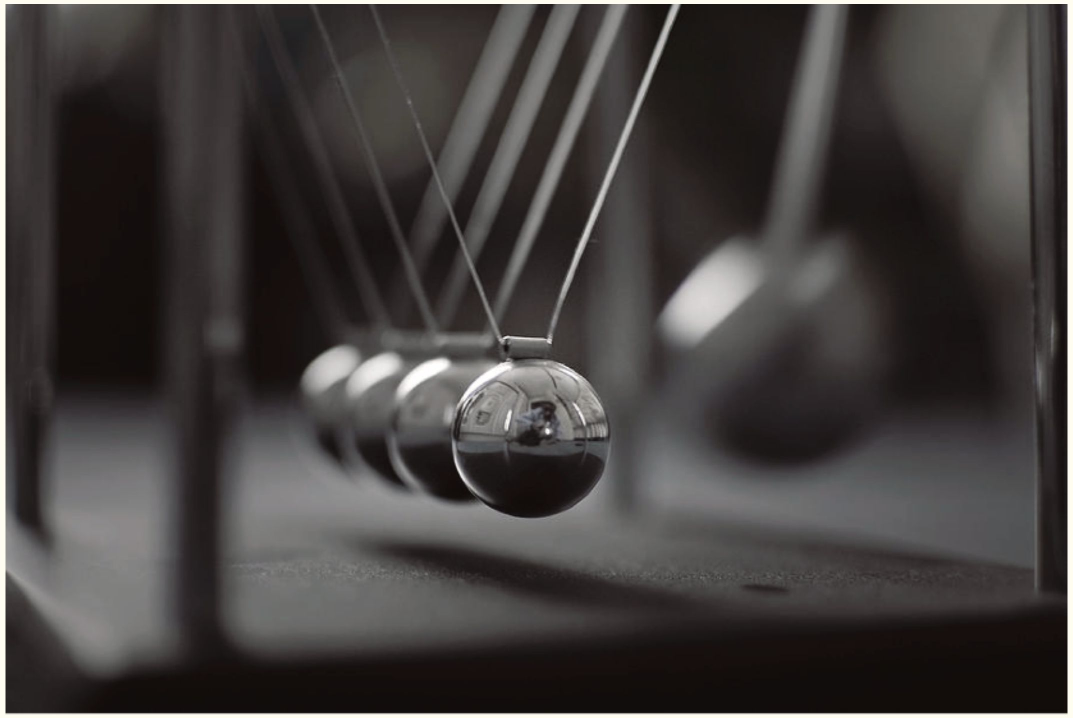
Estática y Dinámica
FIS1513

Clase #17
10-10-2018
Impulso y Momento

Anuncios

- Tengo que salir de viaje las siguientes 2 semanas y me ausentaré 3 cátedras:
  - Voy a Beijing y al CERN
  - Todo seguirá con normalidad en los horarios usuales. La única diferencia es que habrá un remplazo en las cátedras del 17, 22 y 24 de Octubre.
  - Mis remplazos usarán mis diapositivas, las cuales seguiré subiendo a webcursos como siempre



Impulso y Momento

Kinetics of a Particle: Impulse and Momentum

15

CHAPTER OBJECTIVES

- To develop the principle of linear impulse and momentum for a particle and apply it to solve problems that involve force, velocity, and time.
- To study the conservation of linear momentum for particles.
- To analyze the mechanics of impact.
- To introduce the concept of angular impulse and momentum.

Impulse and momentum principles are required to predict the motion of this golf ball.

Capítulo 15 del Hibbeler y 8 del Young-Freedman

MOMENTO LINEAL, IMPULSO Y CHOQUES

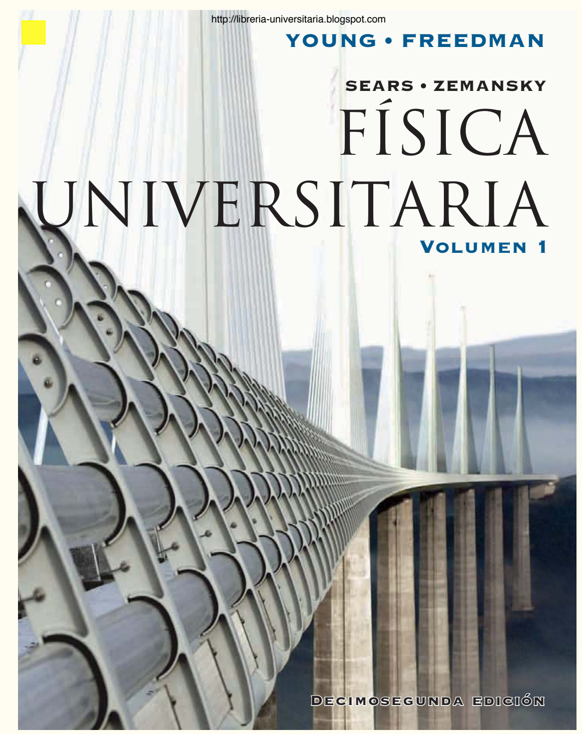
8

?¿Qué podría causar una lesión más grave: ser tacleado por un jugador ligero que corre rápidamente, o ser tacleado por un jugador con el doble de masa, pero que corre con una rapidez que equivale a la mitad de la del primero?

METAS DE APRENDIZAJE

Al estudiar este capítulo, usted aprenderá:

- El significado de momento lineal de una partícula y cómo el impulso de la fuerza neta que actúa sobre una partícula hace que su momento lineal varíe.
- Las condiciones en las que el momento lineal total de un sistema de partículas es constante (es decir, se conserva).
- A resolver problemas en los que



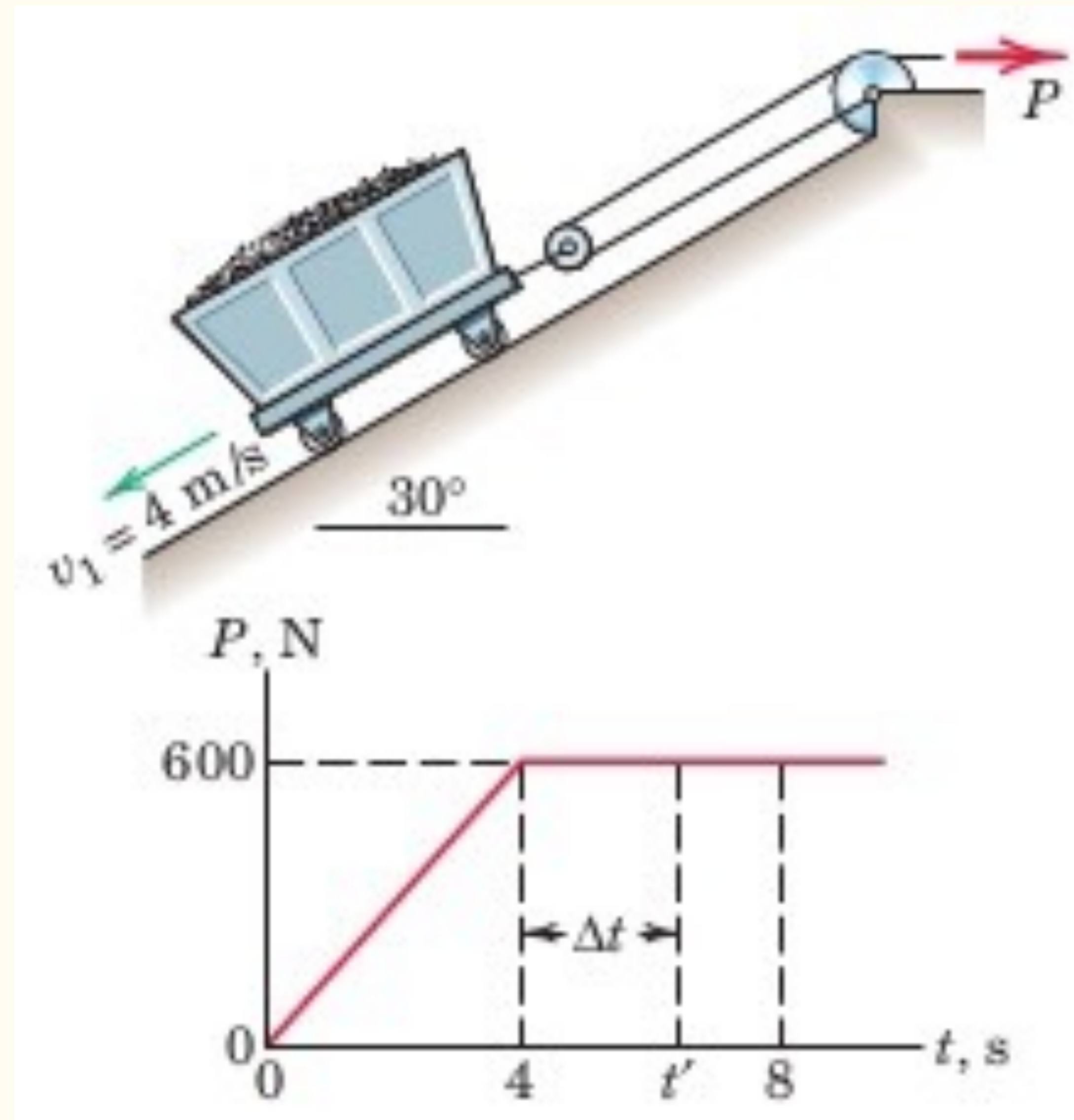
Nota: una vez más, el Young & Freedman es bueno para entender algunos de los conceptos, pero el Hibbeler tiene un nivel más avanzado.

Ejemplo #2

(No en libros)

Un carro cuya masa y la de su carga suman 150kg desciende por una rampa a 4m/s como se muestra en la figura. En ese instante se comienza a aplicar una fuerza P a un cable que aumenta uniformemente con el tiempo hasta 600N en t=4s, y que después permanece constante en ese valor (ver gráfica y figura).

Determine el tiempo t' en el que el carro invierte el sentido de movimiento, y su velocidad en t=8s. Puede despreciar cualquier tipo de roce.



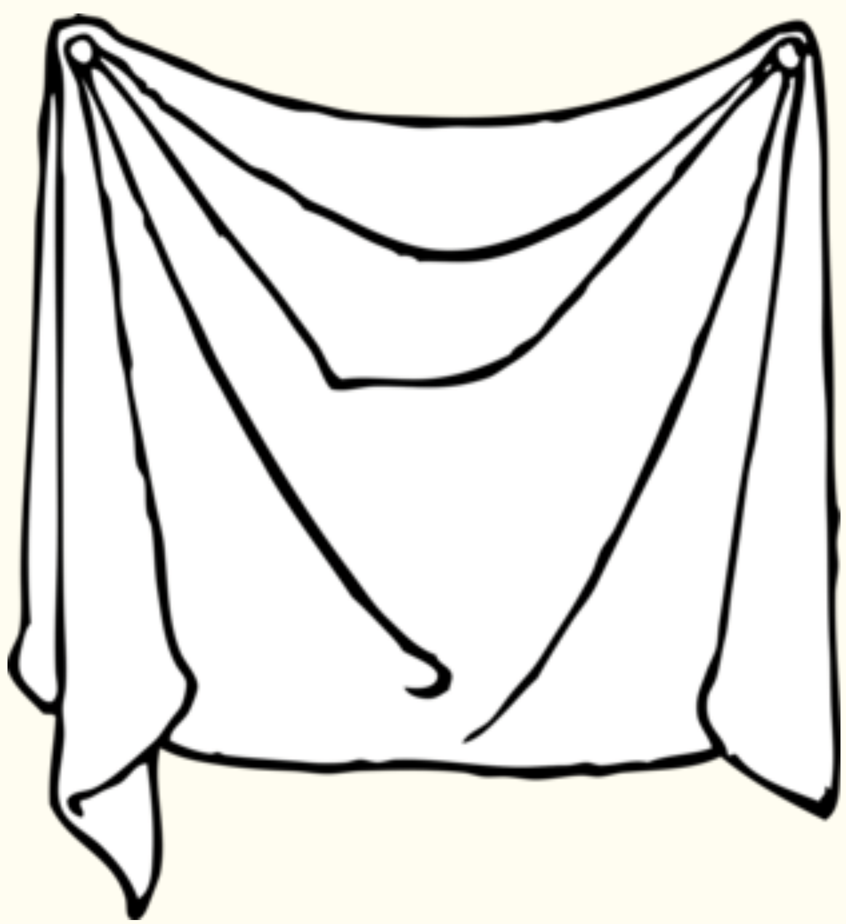
(resolver en pizarra)

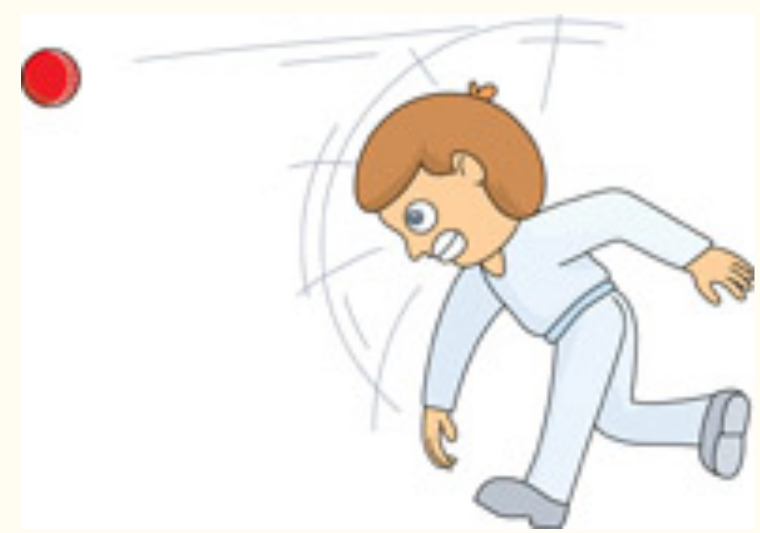
Respuestas: t'=6.45s y v(t=8s)=4.8 m/s

Experimento #1

Intentemos responder una pregunta científica que ha intrigado a la humanidad por siglos:

¿Se puede romper un huevo tirándolo contra una sábana?





Forma más General de la Segunda Ley de Newton

El concepto de momento lineal es algo fundamental en física.

Normalmente pensamos en la segunda Ley de Newton en esta forma:

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

Pero en realidad la primera formulación que hizo Isaac Newton de esta ley utiliza momento:

$$\boxed{\sum \vec{F} = \frac{d}{dt}\left(m\vec{v}\right) = \frac{d\vec{p}}{dt}}$$

Lo que pasa es que si la masa es constante, nos queda:

$$\frac{d}{dt}\left(m\vec{v}\right) = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

En realidad las dos formulaciones son igual de generales, ya que la segunda ley sólo aplica en casos con masa constante (https://en.wikipedia.org/wiki/Variable-mass_system; ver también https://www.quora.com/Force-is-directly-proportional-to-its-mass-and-acceleration-Is-this-Newtons-second-law-of-motion)

Consecuencia Obvia

Hay una consecuencia extremadamente útil de la segunda ley de Newton formulada en esta forma:

$$\underbrace{\boxed{\sum \vec{F}}}_{=\,0} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Si la suma de fuerzas es cero, **¡el momento no cambia!**

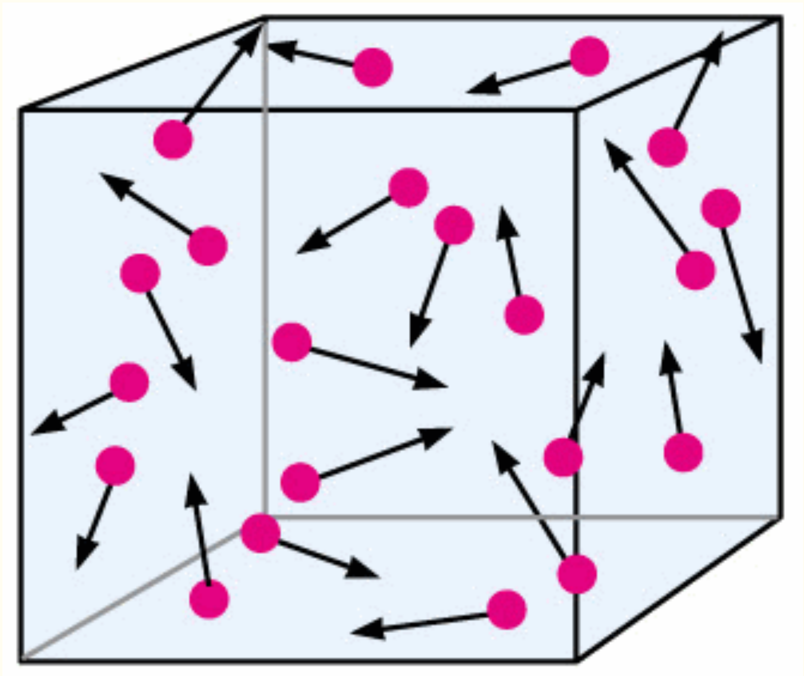
Para una sola partícula, esto es trivial (es la primera ley de Newton). ¿Pero qué pasa cuando tenemos más de una sola partícula?

Conservación de Momento Lineal

Primero necesitamos hacer algunas definiciones:

Definición:

Un **sistema de partículas** es un grupo de N partículas que interactúan entre sí por medio de fuerzas de contacto o por fuerzas a distancia como la gravedad



El **momento del sistema** es la suma de los momentos de cada partícula:

$$\vec{p}_{\text{total}} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots \vec{p}_N$$

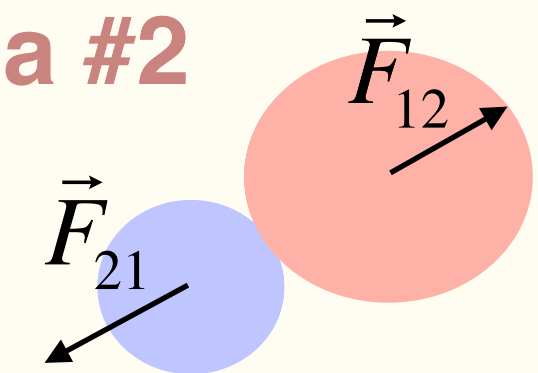
Las **fuerzas internas** son las fuerzas hechas por partículas del sistema sobre otras partículas del sistema. Las **fuerzas externas** son las fuerzas hechas por partículas ajenas al sistema sobre las partículas del sistema

Conservación de Momento Lineal (2 partículas)

Veamos primero lo que pasa en un sistema de 2 partículas sin fuerzas externas (esto podrían ser por ejemplo dos pelotas flotando en el espacio exterior lejos de cualquier influencia). Supongamos que las dos partículas interactúan una vez:

partícula #2

partícula #1



De acuerdo a la segunda ley, estas fuerzas las podemos expresar como

$$\vec{F}_{12} = \frac{d\vec{p}_2}{dt} \quad \text{y} \quad \vec{F}_{21} = \frac{d\vec{p}_1}{dt}$$

La tercera ley de Newton nos dice que: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

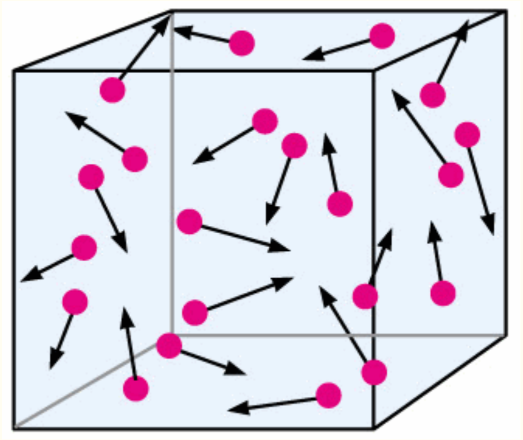
Lo que nos lleva a: $\dfrac{d\vec{p}_2}{dt} = -\dfrac{d\vec{p}_1}{dt} \longrightarrow \dfrac{d}{dt}\left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2\right) = 0$

sus momentos individuales sí cambiaron cuando interactuaron, ¡pero la suma se mantuvo constante!

Conservación de Momento Lineal (Caso General)

Generalicemos esto a un sistema de N partículas:

Por definición: $$\frac{d\vec{p}_{\text{total}}}{dt} = \frac{d\left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots + \vec{p}_N\right)}{dt}$$



De acuerdo a la 2da Ley de Newton:

$$\frac{d\left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots + \vec{p}_N\right)}{dt} = \left(\sum \vec{F}_1^{\text{int}} + \sum \vec{F}_1^{ext}\right) + \left(\sum \vec{F}_2^{\text{int}} + \sum \vec{F}_2^{ext}\right) + \ldots + \left(\sum \vec{F}_N^{\text{int}} + \sum \vec{F}_N^{ext}\right)$$

Fuerzas hechas por las partículas del sistema sobre la partícula 1

Fuerzas hechas por partículas ajenas al sistema sobre la partícula 1

Pero la tercera ley de Newton nos dice que:

$$\sum \vec{F}_1^{\text{int}} + \sum \vec{F}_2^{\text{int}} + \ldots + \sum \vec{F}_N^{\text{int}} = \vec{0}$$

La fuerza hecha por 1 sobre 2 es la opuesta a la que hace 2 sobre 1, y así sucesivamente… ¡todo se cancela!

Conservación de Momento Lineal (Caso General)

Nos queda entonces que:

$$\frac{d\left(\vec{p}_1+\vec{p}_2+\ldots+\vec{p}_N\right)}{dt}=\sum \vec{F}_1^{ext}+\sum \vec{F}_2^{ext}+\ldots+\sum \vec{F}_N^{ext}$$

Que escribimos simplemente como:

$$\boxed{\sum \vec{F}_{\text{ext}}=\frac{d\vec{p}_{\text{total}}}{dt}}$$

Segunda Ley de Newton para un sistema de partículas

Conservación de Momento Lineal

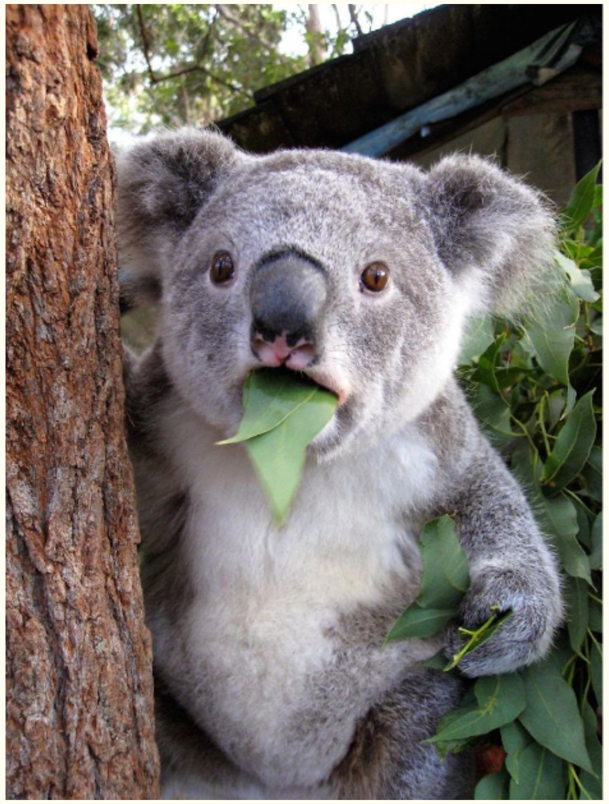
De esta ecuación surge una conclusión importantísima:

si la suma vectorial de fuerzas externas sobre un sistema es cero en una dimensión, el momento lineal total se conserva en esa dimensión

(donde el momento lineal total se define como la suma vectorial de todos los momentos individuales:)

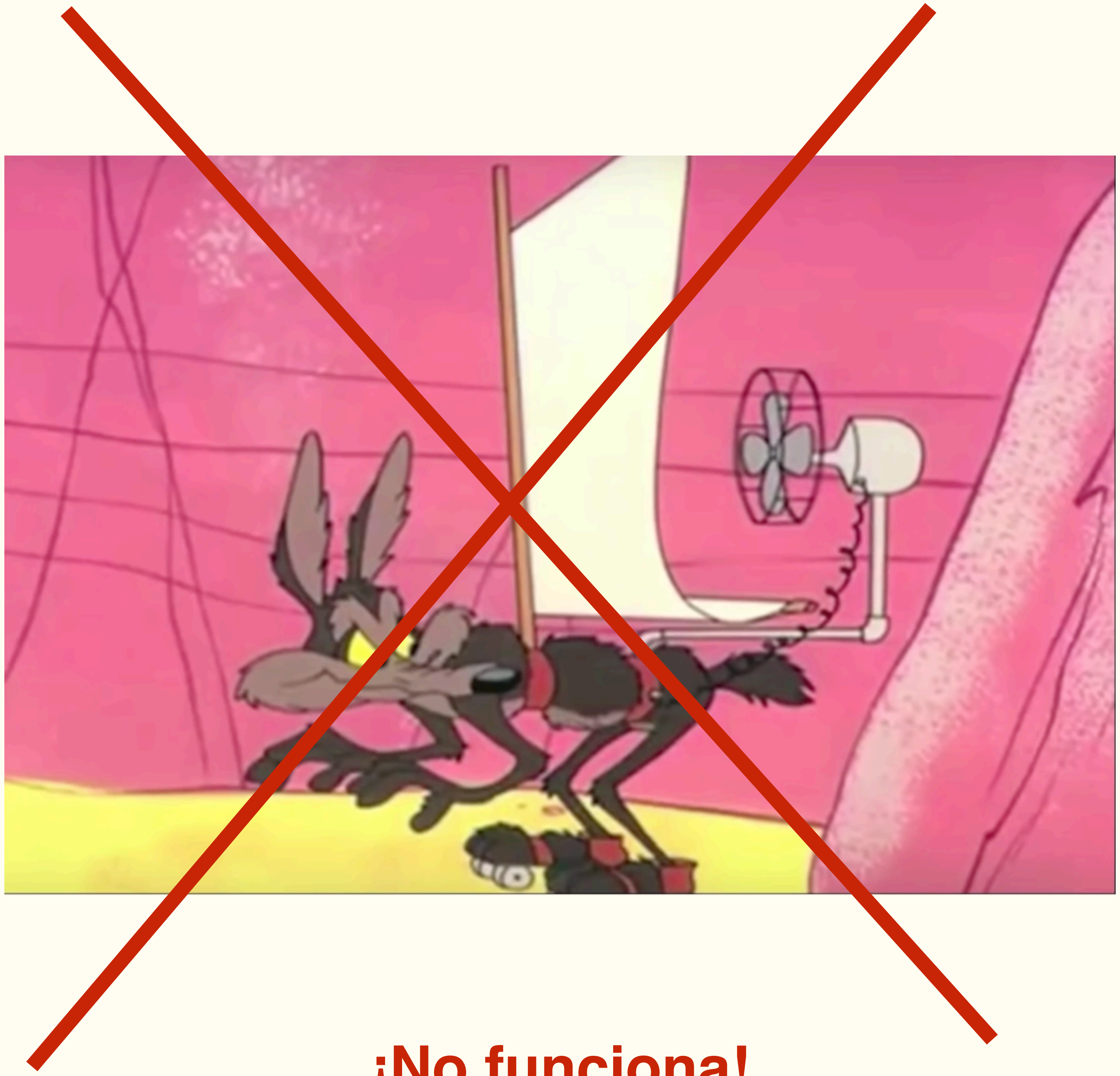
$$\vec{p}_{\text{total}} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots \vec{p}_N$$

Importante: a un sistema en el que la suma de las fuerzas externas es cero se le llama comúnmente "**sistema aislado**"



Experimento #2

El Carrito con Ventilador, Parte 2



¡No funciona!

Sobre experimento

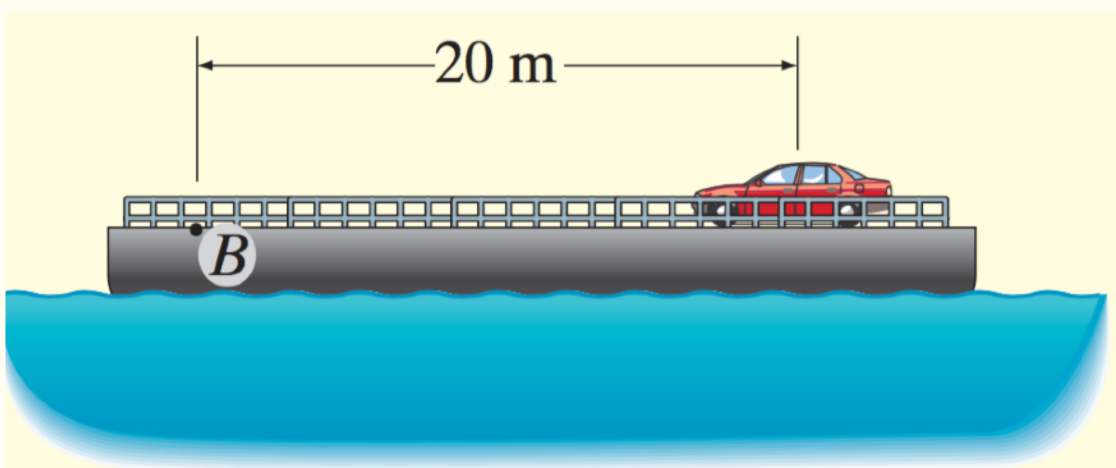
Los "mythbusters" intentaron esto a grande escala:

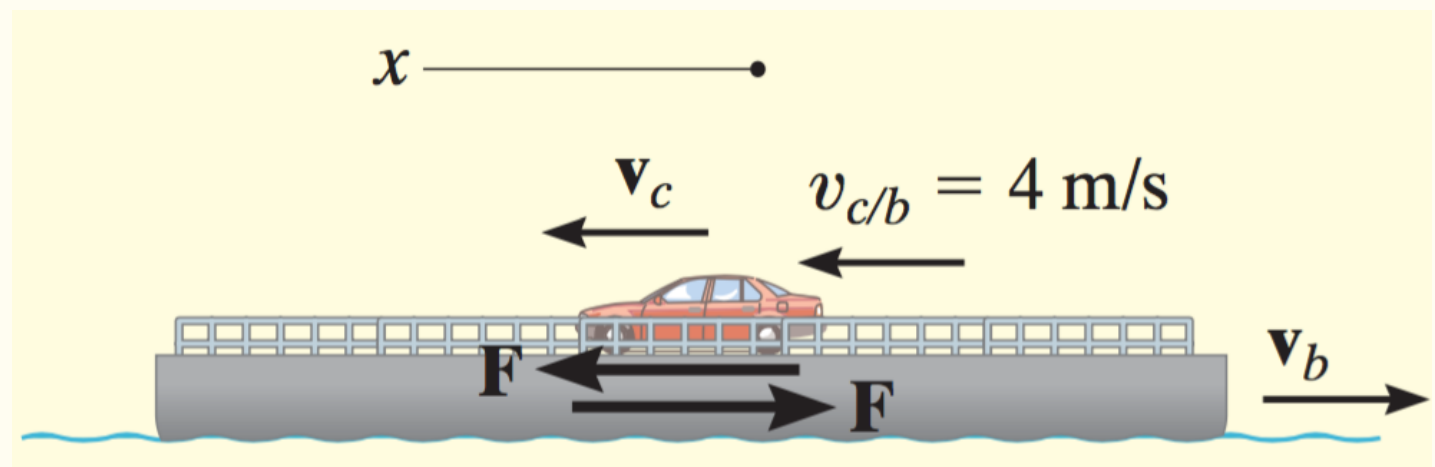
Ver video "Mythbusters: Blow your own sail full scale"
https://www.youtube.com/watch?v=uKXMTzMQWjo

Ejemplo

(Hibbeler 15.8)

Un auto de 1500kg se mueve sobre una plataforma de 10.000kg hacia la izquierda, con una velocidad constante de 4m/s, medida respecto a la plataforma. Despreciando la resistencia del agua, determine la velocidad de la plataforma respecto al mar, así como su desplazamiento cuando el auto llega al punto B. Inicialmente, el auto y la plataforma están en reposo relativo al agua.





(resolver en pizarra)

Respuestas: v_p=0.52 m/s y d=2.6 m

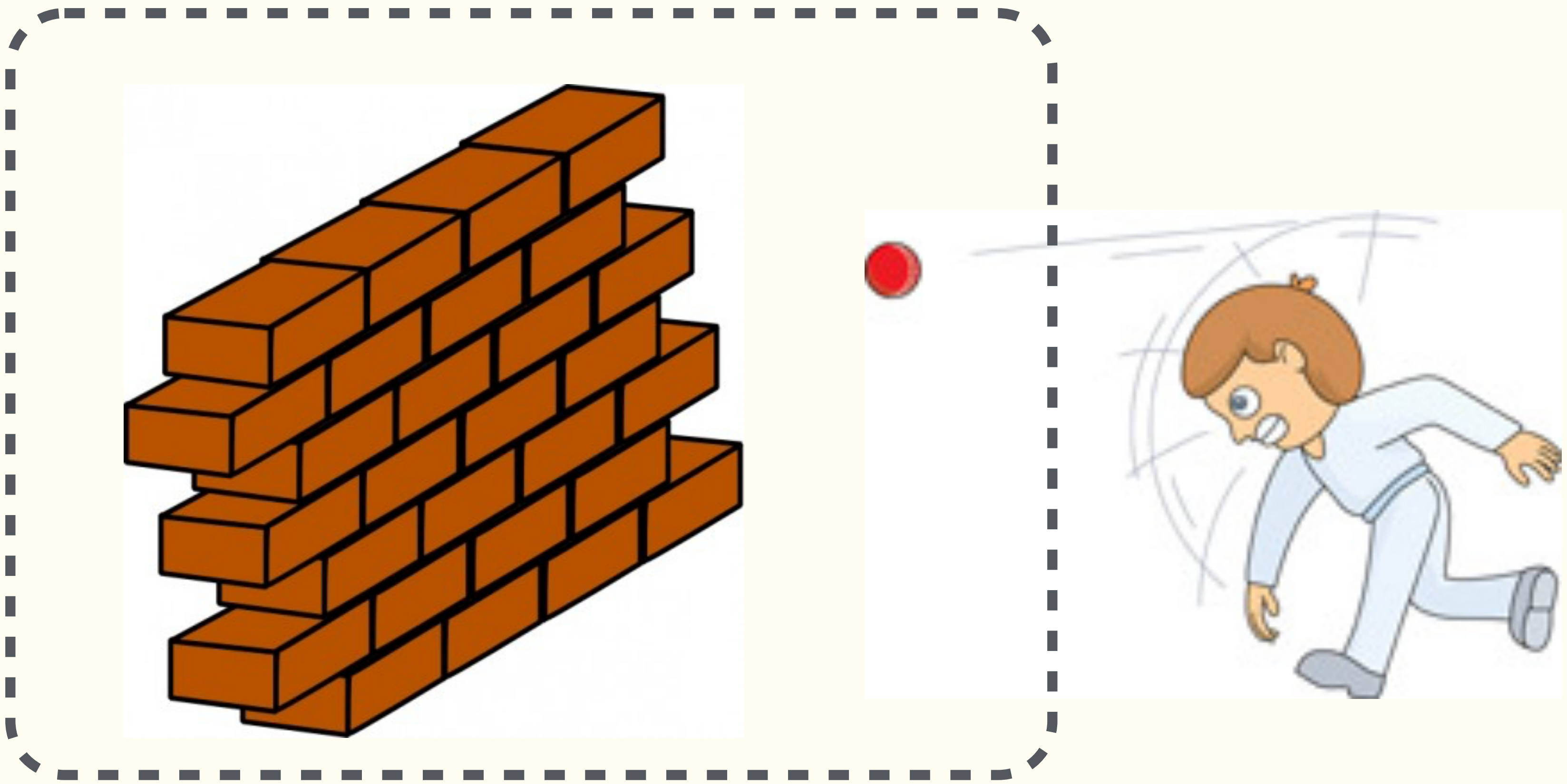
Tips: (1) El sistema aquí es el formado por la plataforma + el auto (un sistema de 2 partículas). El momento total se conserva en la dirección x ya que partículas ajenas al sistema no hacen fuerzas sobre las partículas del sistema en esta dirección.

(2) Cuidado, ya que la tentación sería tomar la velocidad del auto como 4m/s. ¡Pero esta es la velocidad del auto respecto a la plataforma, no la velocidad del auto respecto al mar!

¿Excepciones?

A veces pareciera que el momento no se conserva….

Por ejemplo, si le aviento un huevo a la pared, y considero el sistema huevo + pared, el momento inicial es -mv y el final es 0 ya que la pared y el huevo quedan en reposo. ¿El momento no se conserva?



sistema

Lo que pasa es que este no es un sistema cerrado. Hay fuerzas que el resto de la pared hace sobre el pedazo de pared que recibe el impacto (se llaman fuerzas internas)

Pero si tuviéramos este pedazo de pared flotando en el espacio exterior, al recibir el impacto del huevo definitivamente se movería, conservando el momento.

Próxima clase: más sobre impulso y momento