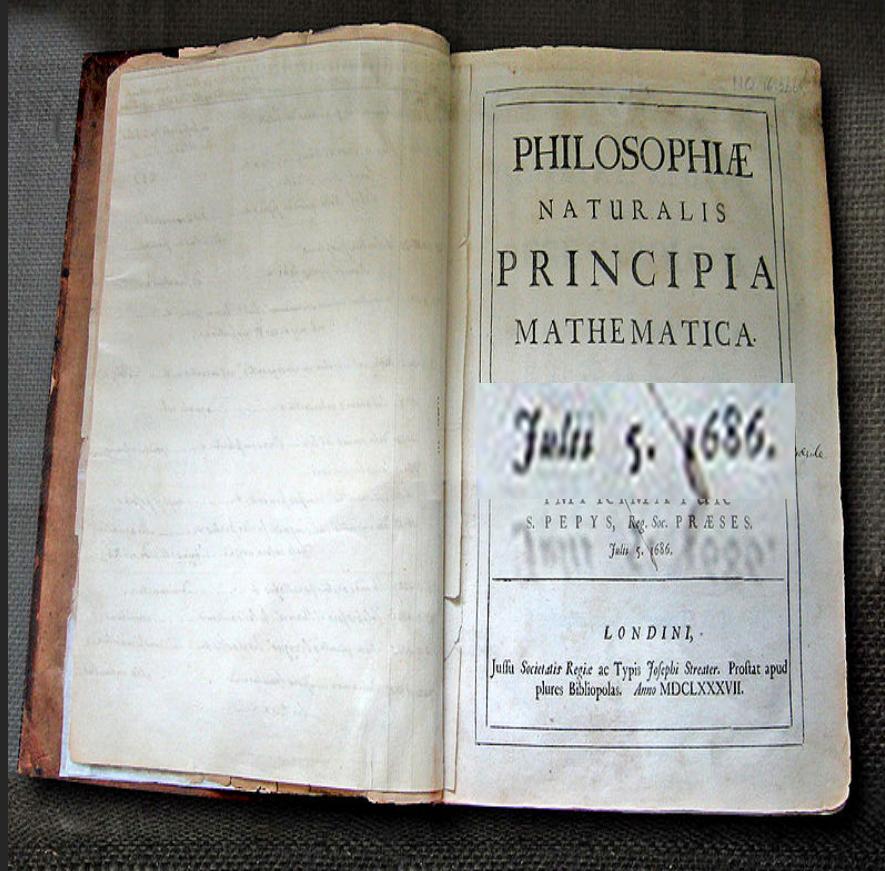


# Estática y Dinámica

Dinámica. Leyes de Newton

# Leyes de Newton



1642...

## Contribuciones:

- Teorema del binomio
- Desarrollo del Cálculo
- Ley de Gravitación Universal
- Leyes de la dinámica

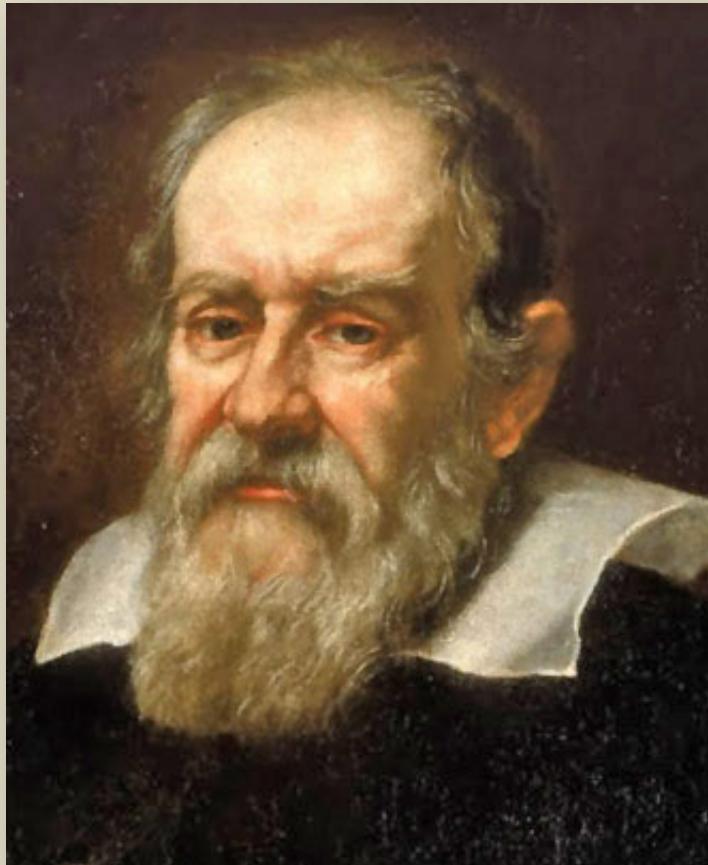
† 1727...



# Consideraciones:

- Consideraremos el movimiento de partículas puntuales, esto es, cuerpos u objetos cuyas dimensiones geométricas son pequeñas comparadas con las distancias características del movimiento.
- La posición de cada partícula con respecto a su origen fijo está determinada por su vector posición  $\vec{r}(t)$ .
- A cada partícula puntual le asociamos una cantidad real positiva  $m$  que denominaremos *masa* de la partícula.

# Primera Ley



Galileo Galilei (1564-1642)



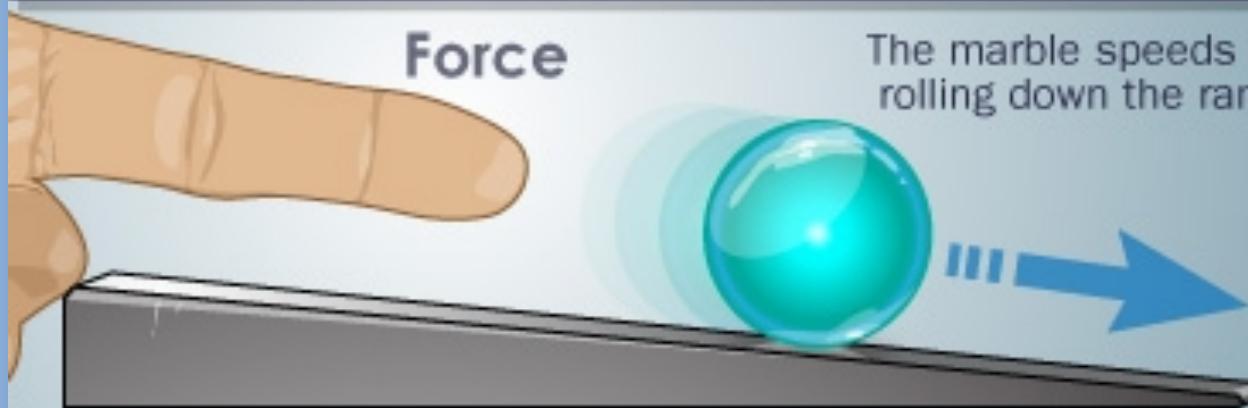
Isaac Newton (1642-1727)

# Newton's Laws of Motion

©2008 HowStuffWorks

## Force

The marble speeds up  
rolling down the ramp.



## Force

The marble slows down  
rolling up the ramp.



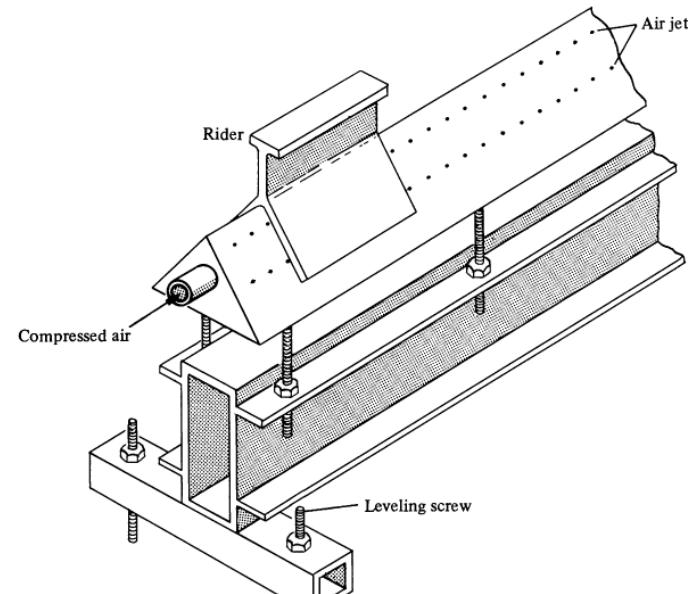
## Force

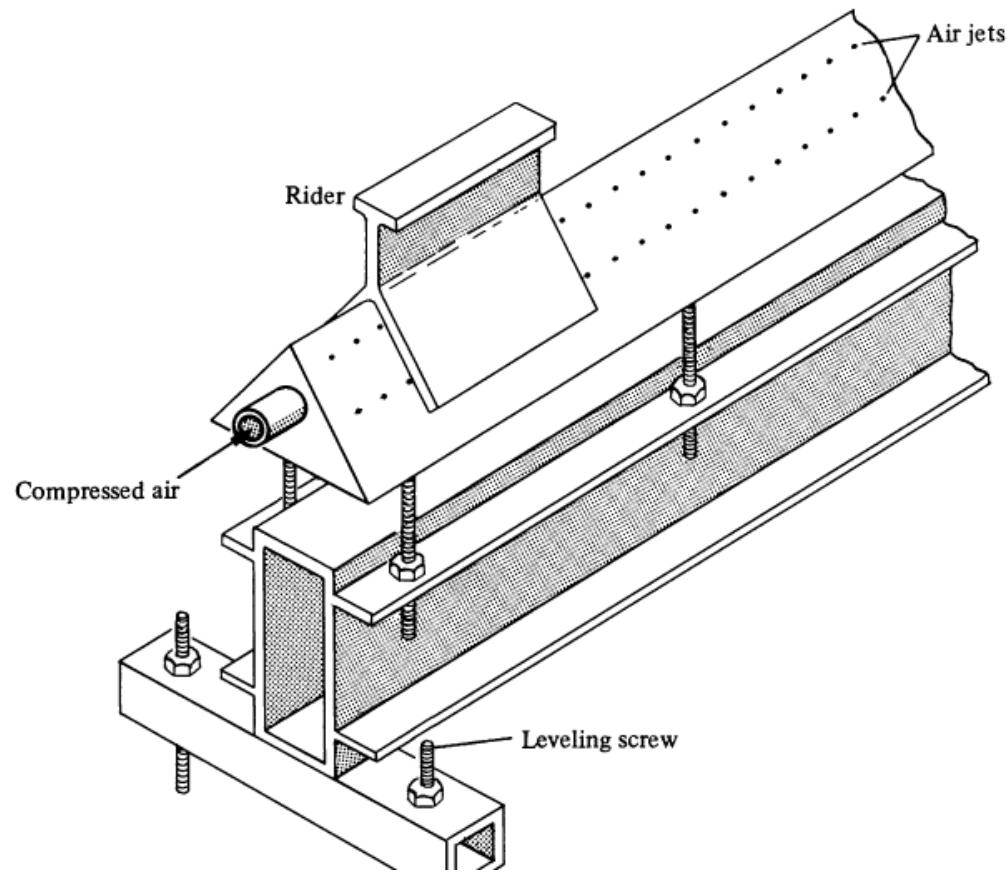
The marble will neither slow down nor speed up  
rolling on a perfectly horizontal surface.



# Primera Ley

Todo cuerpo continúa en su estado de reposo, o de movimiento uniforme y rectilíneo, a menos que sea obligado a cambiar ese estado debido a fuerzas que actúan sobre él.





En un sistema de coordenadas que se mueve uniformemente en relación a la pista, el carro se mueve a velocidad constante. Tal sistema de coordenadas es llamado de *sistema inercial*.

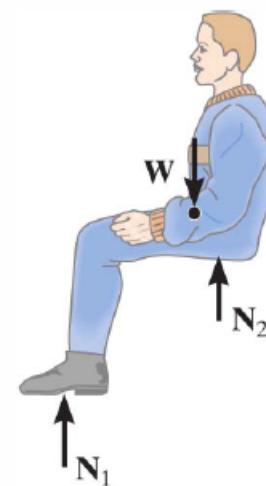
# ¿Y si la tierra para de pronto?



1600 km/h (en el ecuador)

*Física Recreativa.  
Yakov I. Perelman*

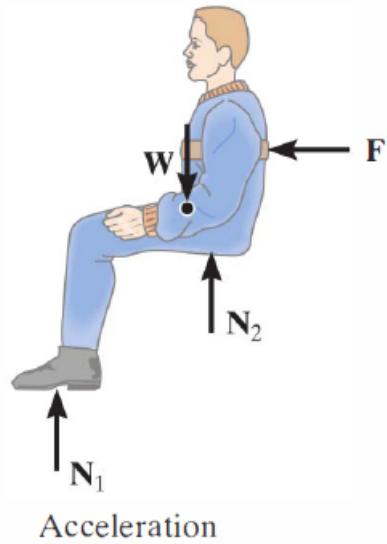
Consider the passenger who is strapped to the seat of a rocket sled. Provided the sled is at rest or is moving with constant velocity, then no force is exerted on his back as shown on his free-body diagram.



At rest or constant velocity

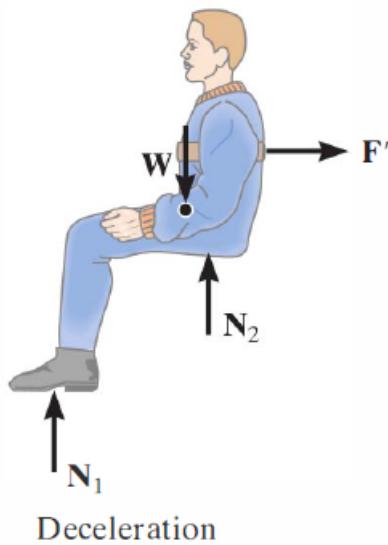
---

When the thrust of the rocket engine causes the sled to accelerate, then the seat upon which he is sitting exerts a force  $\mathbf{F}$  on him which pushes him forward with the sled. In the photo, notice that the inertia of his head resists this change in motion (acceleration), and so his head moves back against the seat and his face, which is nonrigid, tends to distort backward.

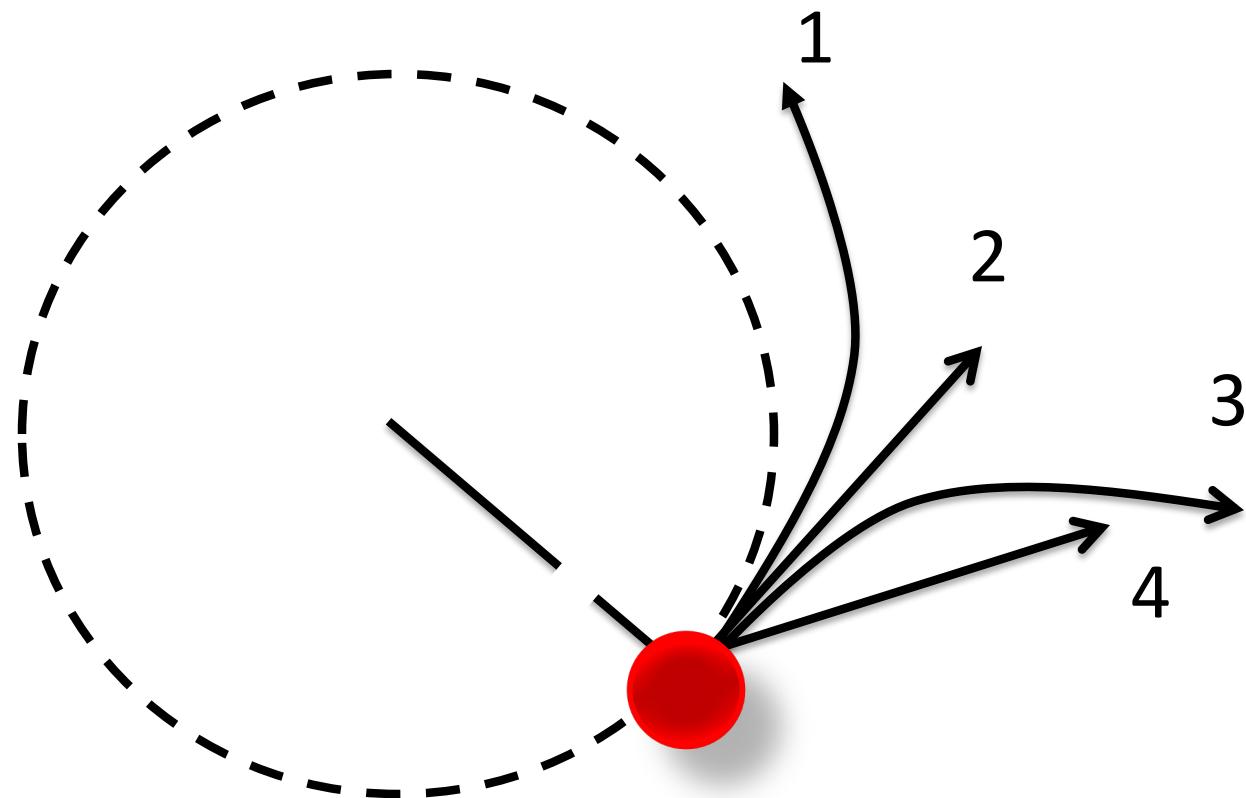


---

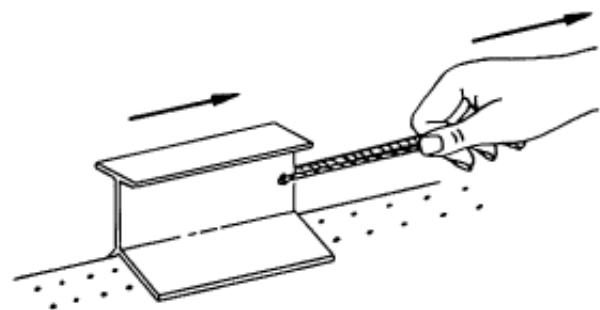
Upon deceleration the force of the seatbelt  $\mathbf{F}'$  tends to pull his body to a stop, but his head leaves contact with the back of the seat and his face distorts forward, again due to his inertia or tendency to continue to move forward. No force is pulling him forward, although this is the sensation he receives.



Una bola atada a una cuerda se hace girar en una trayectoria circular en un plano horizontal. En el instante mostrado en la figura la cuerda se rompe repentinamente cerca de la bola. ¿Cuál de las trayectorias seguirá la bola después de que la cuerda se quiebre?



# Segunda Ley

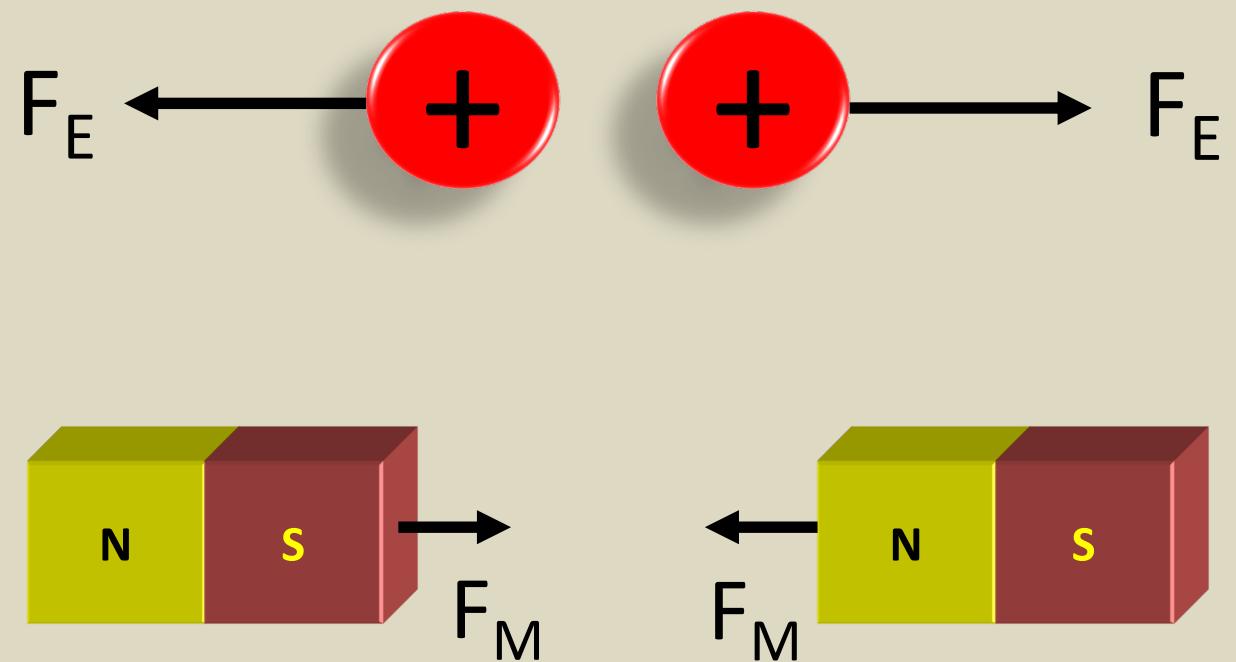
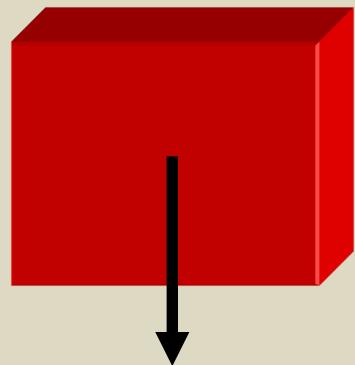


$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i = \sum_i m \vec{a}_i = m \sum_i \vec{a}_i$$

La aceleración de una partícula es proporcional a la fuerza resultante que actúa sobre esta y está dirigida en la dirección de dicha fuerza.

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

- Las fuerzas pueden ser de diferentes tipos pero todas ellas producen los cambios en el movimiento de acuerdo con las mismas regla.



Es importante entender claramente que la fuerza no es meramente una cuestión de definición. Las fuerzas siempre aparecen de interacciones entre sistemas.

Es la interacción la que es físicamente significativa y es esta la responsable por la fuerza. Por esta razón, cuando aislamos un cuerpo de su entorno, esperamos que el cuerpo se mueva uniformemente en un sistema inercial. Aislar, significa eliminar interacciones

# Tercera Ley

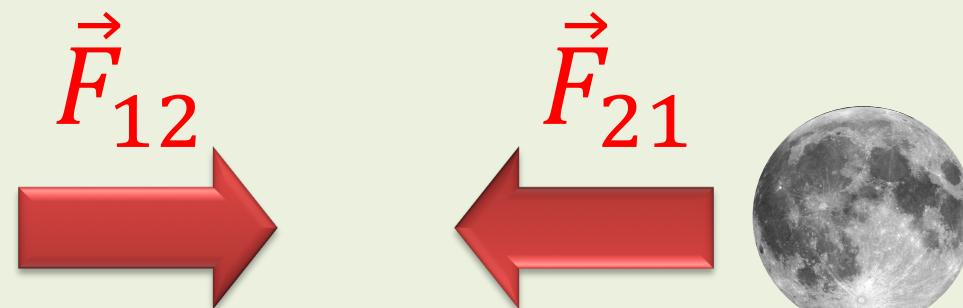
Las interacciones mutuas que ejercen los cuerpos entre sí son de la misma magnitud y sentido contrario.

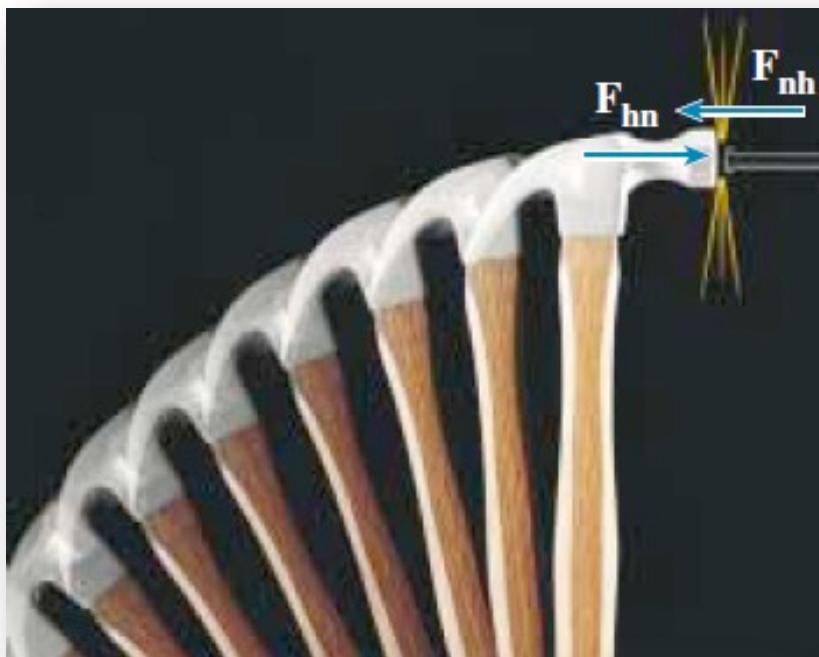
**Si dos objetos interactúan, la fuerza  $F_{21}$  que el objeto 1 ejerce sobre el objeto 2 es igual en magnitud y opuesta en dirección a la fuerza  $F_{12}$  que el objeto 2 ejerce sobre el objeto 1.**

(1)

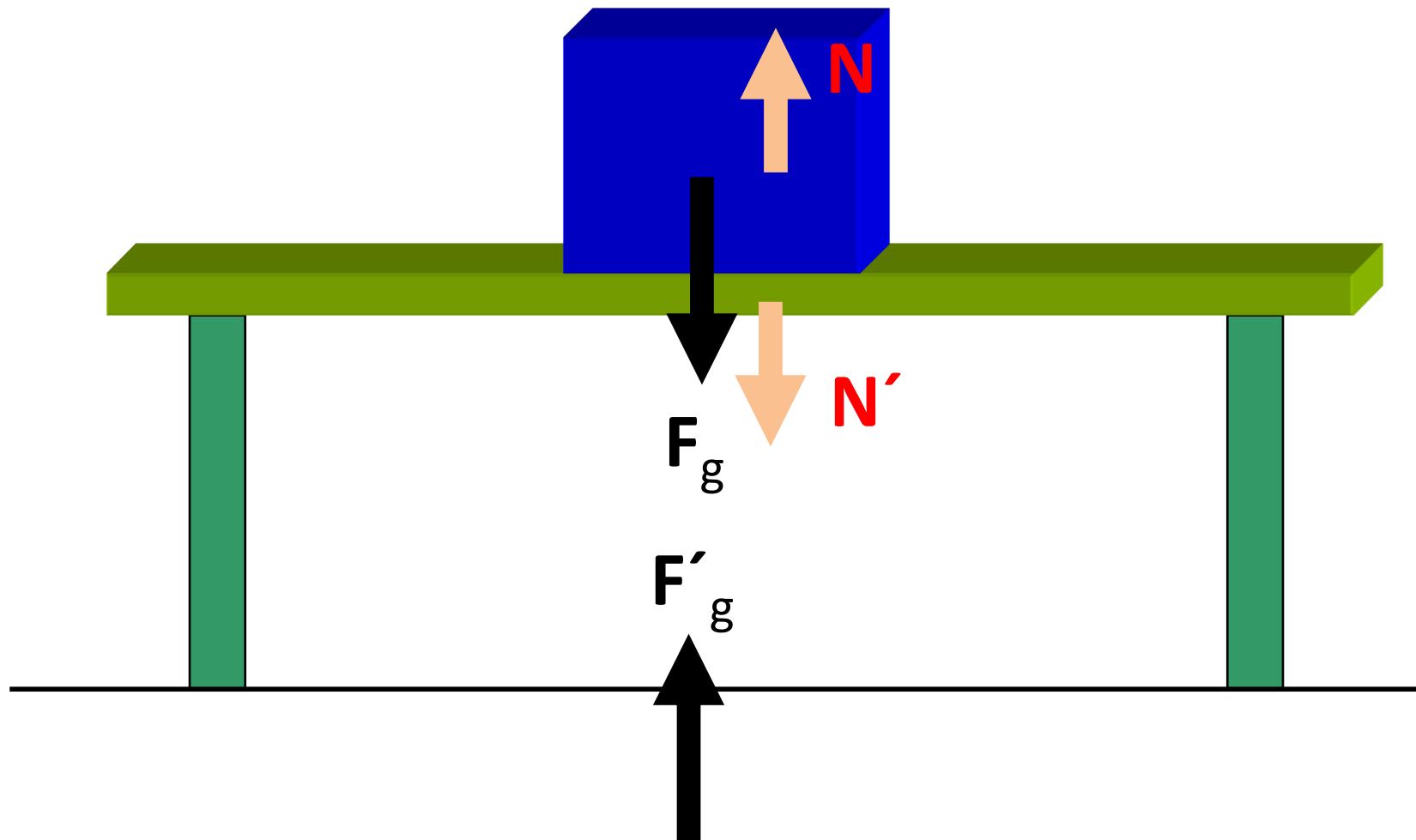


(2)

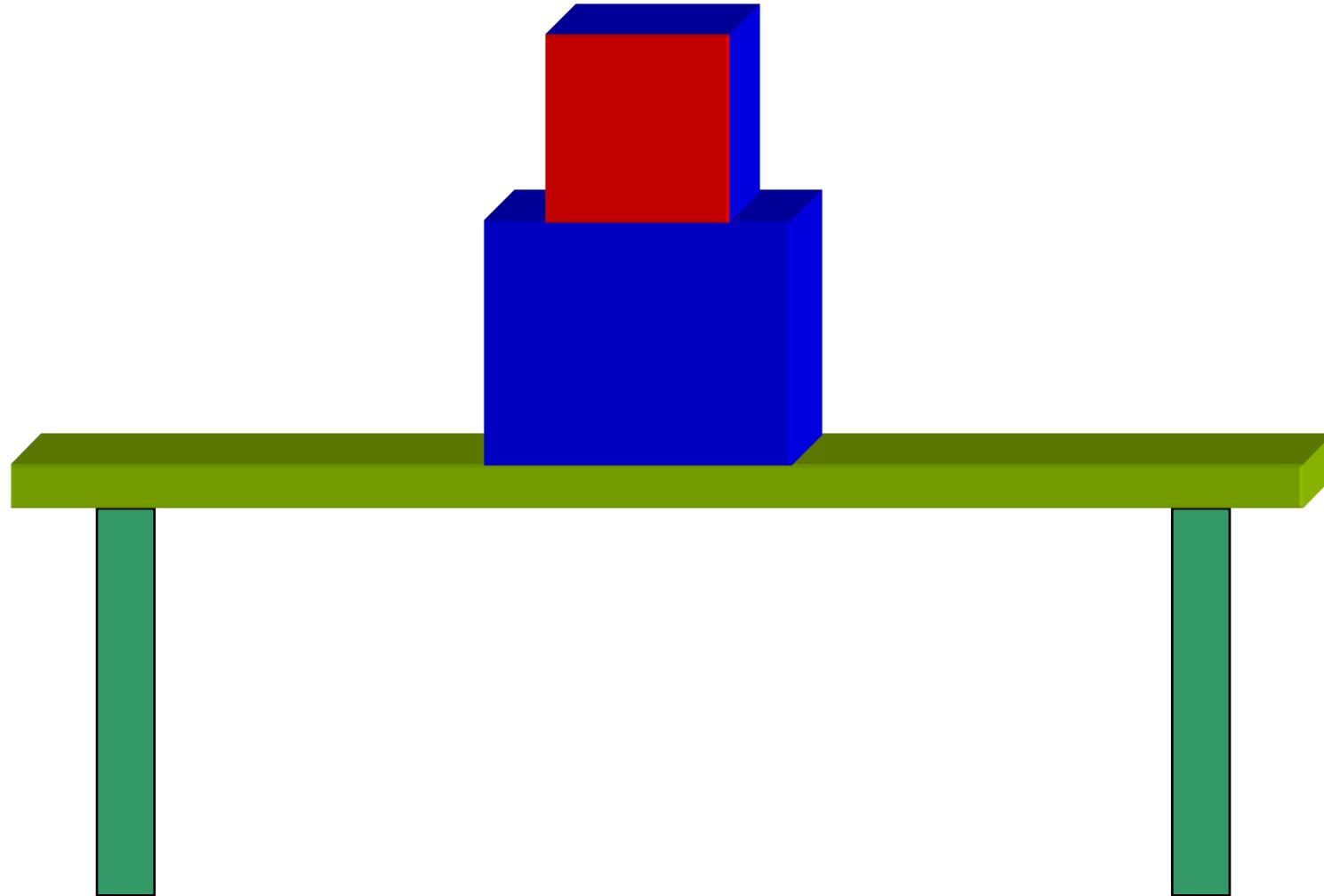




# ¿Qué fuerzas actúan?



Realizar el diagrama de fuerza de cada bloque



**Comúnmente se piensa que la tercera ley no tiene implicaciones en el movimiento ya que las dos fuerzas son iguales y opuestas y siempre se cancelan.**

**sin embargo.....**



**Sin embargo.....**

**Las dos fuerzas se ejercen sobre objetos diferentes, de esta forma, no tiene sentido sumar las mismas fuerzas sobre el mismo cuerpo....**

**Solo adicionamos fuerzas que actúan sobre un mismo cuerpo**

Un caballo empuja un carro. ¿Es correcto el siguiente planteamiento?

El peso del caballo y la fuerza normal ejercida por el piso sobre el caballo forman un par de interacción que son siempre iguales y opuestas de acuerdo con la tercera ley.

- 1- si
- 2- no.

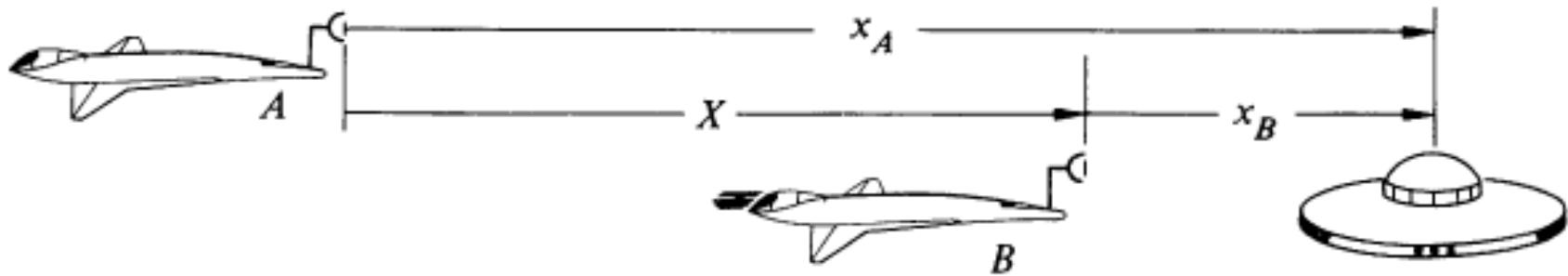
Considere un carro en reposo. Podemos concluir que la fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre el carro y la fuerza normal de contacto sobre el mismo, son iguales y opuestas porque:

- 1- Las dos fuerzas forman un par de interacción
- 2- la fuerza neta sobre el cuerpo es cero
- 3- ninguna de las dos.

# Sistemas Inerciales

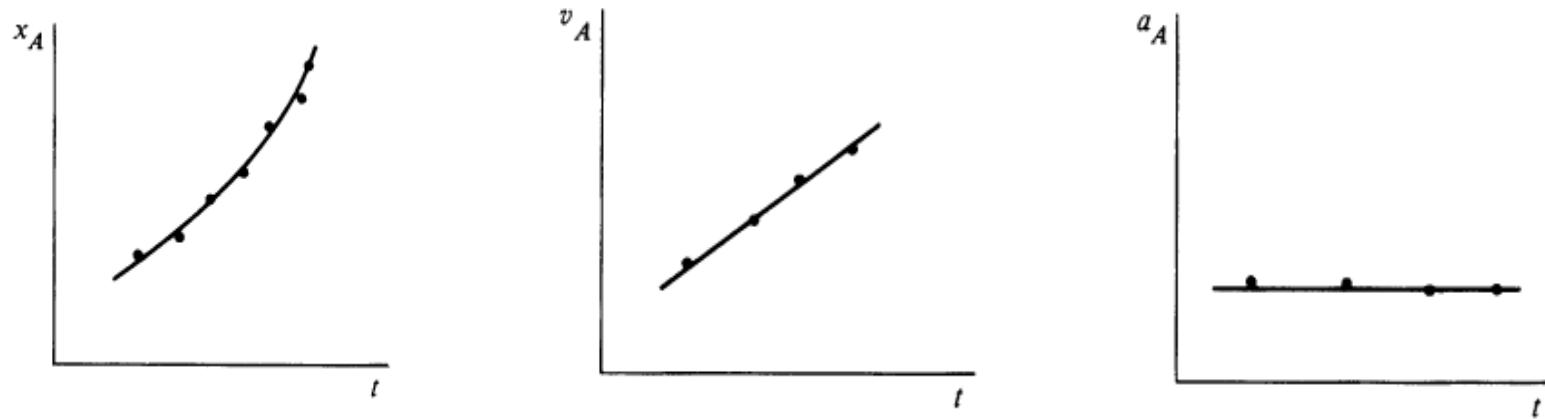
Notemos que la segunda Ley de Newton  $\vec{F} = m\vec{a}$  sólo es válida en sistemas inerciales.

Ejemplo, Astronauta en el espacio



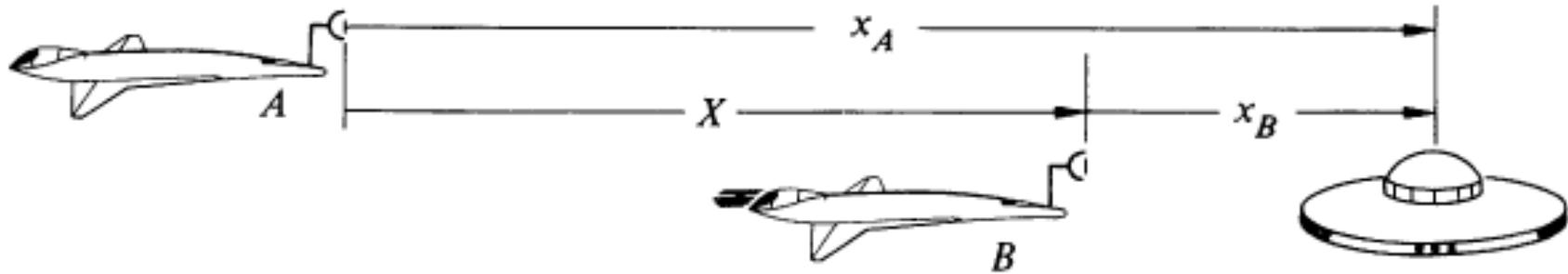
El capitán de la nave A fija el origen de su sistema de coordenadas fijo a la nave y mide la distancia a al platillo en función del tiempo a través de la coordenada  $x_A(t)$ .

De  $x_A(t)$  el calcula la velocidad  $v_A = \dot{x}_A(t)$  y la aceleración  $a_A = \ddot{x}_A(t)$ . El resultado es mostrado en los siguientes gráficos:

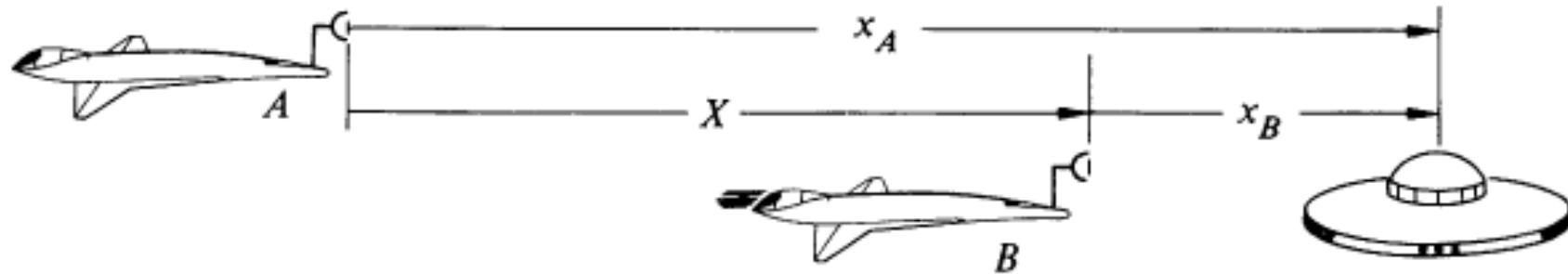


El capitán A concluye entonces que la aceleración del platillo es  $a_A = 1000 \text{ m/s}^2$  y por lo tanto asume que la fuerza sobre este es  $F_A = Ma_A$  donde  $M$  es la masa del platillo.

El capitán B realiza el mismo procedimiento y encuentra que la aceleración es  $a_B = 950 \text{ m/s}^2$  concluyendo entonces que la fuerza sobre el platillo es  $F_B = Ma_B$ .

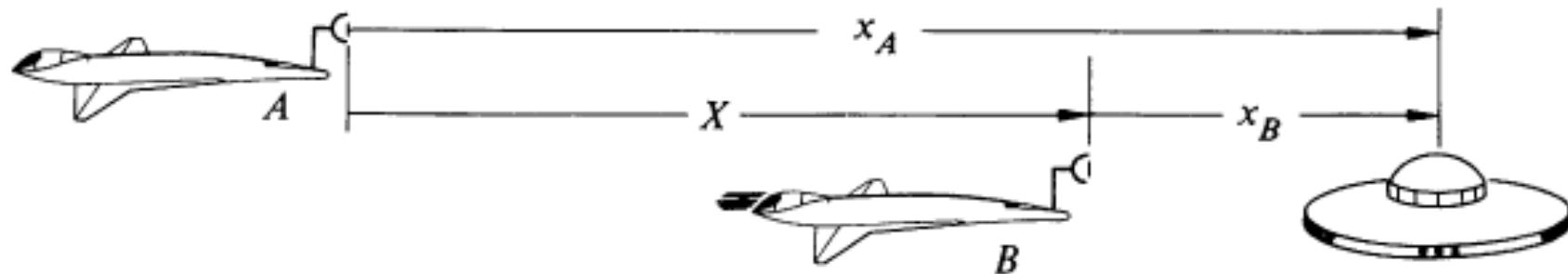


Pero los capitanes A y B conocen muy bien las leyes de Newton y saben que son válidas solamente en sistemas inerciales. ¿Cómo pueden decidir si sus sistemas son o no inerciales?



El capitán A comprueba que todos sus motores están apagados. Al ver que realmente lo están, él sospecha que no está acelerando y que su nave espacial define un sistema inercial. Para chequear que realmente este es el caso él realiza un simple experimento. Él observa que un lápiz, dejado cuidadosamente en reposo flota sin moverse y concluye que la aceleración del mismo es despreciable y que él está en un sistema inercial

¿Qué podemos decir acerca de las observaciones realizadas por el capitán B?



$$x_A(t) = x_B(t) + X_{AB}(t)$$

$$\ddot{x}_A = \ddot{x}_B + \ddot{X}_{AB}$$

$$F_{real} = M\ddot{x}_A$$

$$F_{B, \text{aparente}} = M\ddot{x}_B$$

}

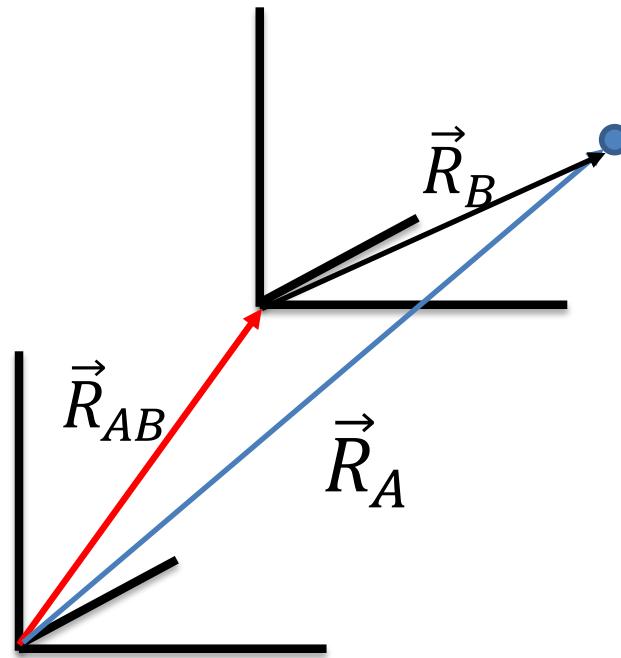
$$F_{B, \text{aparente}} = F_{real} - M\ddot{X}_{AB}$$

$$F_{B, \text{aparente}} = F_{\text{real}} - M\ddot{X}_{AB}$$

Esto es, B no mide la fuerza real al meno que  $\ddot{X}_{AB} = 0$ . Sin embargo,  $\ddot{X}_{AB} = 0$  sólo cuando B se mueve uniformemente en relación a A. Como sospechamos este no es el caso en este ejemplo. El capitán B ha dejado los motores encendidos y está acelerando en relación a A a  $50 \text{ m/s}^2$ . Después de apagar los motores él obtendrá el mismo valor de la fuerza obtenido por A.

En 3-D

$\vec{R}_{AB}$  es el vector del origen de un sistema inercial (A) al origen de otro sistema de coordenadas



$$\vec{R}_A(t) = \vec{R}_B(t) + \vec{R}_{AB}(t)$$

$$\vec{F}_{aparente} = \vec{F}_{real} - M\vec{a}_{AB}.$$

$$\vec{a}_A(t) = \vec{a}_B(t) + \vec{a}_{AB}(t)$$

# Algoritmo de solución

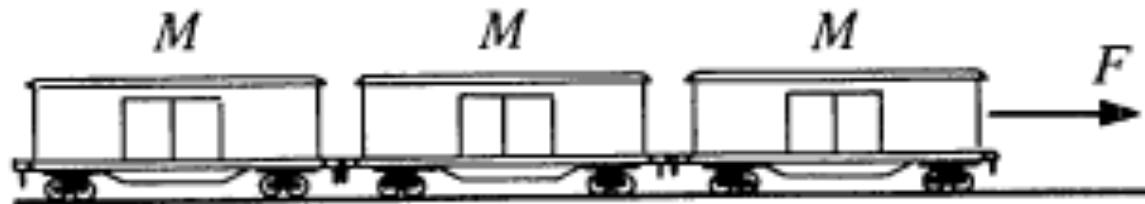
- Identificar los cuerpos
- Identificar todas las fuerzas que actúan sobre cada uno de los cuerpos
- Escoger un sistema de coordenadas adecuado
- Representar las fuerzas y aceleraciones en dicho sistema

**Ejemplo 1:** Dos astronautas que se encontraban inicialmente en reposo en el espacio comienzan a halarse mutuamente a través de una cuerda. Sus masas son  $M_A$  y  $M_B$  y la masa de la cuerda  $m_c$  es despreciable. El astronauta A, más fuerte que B puede halar a este con una fuerza máxima  $F_A$  mayor que  $F_B$  la fuerza máxima con que B podría halar a A.



Encuentre el movimiento de cada astronauta.

## Ejemplo 2: Tren de carga



Tres vagones de carga de masa  $M$  son empujados por una fuerza  $F$  por una locomotora. La fricción es despreciable. a) Encontrar la aceleración del sistema. b) Encontrar la fuerza sobre cada carro.

**Ejemplo 3:** Considere el sistema de dos cuerpos atados a una cuerda de masa despreciable que pasa por una polea de radio  $R$  tb de masa despreciable.

a) calcular la aceleración de los bloques

b) calcula la tensión en la cuerda.

