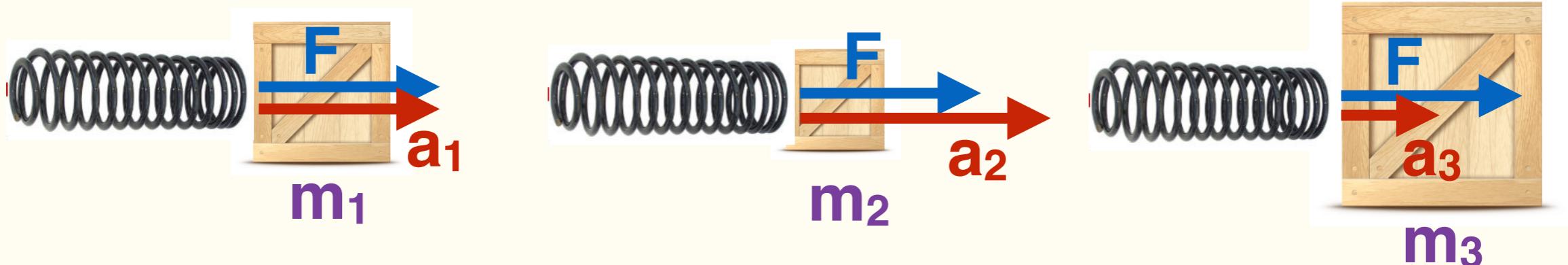
**¡Esta es una de las ecuaciones más importantes
en física y en ciencia en general!**

Validez de la 2da Ley de Newton

¿Se puede demostrar la 2da Ley de Newton?

No... es una ley empírica, es decir que se verifica de forma experimental. No se puede demostrar a partir de ningún principio. Pero si se puede comprobar experimentalmente

Por ejemplo, le puedo aplicar la misma fuerza a tres objetos de masa m_1 , m_2 y m_3 comprimiendo un resorte siempre a la misma distancia, y midiendo la aceleración en ese instante



Invariablemente se encuentra que:

$$m_1 a_1 = m_2 a_2 = m_3 a_3$$

¡La gran mayoría de los experimentos realizados hasta ahora están de acuerdo con la 2da Ley de Newton!

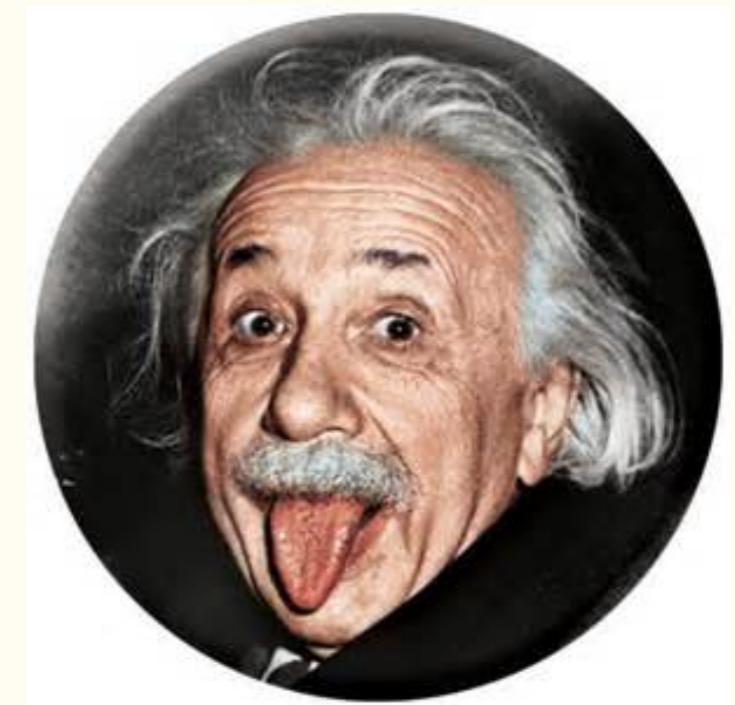
Validez de la 2da Ley de Newton

¿Se han hecho observaciones que contradigan la 2^{da} ley?

¡Sí!

Por más de dos siglos nunca se demostró una excepción a la segunda ley

Sin embargo, a principios del siglo XX se encontró que las leyes de Newton no funcionan en algunos ambientes extremos, como velocidades cercanas a las de la luz, campos gravitacionales muy grandes, o escalas muy pequeñas (como las de los átomos)

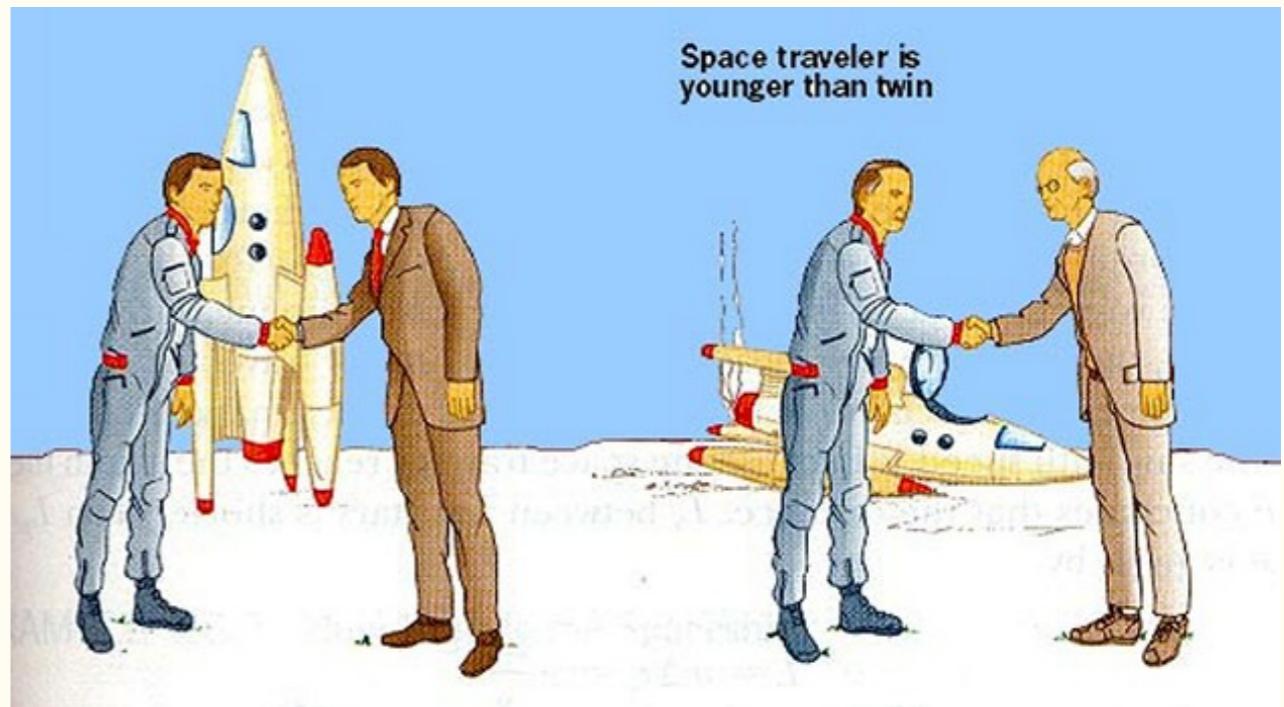


Para comprender el universo a escalas muy grandes (astronómicas) o muy pequeñas (atómicas) se necesita la relatividad de Einstein y la mecánica cuántica, respectivamente.

Validez de la 2da Ley de Newton

El problema es que las suposiciones que están detrás de la teoría de Newton (y que nosotros hacemos día a día) no son válidas en esos casos extremos

Por ejemplo, el tiempo no es un absoluto. El reloj de un observador que viaja a velocidades cercanas a las de la luz corre más despacio que el de un observador fijo.



buscar “paradoja del gemelo” (twin paradox) en google para mayor información

Sin embargo, para propósitos ingenieriles “terrestres”, las leyes de Newton funcionan a las mil maravillas.

Para mayor información:

https://en.wikipedia.org/wiki/Newton%27s_laws_of_motion#Importance_and_range_of_validity.

¡Consideren tomar el curso “Física Moderna” si les interesa esto!

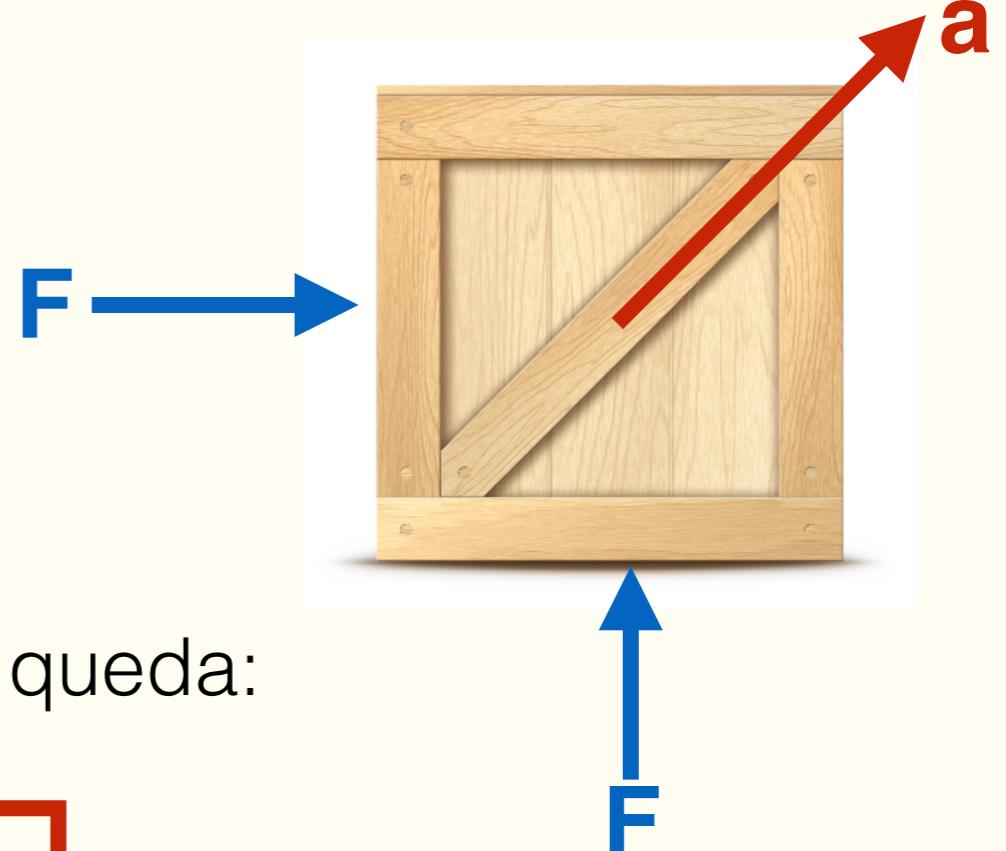
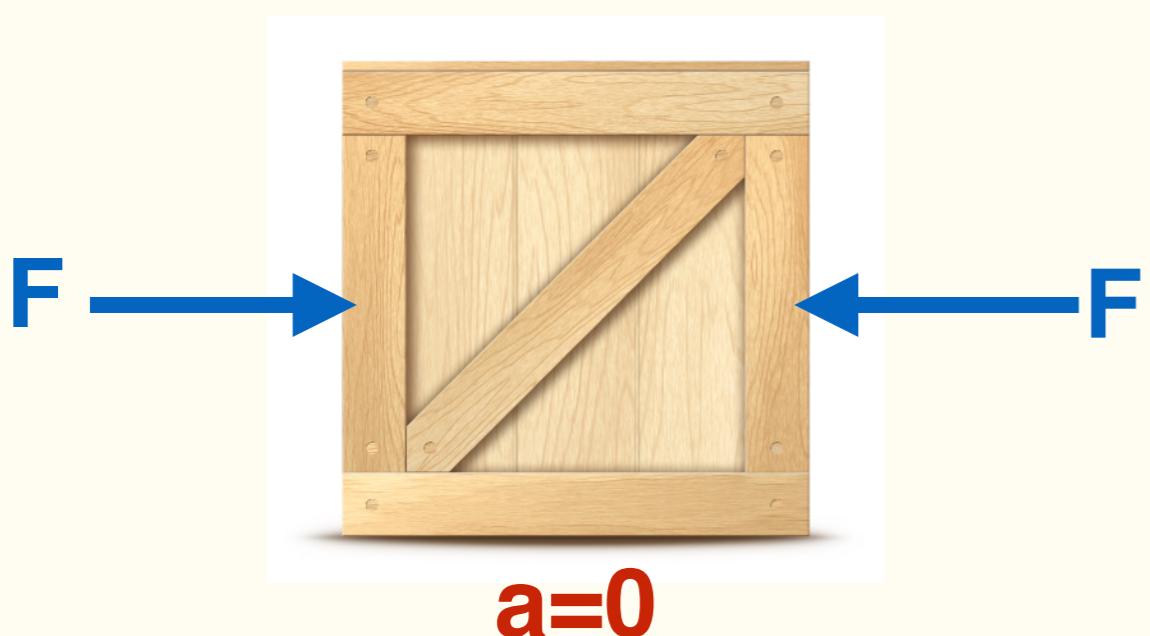
¿Qué pasa si hay varias fuerzas?

Hasta ahora hemos hablado de la segunda ley en el caso en el que hay una sola fuerza

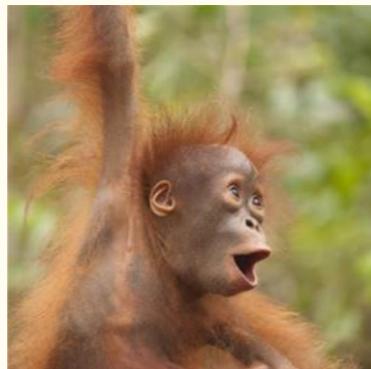
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

¿Pero qué pasa si hay más de una fuerza?

En ese caso la aceleración va en la dirección resultante de la suma vectorial de las fuerzas



La segunda Ley queda:



$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Consecuencia

Una consecuencia importante de la segunda ley es para casos en los que no hay ninguna fuerza.

En este caso

$$\vec{F} = m\vec{a} = \vec{0}$$

a=0



Como no hay aceleración, significa que la velocidad no cambia.

En otras palabras, si el objeto estaba en reposo, continúa en reposo. Si el objeto tenía una velocidad inicial, esta no cambia, y el objeto viaja en línea recta

Primera Ley de Newton

Esto no es nada más que la Primera Ley de Newton:

1ra Ley de Newton:

“Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él.”



“Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare” (Isaac Newton, 1687)

Entonces podemos ver la primera ley como un caso especial de la segunda (siempre y cuando estemos en el marco de referencia correcto... más sobre esto después)

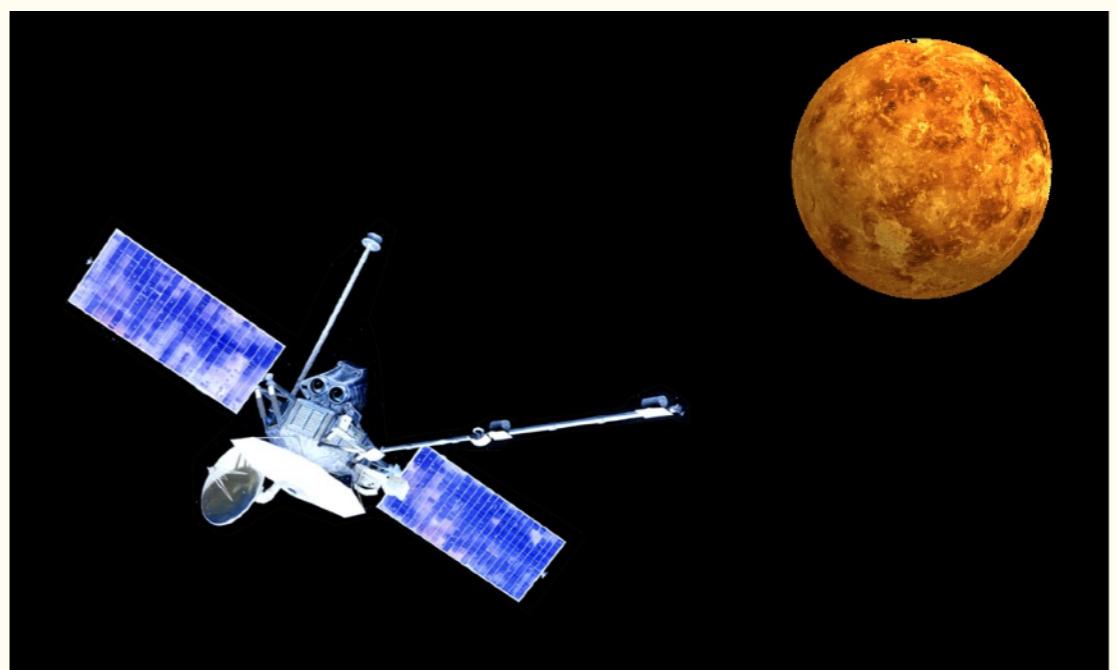
Primera Ley de Newton

Una vez más, a veces nos resulta difícil reconciliar esto con nuestra experiencia diaria

Por ejemplo, si empujo mi auto y luego lo suelto, va a seguir avanzando por un poco de tiempo pero eventualmente se va a detener.

La explicación tiene que ver con lo mismo que mencionamos antes. En realidad en este caso sí hay fuerzas en juego, como roce entre los engranes y con el aire.

Pero si tenemos un objeto en el espacio exterior lejos de cualquier influencia, y le impartimos una fuerza y luego lo soltamos, se va a ir en línea recta hasta el infinito.
¡Así funcionan las sondas espaciales!



Tercera Ley de Newton

Veamos de una vez la tercera ley de Newton:

3ra Ley de Newton:

“Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre B, entonces B ejerce una fuerza sobre A con la misma magnitud pero dirección contraria”



“Actioni contrariam semper et æqualem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æquales et in partes contrarias dirigi.” (Isaac Newton, 1687)

Contrariamente a la primera, esta ley no puede ser vista como una consecuencia de la segunda.

Tercera Ley de Newton

Otra forma de decirlo: no hay fuerzas unidireccionales, o fuerzas que actúen solamente en un cuerpo y no en el otro



El boxeador le imparte una fuerza en la cara al otro boxeador, y al hacerlo recibe la misma fuerza en su puño

El bat le imparte una fuerza a la pelota, pero también recibe la misma fuerza, y por eso se puede romper

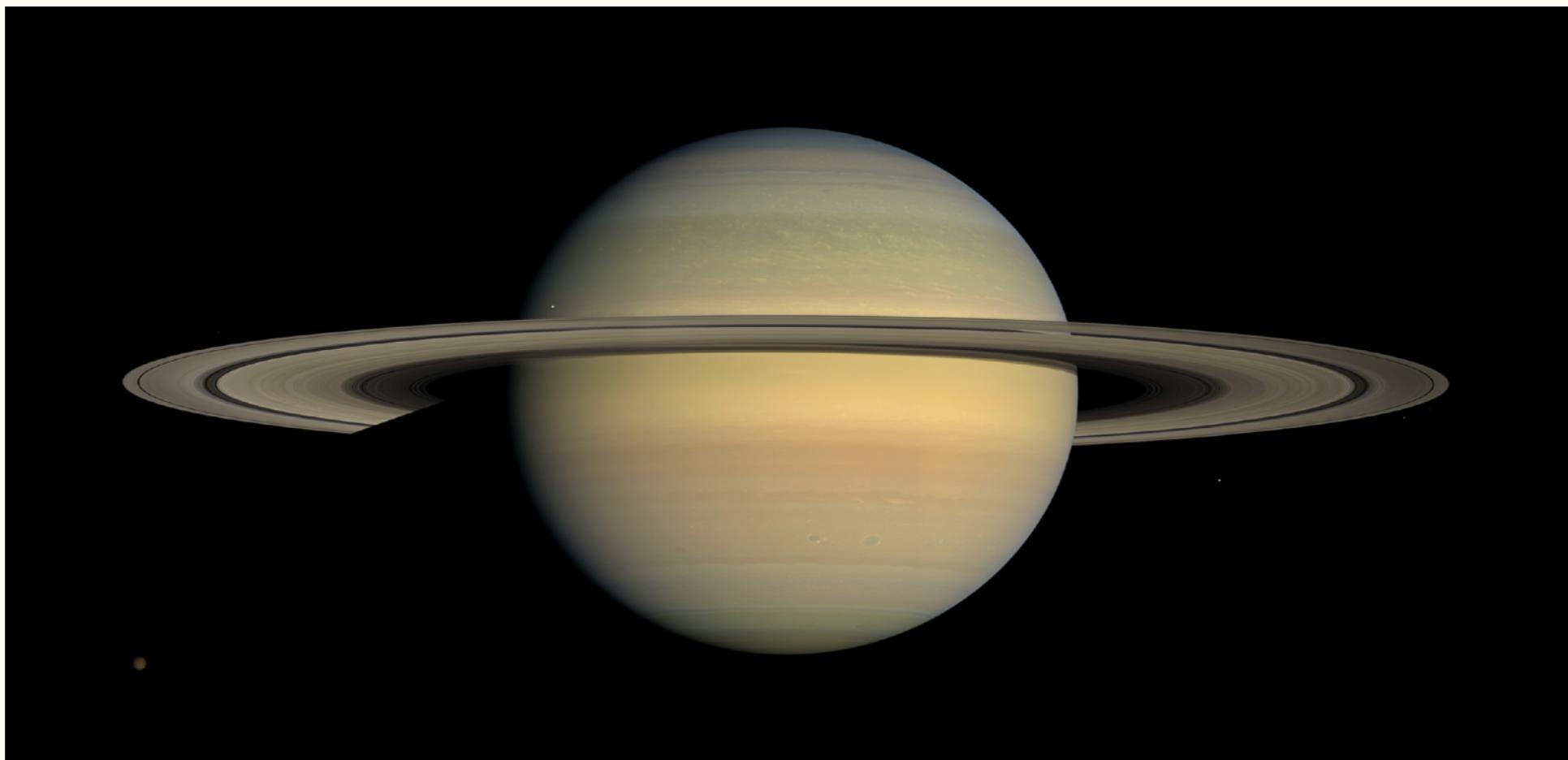
Nota: si alguien no está convencido, péguele a la pared con fuerza y vea si no le duele

¿Sólo con fuerzas de Contacto?

¿La tercera ley es válida sólo con fuerzas de contacto?

¡No!

También es válida con fuerzas a distancia, como la gravedad.
Haremos un comentario al respecto cuando veamos el “peso”.



Experimento



Procedimiento Para Resolver Problemas

Podemos ya ir hablando de la metodología para resolver problemas.

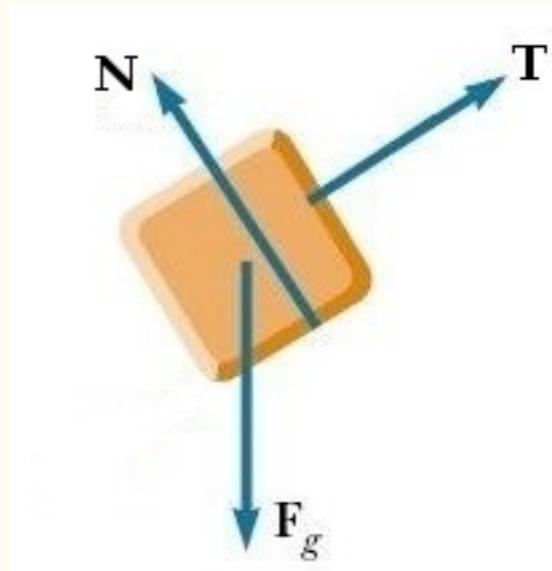
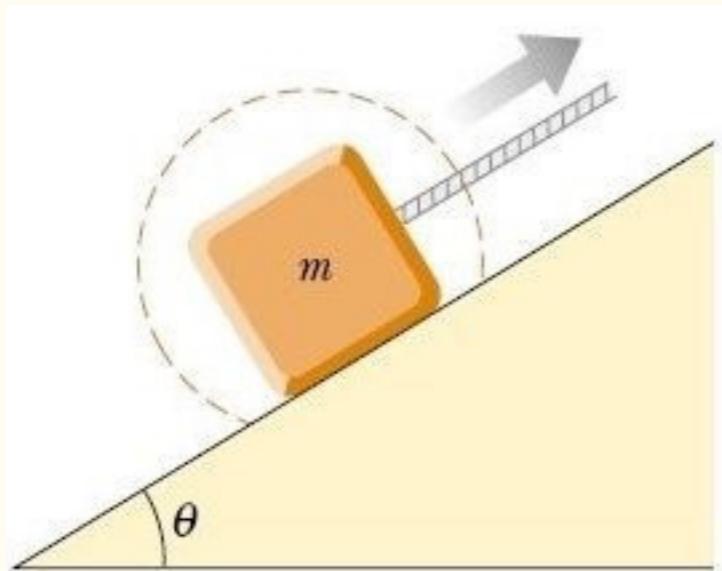
Por lo general todos los problemas que vamos a ver en este capítulo se resuelven con la misma estrategia:

- 1) Identificar el(los) objeto(s) cuyo movimiento queremos analizar**
- 2) Para cada objeto, identificar todas las fuerzas que actúan sobre él y hacer el **diagrama de fuerzas****
- 3) Elegir un sistema de coordenadas**
- 4) Para cada objeto, escribir la 2da Ley de Newton y las condiciones de ligaduras (si aplica, ya que puede haber restricciones sobre algunas variables)**
- 5) Resolver el sistema de ecuaciones (si aplica)**

Diagrama de Fuerzas

Diagrama de fuerzas = diagrama que muestra la magnitud relativa y dirección de todas las fuerzas que actúan sobre un objeto

Diagrama de fuerzas



Al hacer el diagrama hay que aislar el cuerpo del resto del universo y sólo considerar las fuerzas que actúan sobre él

Cuidado de no incluir fuerzas que el objeto hace sobre otros. Esas irían en los diagramas de fuerzas de los otros objetos

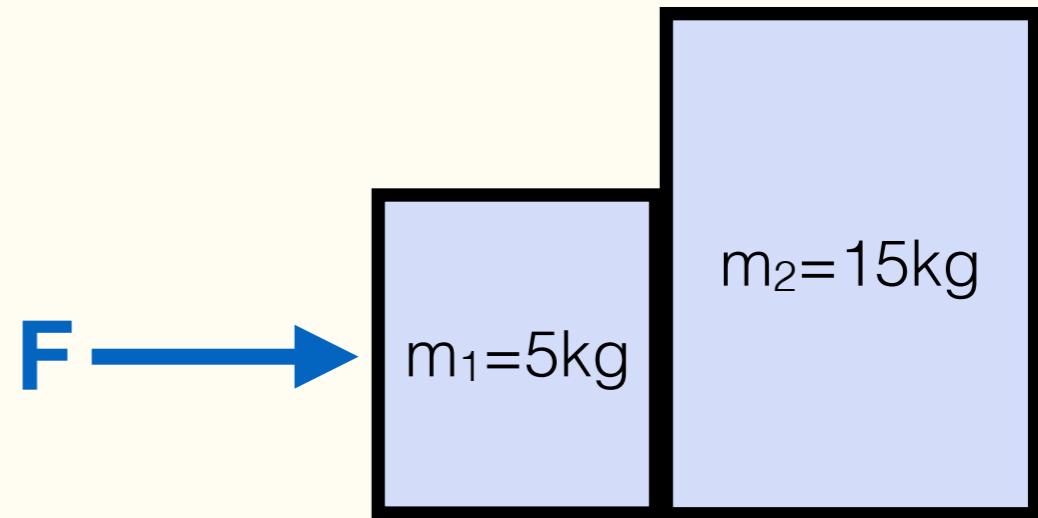
Se recomienda **siempre** hacer diagramas de fuerzas al resolver problemas ya que ayudan mucho a la visualización

Ejemplo

(No en los libros)

Se tienen dos bloques con masa m_1 y m_2 como mostrado en la figura, flotando en el espacio exterior. Se aplica una fuerza F de magnitud 20N como mostrado. Determine (a) la aceleración de los dos bloques, (b) la fuerza que el primer bloque ejerce sobre el segundo, y (c) la fuerza que el segundo bloque ejerce sobre el primero

(resolver en pizarra)



$$\vec{a} = 1m / s^2 \hat{i}$$

Respuestas: $\vec{F}_{12} = 15N\hat{i}$
 $\vec{F}_{21} = -15N\hat{i}$

Comentario: es interesante notar cómo la fuerza inicial de 20N disminuye a 15N entre los objetos debido a su masa. Esta es la razón por la que sólo una cuerda sin masa puede transmitir una fuerza sin pérdidas (lo veremos más adelante)

Lidiando con Fuerzas Específicas

Ahora que ya vimos las 3 leyes de Newton, debemos estudiar algunas de las fuerzas más comunes y aprender a resolver problemas con ellas.

Las fuerzas con las que habitualmente trabajaremos en este curso:

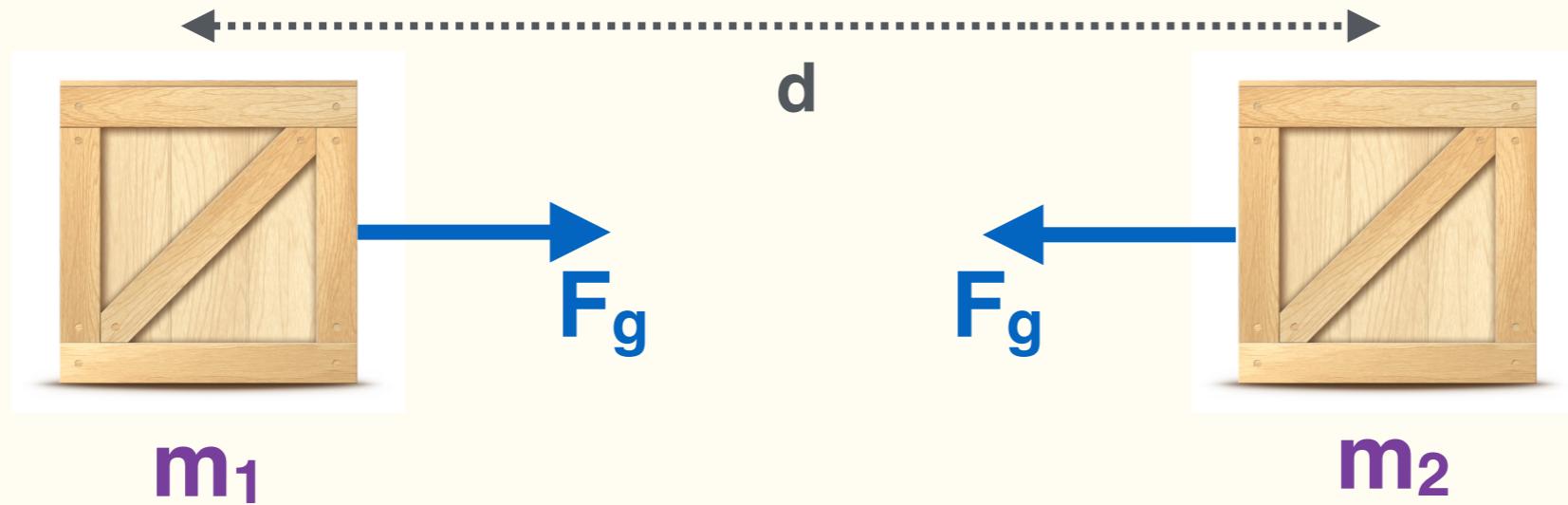
- Peso
- Normal
- Tension
- Rozamiento
- Fuerza elástica

Estudiaremos cada una en este orden al mismo tiempo que haremos ejercicios



Peso

La ley de la Gravedad dice que dos objetos con masa sienten una fuerza de atracción entre ellos



La magnitud de la fuerza está dada por: $|\vec{F}_g| = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$

Algunos comentarios sobre esta fuerza:

- La fuerza sentida por el objeto #1 tiene la dirección opuesta a la sentida por el objeto #2, aunque con la misma magnitud
- La dirección de la fuerza va en la dirección que une los centros de masa de los dos objetos
- G es una constante llamada “constante de la gravitación universal”:
$$G = 66.73 \times 10^{-12} \text{ } m^3 / (kg \cdot s^2)$$
- **¡Newton también descubrió esta ley!**

Peso

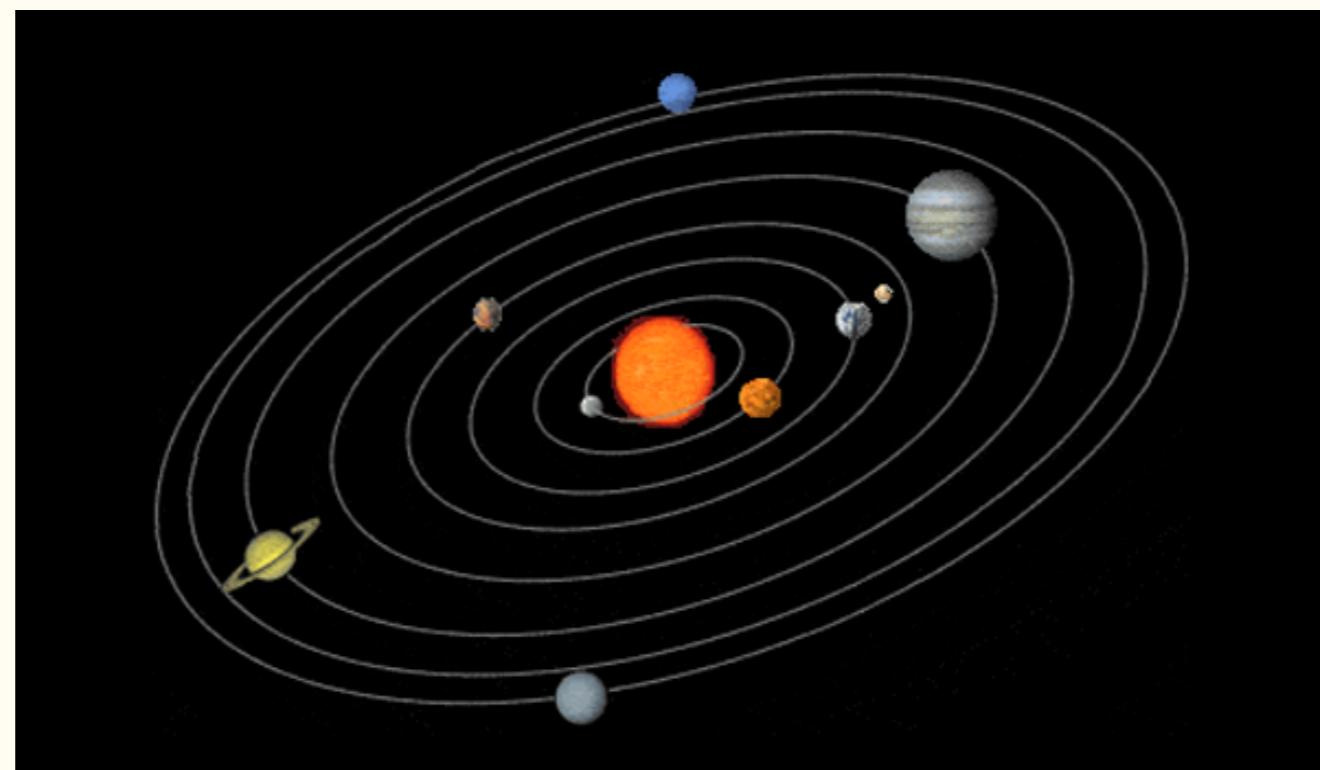
¿Esta fuerza ocurre entre dos objetos cualquiera?

¡Sí!

Lo que pasa es que entre objetos de masas pequeñas es completamente despreciable

(por ejemplo, la magnitud de la fuerza gravitatoria entre dos objetos con masa 1kg separados por 1m la magnitud es del orden de 10^{-12} N)

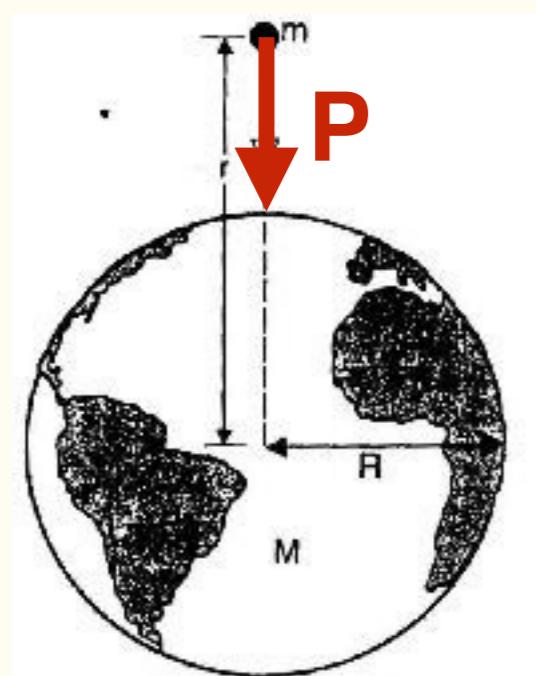
Pero se vuelve importante a escalas planetarias:



La gravedad es
lo que mantiene
a los planetas
orbitando
alrededor del sol

Peso

Si bien un objeto de 1kg produce una fuerza gravitacional despreciable sobre otro objeto de 1kg, el planeta tierra entero produce una fuerza que no podemos despreciar, llamada comúnmente **peso**:



Para un objeto en la superficie de la tierra:

$$|\vec{P}| = G \frac{m_T m}{R^2}$$

Podemos agrupar las constantes, y nos queda:

$$|\vec{P}| = mg$$

donde $g = G \frac{m_T}{R^2} \approx 9.81 \text{ m/s}^2$

↑
aceleración de la gravedad!

La dirección de esta fuerza es hacia el centro de la tierra.

Nota: si bien la aceleración de la gravedad depende de la distancia al centro de la tierra, para la gran mayoría de los casos que estudiaremos la variación en altura es muy pequeña comparada con el radio de la tierra, por lo que g se considera constante.

Aceleración de la Gravedad

Cuando vimos cinemática asumimos que la aceleración de la gravedad era igual para cualquier objeto, independientemente de su masa.

Ahora estamos en posición de comprender mejor por qué es esto:

Fuerza gravitatoria para un objeto en
la superficie de la tierra

$$P = mg$$

La segunda ley de Newton dice que:

$$F = ma$$

Si el peso es la única fuerza
involucrada, entonces

$$mg = ma$$

Concluimos que:

$$a = g$$

Nota: aquí realmente ocurre una cancelación tremenda que Einstein notó y que comentaremos más adelante en el curso, aunque no afecta en nada la conclusión.

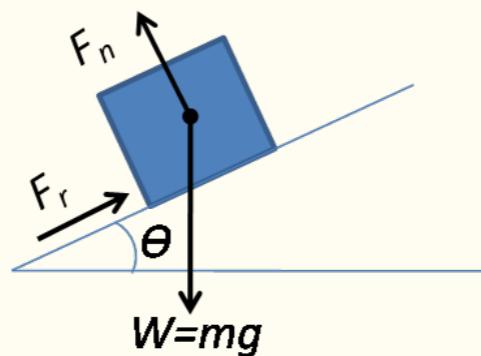
Normal

Cuando dos objetos sólidos están en contacto, ocurre una fuerza que es normal (perpendicular) a la superficie de contacto. Mientras más se presionen los objetos, mayor es esta fuerza

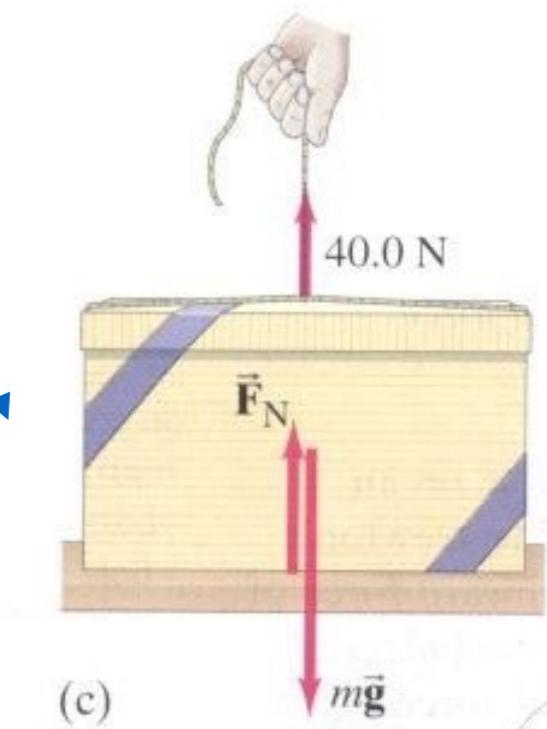
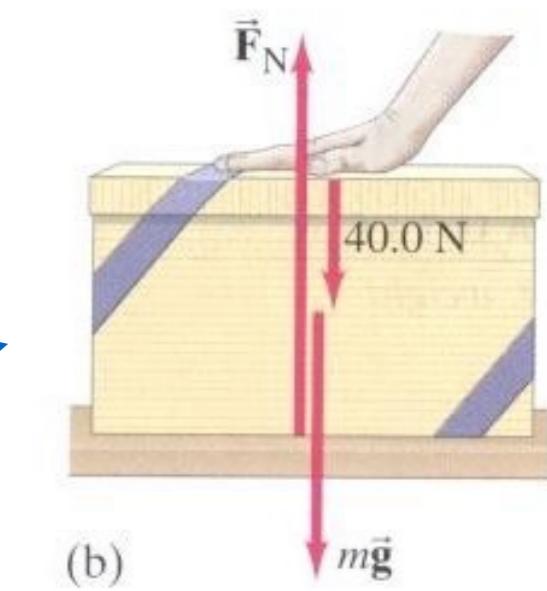
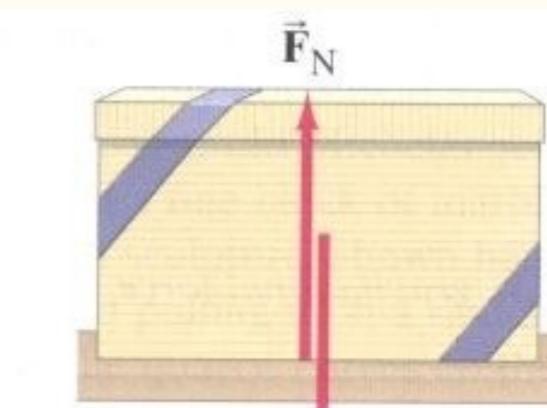
Cuando un objeto está sobre una mesa por ejemplo, puesto que su aceleración es 0 la fuerza normal debe estar compensando la fuerza del peso.

Pero si uno empuja o jala el objeto, la normal puede cambiar. **¡Su magnitud no siempre es igual al peso!**

Nótese también que la normal **no necesariamente es hacia arriba**:



Nota: El origen de esta fuerza es la repulsión electromagnética entre los electrones de los dos objetos.
¡Por eso no se puede atravesar objetos sólidos!



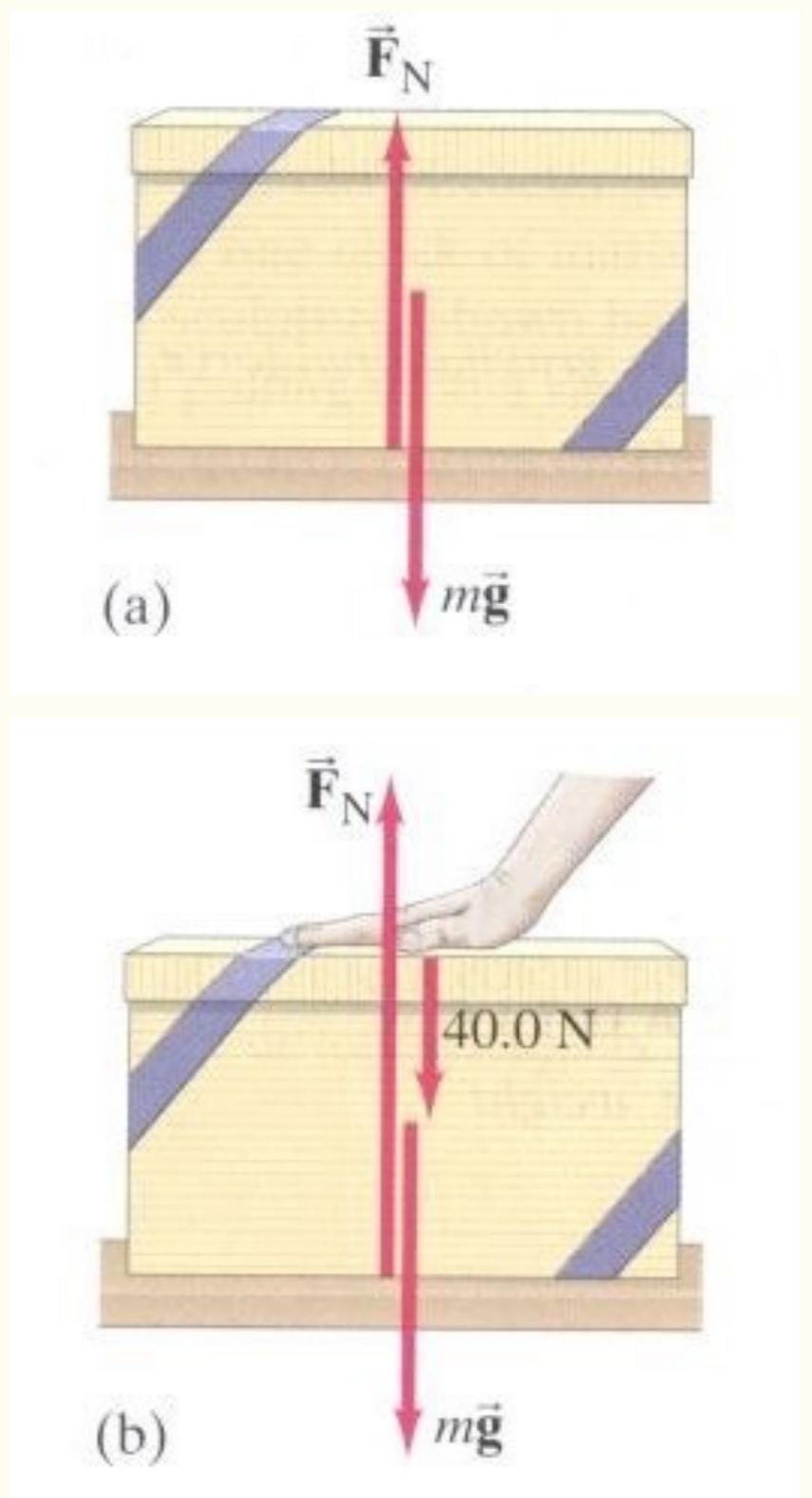
Normal

Confusión típica: la normal es la “fuerza de reacción” (de la tercera ley de Newton) a la fuerza de gravedad

Esto no es el caso. Más bien la normal es la “fuerza de reacción” (en el sentido de la tercera ley) a la fuerza de contacto que la caja hace sobre la mesa.

De hecho, como mencionado antes, la fuerza normal no necesariamente tiene que tener la misma magnitud que la fuerza de gravedad, por lo que no podría ser la fuerza de reacción correspondiente.

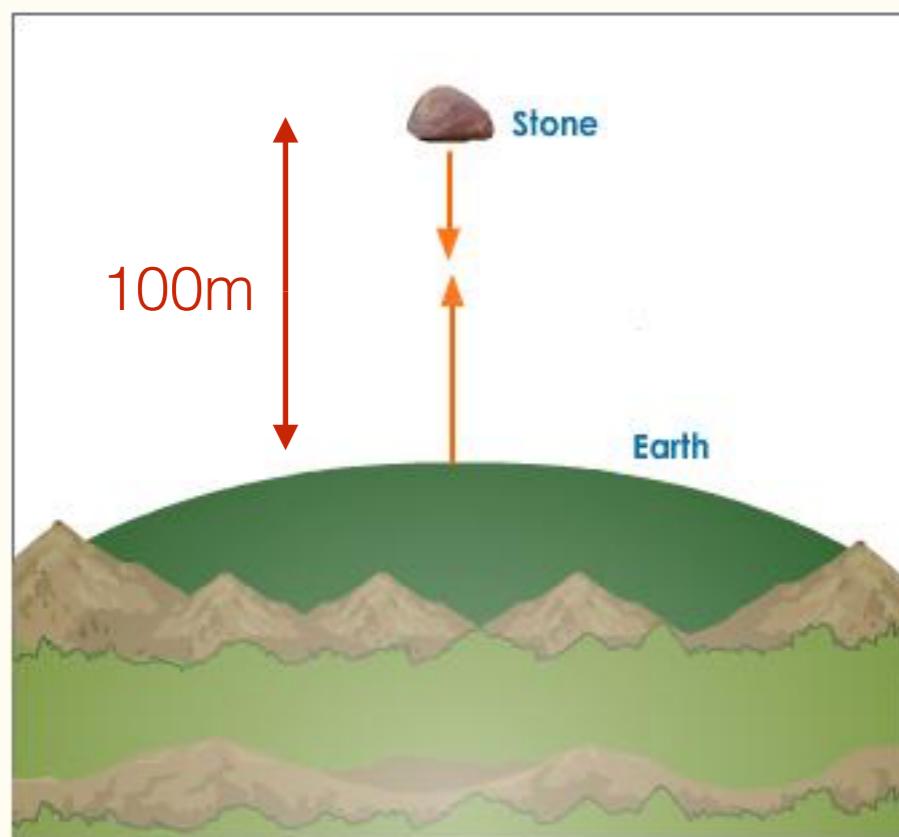
La fuerza que la caja hace sobre la mesa no se muestra en el diagrama ya que éste muestra solamente las fuerzas que actúan sobre la caja, no sobre la mesa.



Paréntesis: ¿Fuerza de Reacción a la Gravedad?

¿Cuál es entonces la “fuerza de reacción” a la gravedad?

¡La fuerza gravitatoria que el objeto hace sobre el planeta tierra!



Así como la tierra atrae una piedra con una fuerza F , la piedra también atrae la tierra con una fuerza F en dirección contraria.

Supongamos que la piedra pesa 0.5kg y que cae desde el reposo de una altura inicial de 100m.

La fuerza que siente la piedra tiene una magnitud de aprox. 5N, y tarda aprox. 4.5 segundos en caer.

$$\frac{1}{2}gt^2 = h \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 4.5\text{s}$$

La tierra también siente esta fuerza de 5N, por lo que se acelera hacia la piedra:

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{5\text{N}}{6 \cdot 10^{24}\text{kg}} \approx 8 \cdot 10^{-25}\text{ m/s}^2$$

y en estos 4.5 segundos se mueve una distancia $d = \frac{1}{2}at^2 \approx 8 \cdot 10^{-24}\text{ m}$

¡No sólo la piedra cae hacia la tierra, sino que la tierra también “cae” hacia la piedra!

Tensión

Las tension es una fuerza que se transmite a través de una cuerda o un cable



Si le aplicamos una fuerza a un extremo, y si la cuerda está tensa, encontramos la misma fuerza en el otro extremo

Por ejemplo:

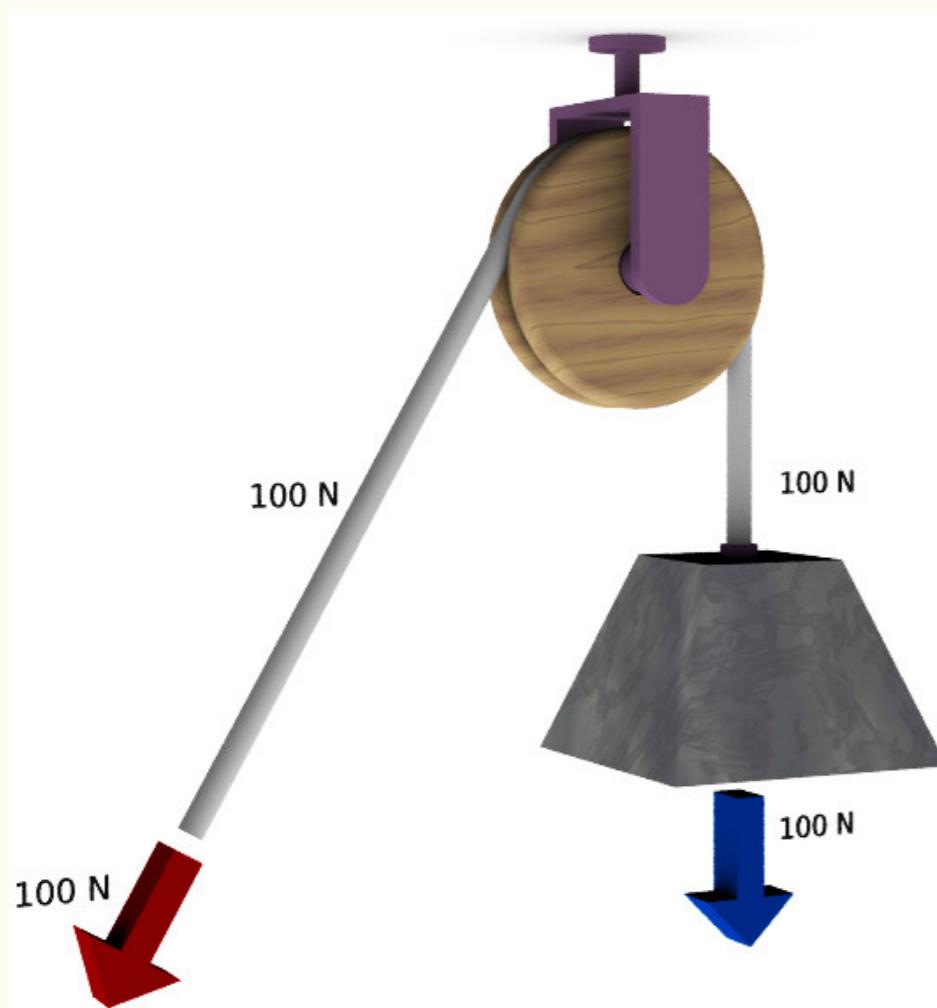


Para que la fuerza se transmita perfectamente se requiere que la cuerda no tenga elasticidad y masa. En la vida real esto nunca es el caso, pero es una muy buena aproximación para la mayoría de las situaciones.

Nota: en el dibujo se muestra la fuerza que la persona hace sobre la cuerda y la que la cuerda hace sobre la roca. La fuerza que la cuerda hace sobre la persona va en la dirección opuesta.

Tensión

Con la ayuda de poleas se puede cambiar la dirección de la fuerza. Esto hace el uso de cuerdas extremadamente útil para muchas situaciones



Nota: la fuerza de tensión siempre va en la dirección longitudinal a la cuerda

Si se asume que la polea no tienen masa y que no hay roce entre la cuerda y la polea, la fuerza se transmite perfectamente. Esto es una buena aproximación en muchos de los casos.

Próxima clase: más Leyes de Newton

