



¿Cuánto pesas cuando estás cayendo?



Bert Janssen

Dpto. de Física Teórica y del Cosmos &
Centro Andaluz de Física de Partículas Elementales

Índice de la charla

1. La gravedad y la velocidad de caída
2. ¿Cómo sabemos si nos estamos moviendo?
3. ¿Cómo sabemos si nos estamos cayendo?
4. Conclusiones

1. La gravedad es la fuerza más familiar

Hace que las cosas se caigan...



1. La gravedad es la fuerza más familiar

Hace que las cosas se caigan...



Hace que las cosas tengan peso...

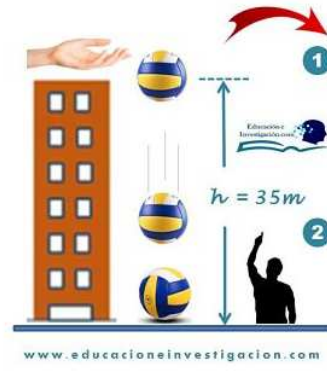


Define lo que llamamos arriba y abajo...



Es la fuerza más estudiada en cursos de Física

2.- ¿Cuánto tarda en caer un balón de voleibol desde lo alto de un edificio de 35 m?
Tómese la **gravedad $9,8 \text{ m/s}^2$**

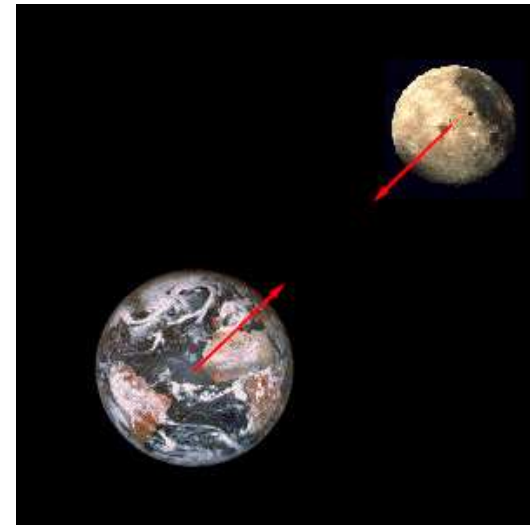


1 **Datos:**
 $t = ?$
 $h = 35 \text{ m}$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

2 **Fórmula**
 $h = \frac{g \cdot t^2}{2}$
Despejamos t
 $t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$

3 **Procedimiento**
 $t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$
 $t = \sqrt{\frac{2 \cdot 35 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}}$
 $t = \sqrt{\frac{70 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}}$
 $t = \sqrt{7,14 \text{ s}^2}$
 $t = 2,67 \text{ Seg}$

www.educacioneinvestigacion.com



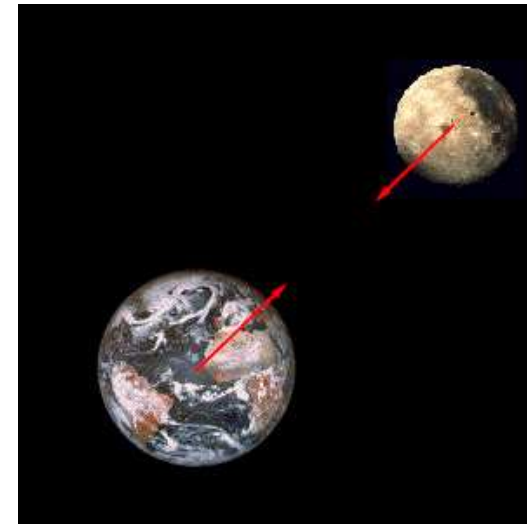
Es la fuerza más estudiada en cursos de Física

2.- ¿Cuánto tarda en caer un balón de voleibol desde lo alto de un edificio de 35 m?
Tómese la **gravedad $9,8 \text{ m/s}^2$**

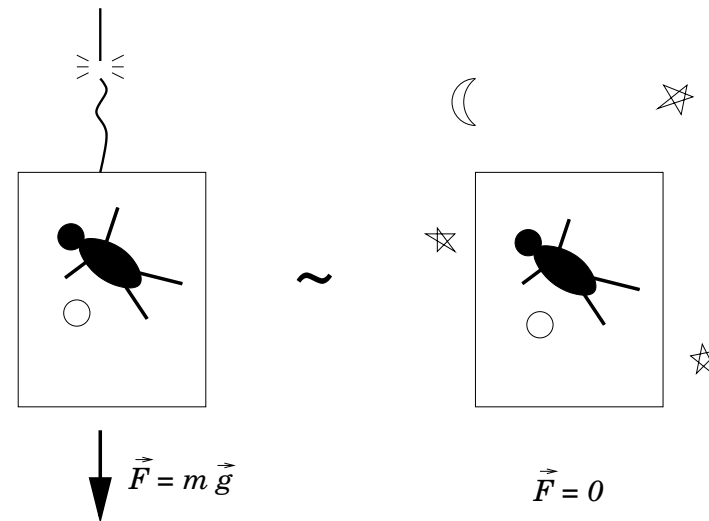
1 Datos:
 $t = ?$
 $h = 35 \text{ m}$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

2 Fórmula
 $h = \frac{g \cdot t^2}{2}$
 Despejamos t
 $t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$

3 Procedimiento
 $t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$
 $t = \sqrt{\frac{2 \cdot 35 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}}$
 $t = \sqrt{\frac{70 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}}$
 $t = \sqrt{7,14 \text{ s}^2}$
 $t = 2,67 \text{ Seg}$



Hoy vamos a ver la gravedad desde un punto de vista distinto



Velocidad de la caída

¿Qué cae más rápido: una pluma o una bola?

¿Por qué?

¿Y en la Luna?



Velocidad de la caída

¿Qué cae más rápido: una pluma o una bola?

¿Por qué?

¿Y en la Luna?



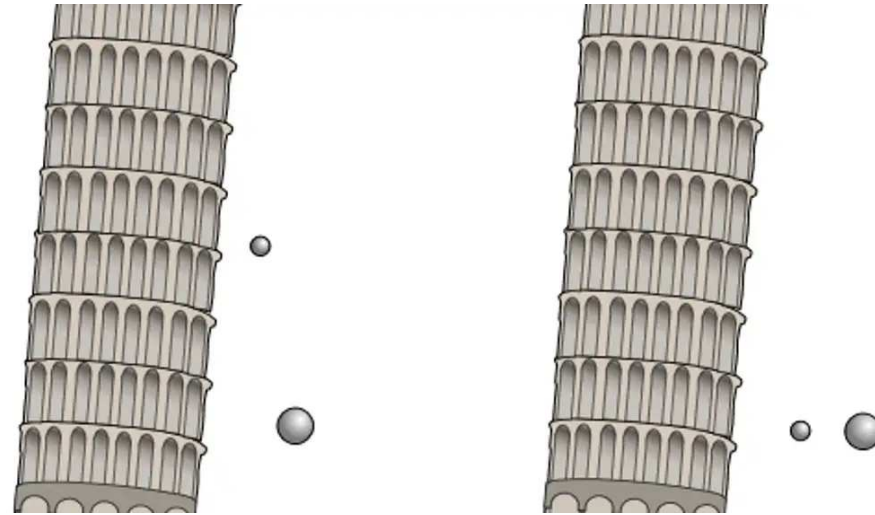
¿Con qué velocidad se caen las cosas?

$$z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + h_0$$

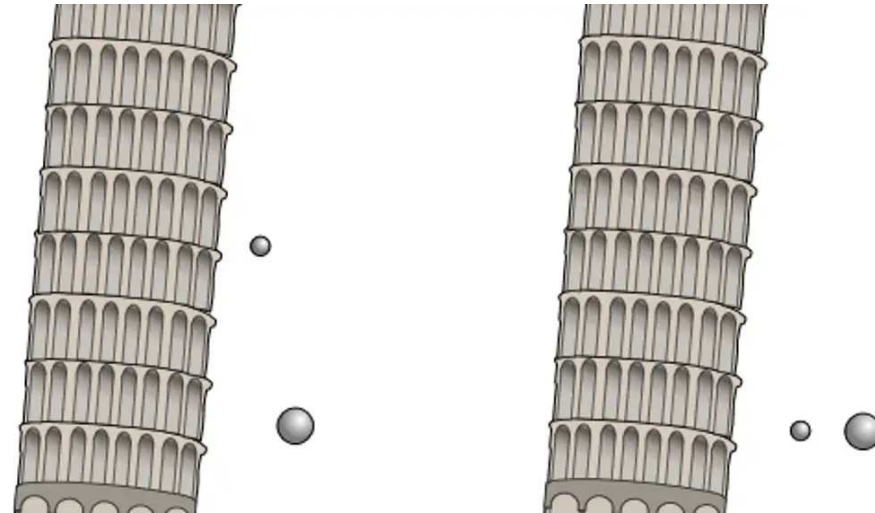
$$v(t) = -gt$$

→ **Universalidad de la Caída Libre**

Leyenda: experimento de Galileo Galilei en la Torre de Pisa alrededor de 1600



Leyenda: experimento de Galileo Galilei en la Torre de Pisa alrededor de 1600

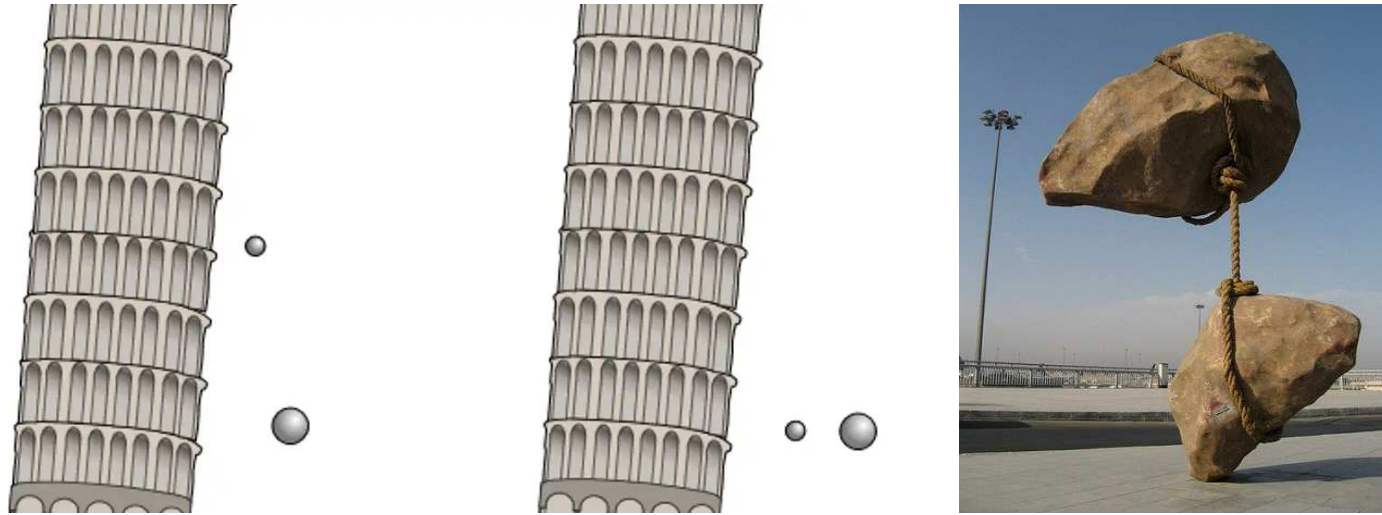


Realidad histórica: planos inclinados y Simón Stevín (1586)



... sino que caerán tan juntos encima de la tabla que los sonidos de ambas parecen un solo golpe.

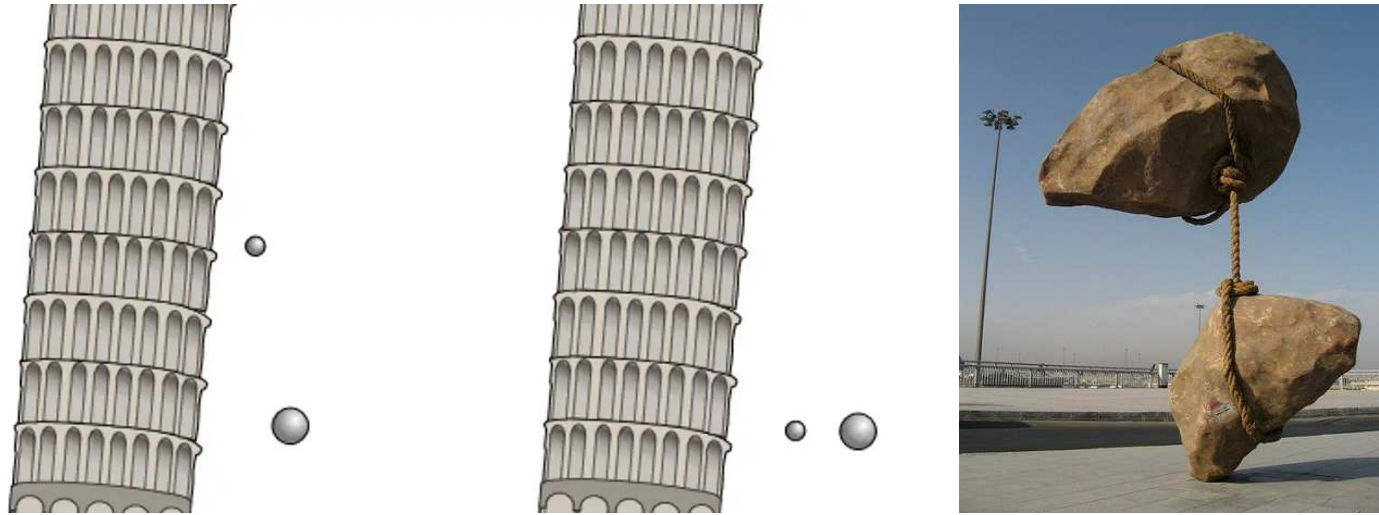
Experimento mental de Galilei:



Demostración de Universalidad de la Caída Libre: Experimento de piedras atadas

- Supongamos que velocidad depende de peso.

Experimento mental de Galilei:

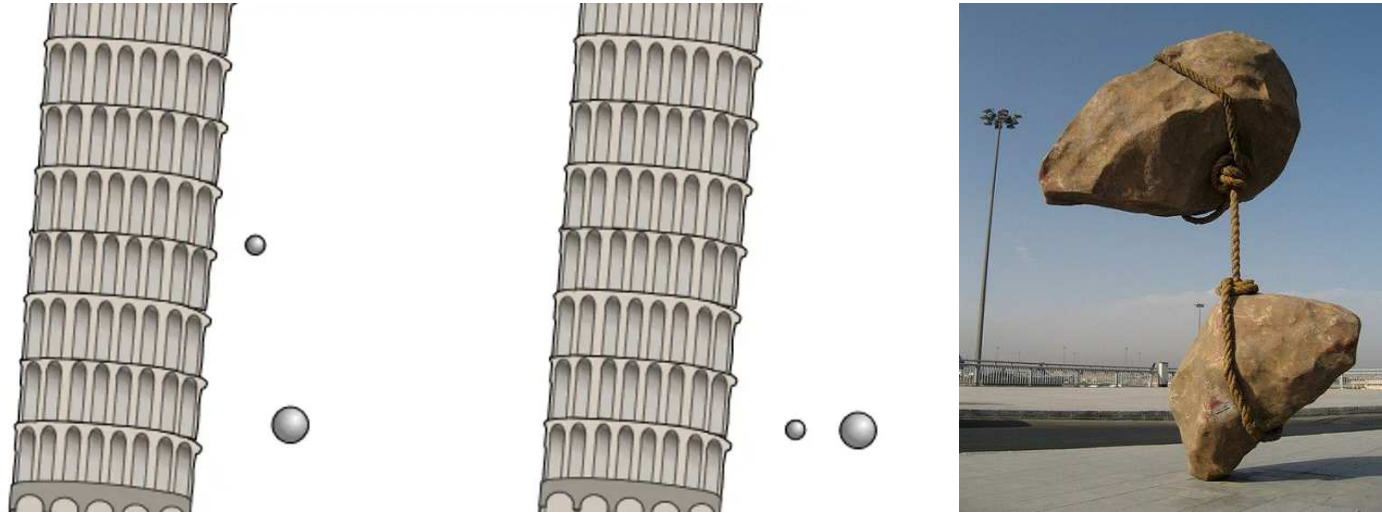


Demostración de Universalidad de la Caída Libre:

Experimento de piedras atadas

- Supongamos que velocidad depende de peso.
- Piedra grande acelera pequeña. Piedra pequeña frena grande
→ Cae con velocidad entremedia

Experimento mental de Galilei:



Demostración de Universalidad de la Caída Libre:

Experimento de piedras atadas

- Supongamos que velocidad depende de peso.
- Piedra grande acelera pequeña. Piedra pequeña frena grande
→ Cae con velocidad entremedia
- Conjunto pesa más que piedra grande
→ Cae con velocidad más grande que cada una suelta
→ **Contradicción!**

2. ¿Cómo sabemos si nos estamos moviendo?



2. ¿Cómo sabemos si nos estamos moviendo?



→ ¿y en ausencia de puntos de referencia?





?
←

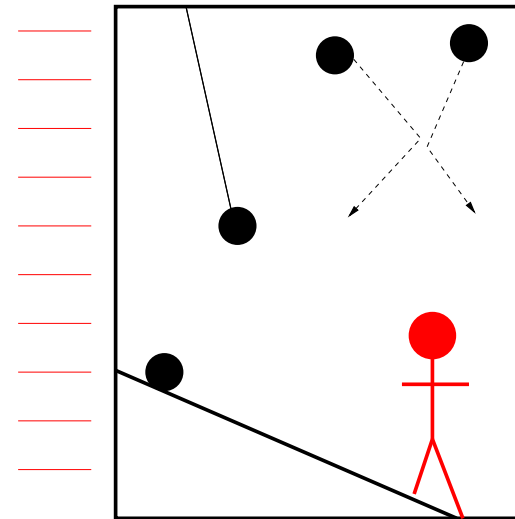
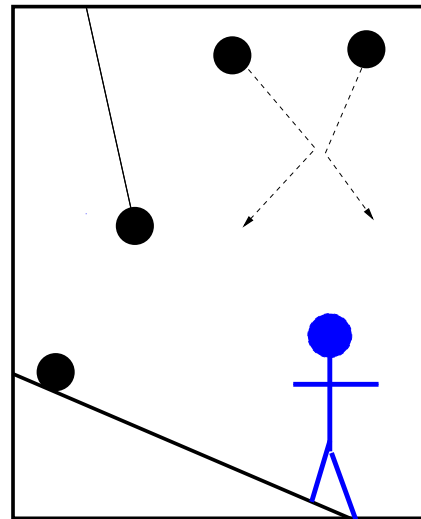


?
→

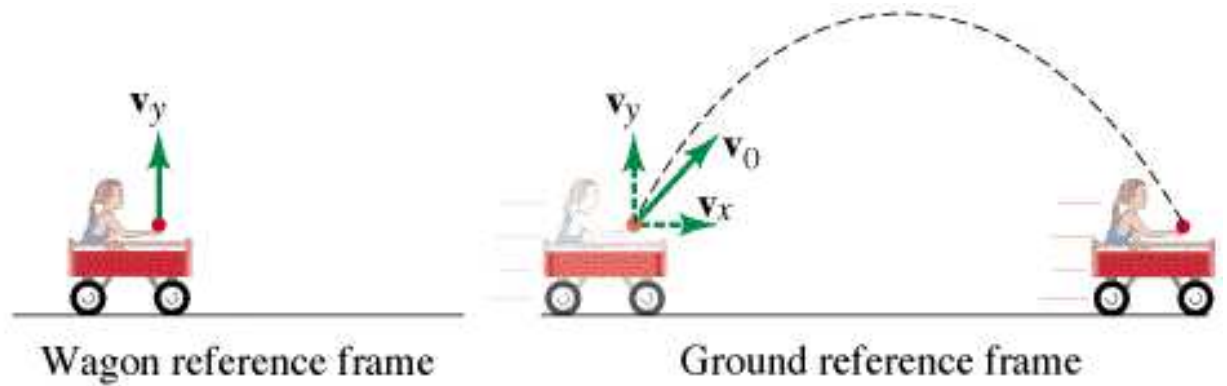
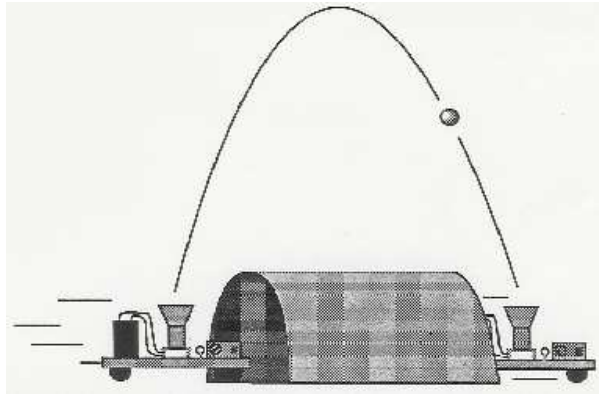




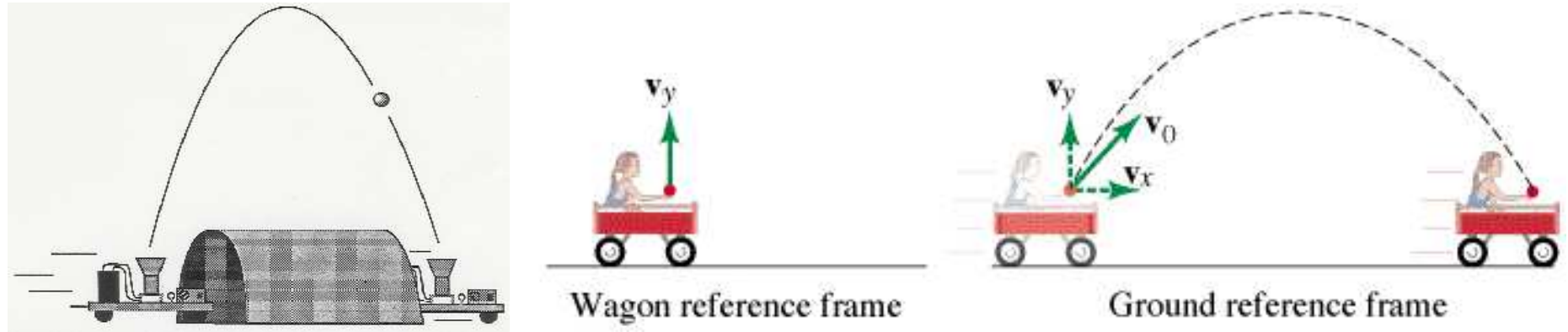
Principio de la Relatividad: Es imposible determinar a base de experimentos físicos si un sistema de referencia está en reposo o en movimiento uniforme rectilíneo.



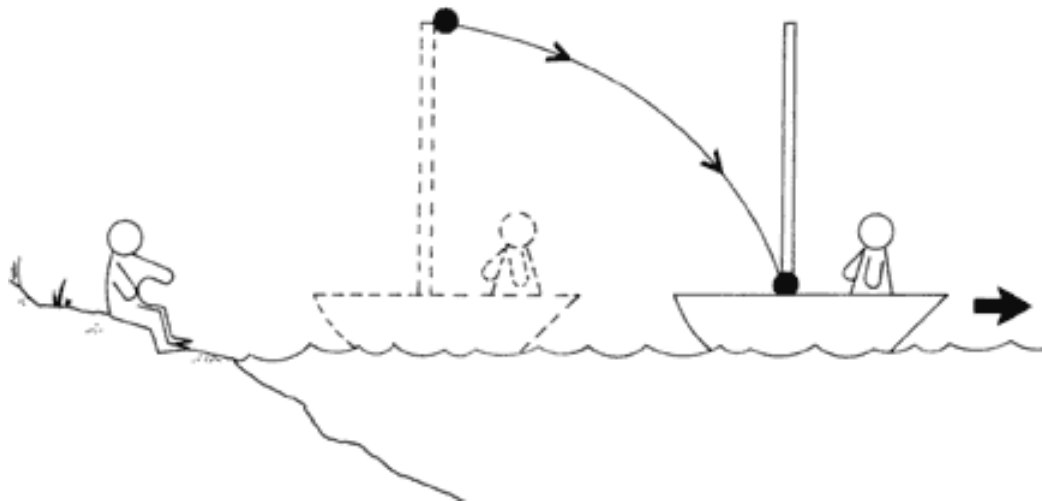
Todo depende del punto de vista desde donde se mire



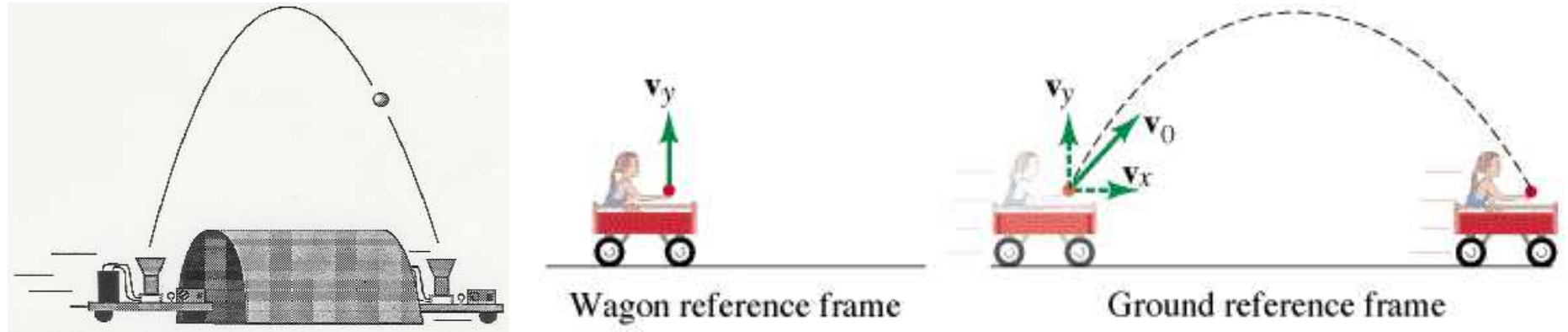
Todo depende del punto de vista desde donde se mire



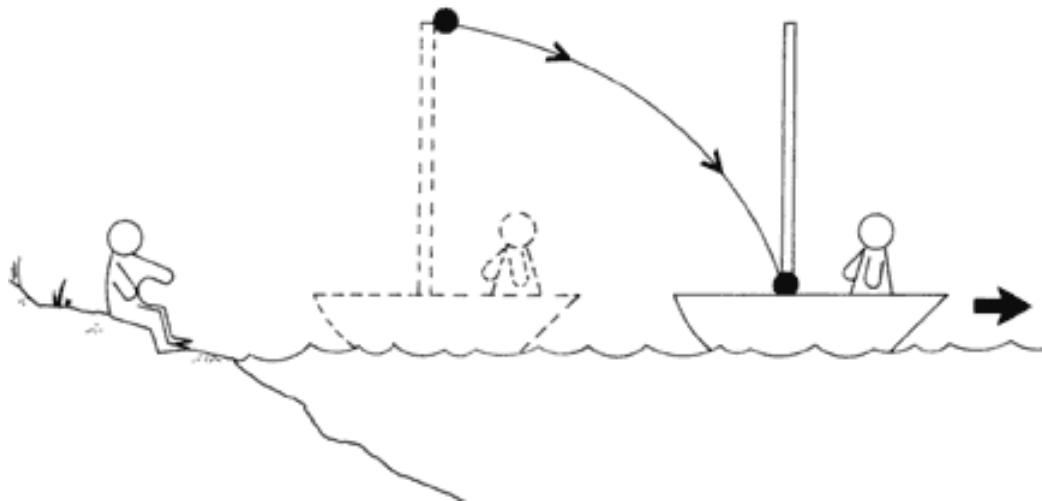
Lanzamiento vertical y tiro parabólico son **distintos puntos de vista**



Todo depende del punto de vista desde donde se mire



Lanzamiento vertical y tiro parabólico son **distintos puntos de vista**



→ Un observador en MUR **ve la misma física** que en reposo

Reposo absoluto y movimiento absoluto no existen
Solo existe reposo relativo y movimiento relativo



Solo es cierto para reposo y movimiento uniforme rectilíneo
Los cambios de velocidad son fácilmente detectables



Efectos de inercia delatan cambios de movimiento

3. ¿Cómo sabemos si estamos cayendo?

¿Notamos cuando hay gravedad?



3. ¿Cómo sabemos si estamos cayendo?

¿Notamos cuando hay gravedad?



Peso: fuerza de atracción gravitatorio de la Tierra, $P = m g$

3. ¿Cómo sabemos si estamos cayendo?

¿Notamos cuando hay gravedad?



Peso: fuerza de atracción gravitatorio de la Tierra, $P = m g$

¿Notamos cuando estamos cayendo?



¿Cuánto pesamos cuando caemos?

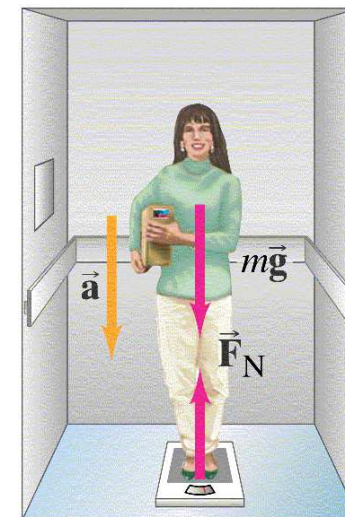
¿Notamos la diferencia entre caer y flotar?



¿Notamos la diferencia entre caer y flotar?



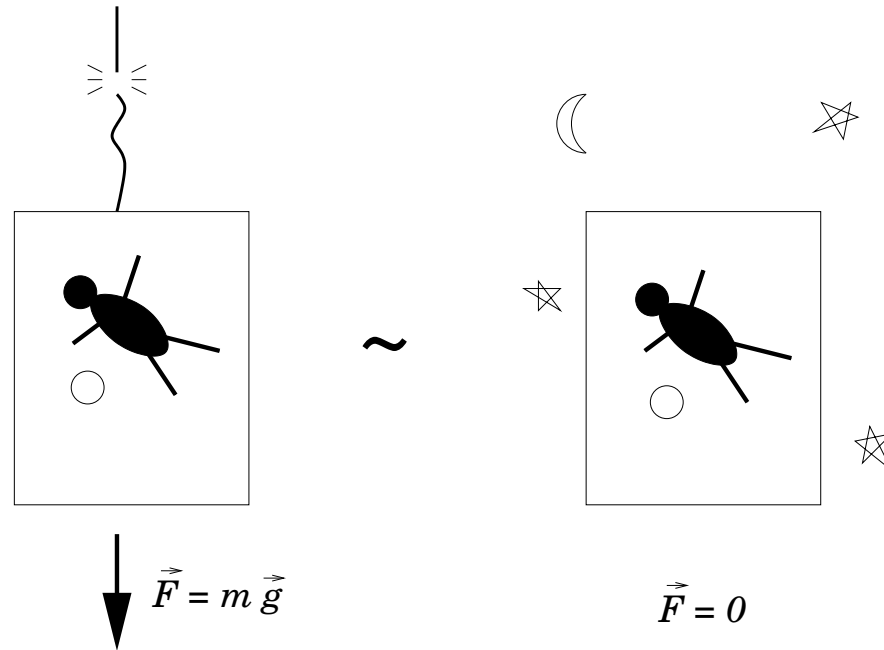
Experimentos en un ascensor:



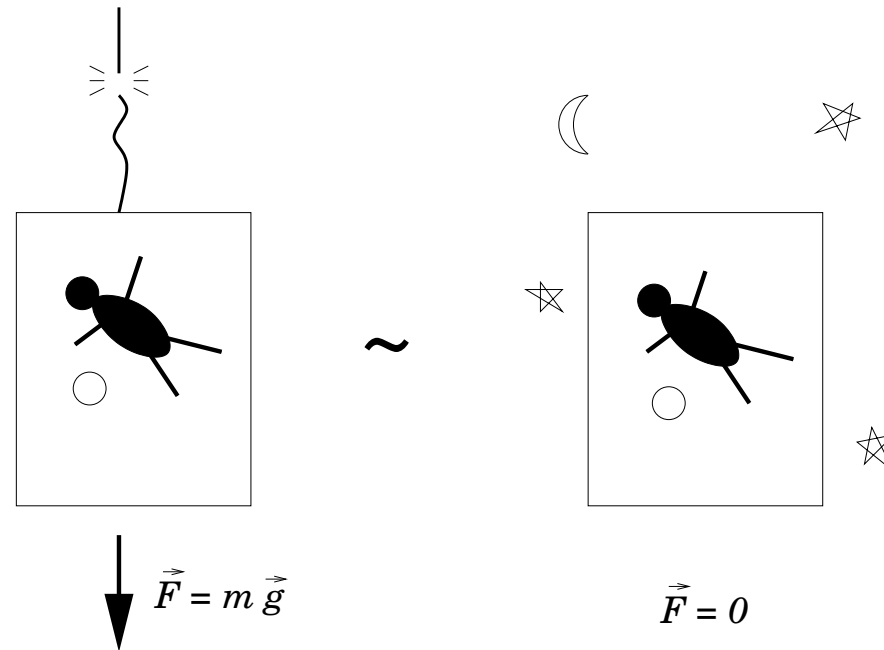
El peso se puede aumentar o disminuir con aceleraciones...

La fuerza gravitatoria se puede aumentar o disminuir con aceleraciones...

Hasta tal punto que...



Hasta tal punto que...

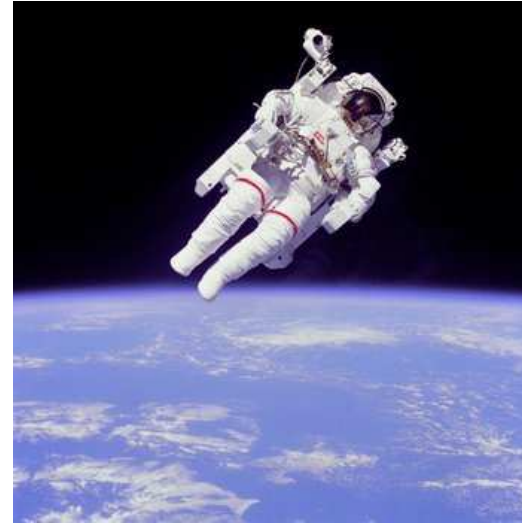


Principio de Equivalencia:

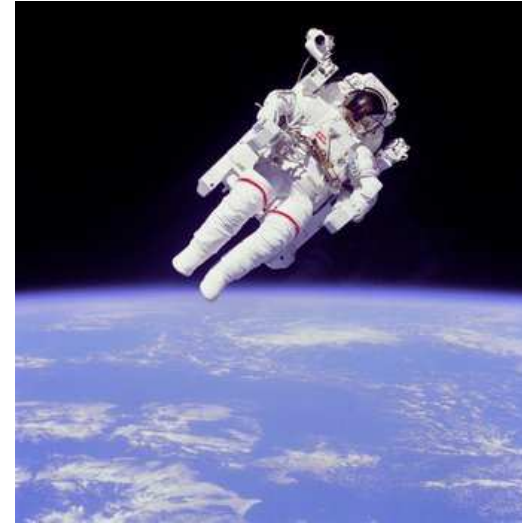
Un observador en caída libre es indistinguible de un observador inercial en ausencia de gravedad

- Caer es lo mismo que flotar!
- En caída libre, tenemos peso cero!

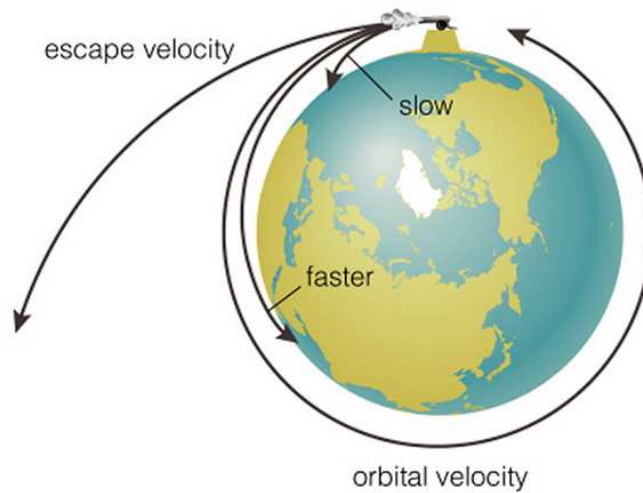
En realidad no hay tanta diferencia entre...



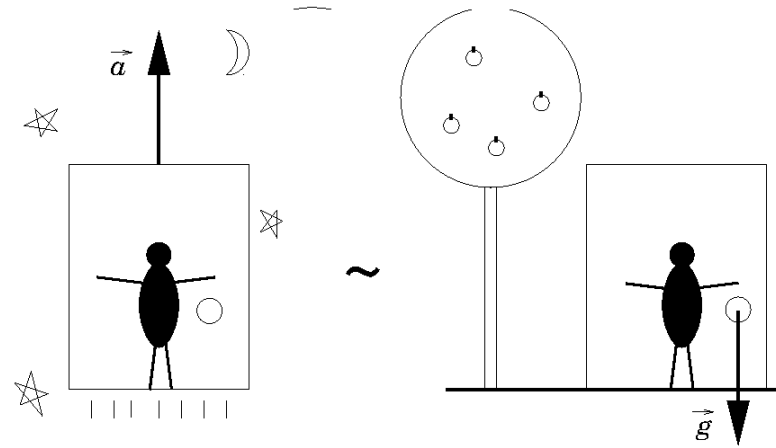
En realidad no hay tanta diferencia entre...



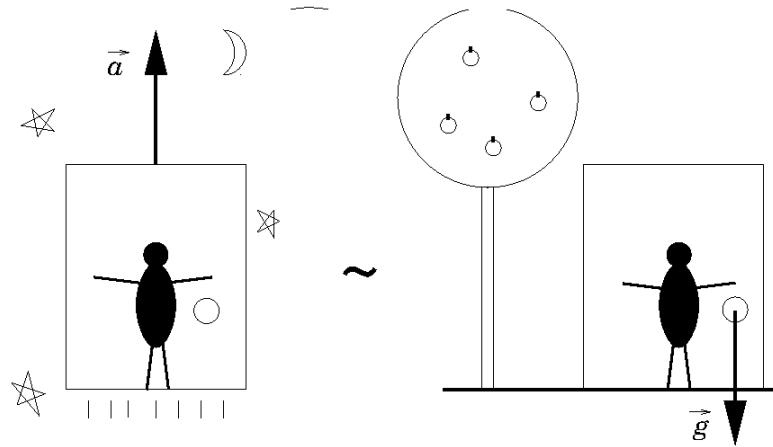
Los astronautas no tienen peso, porque están cayendo alrededor de la Tierra



Se puede dar la vuelta al argumento:

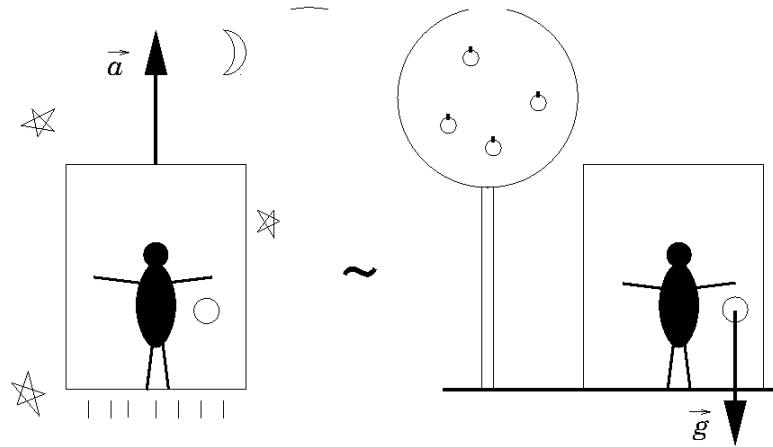


Se puede dar la vuelta al argumento:



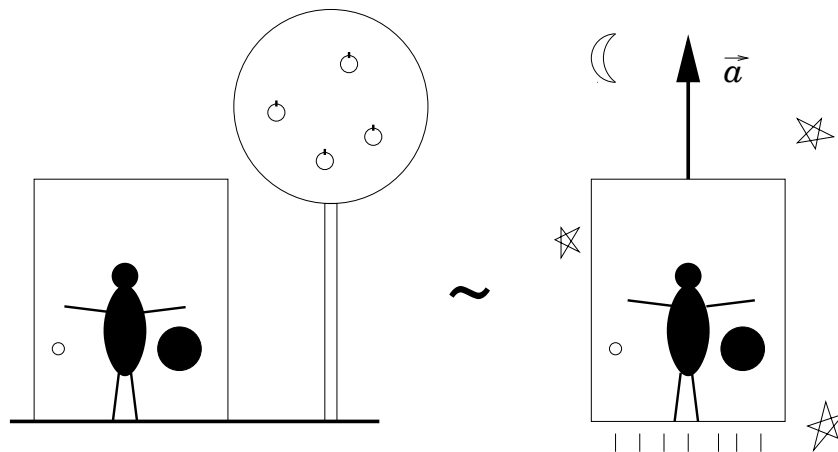
Un observador acelerado es *localmente* indistinguible de un observador en reposo en campo gravitatorio

Se puede dar la vuelta al argumento:



Un observador acelerado es *localmente* indistinguible de un observador en reposo en campo gravitatorio

Esto explica Universalidad de la Caída Libre



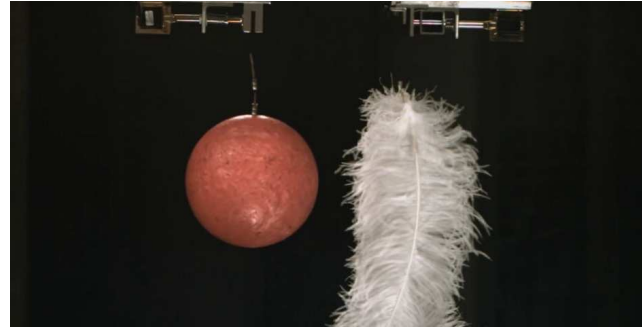
Conclusiones

- Universalidad de la Caída Libre: objetos caen con la misma velocidad



Conclusiones

- Universalidad de la Caída Libre: objetos caen con la misma velocidad



- Movimiento uniforme rectilíneo es indistinguible de reposo



Conclusiones

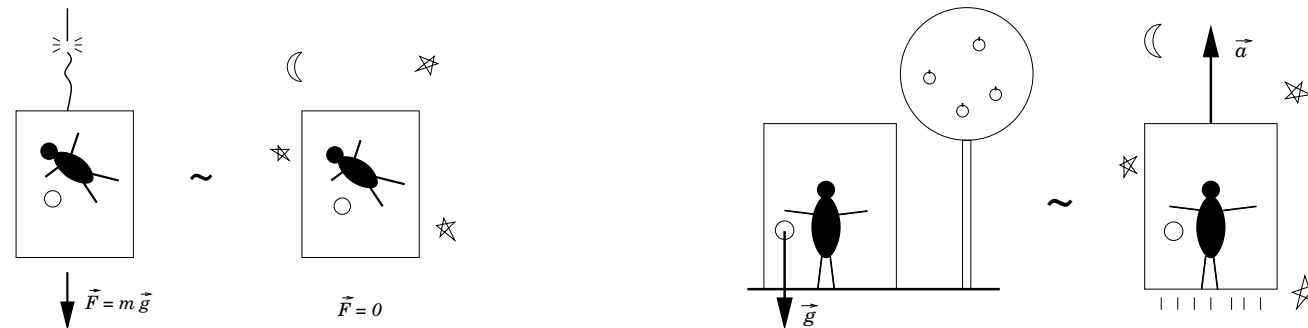
- Universalidad de la Caída Libre: objetos caen con la misma velocidad



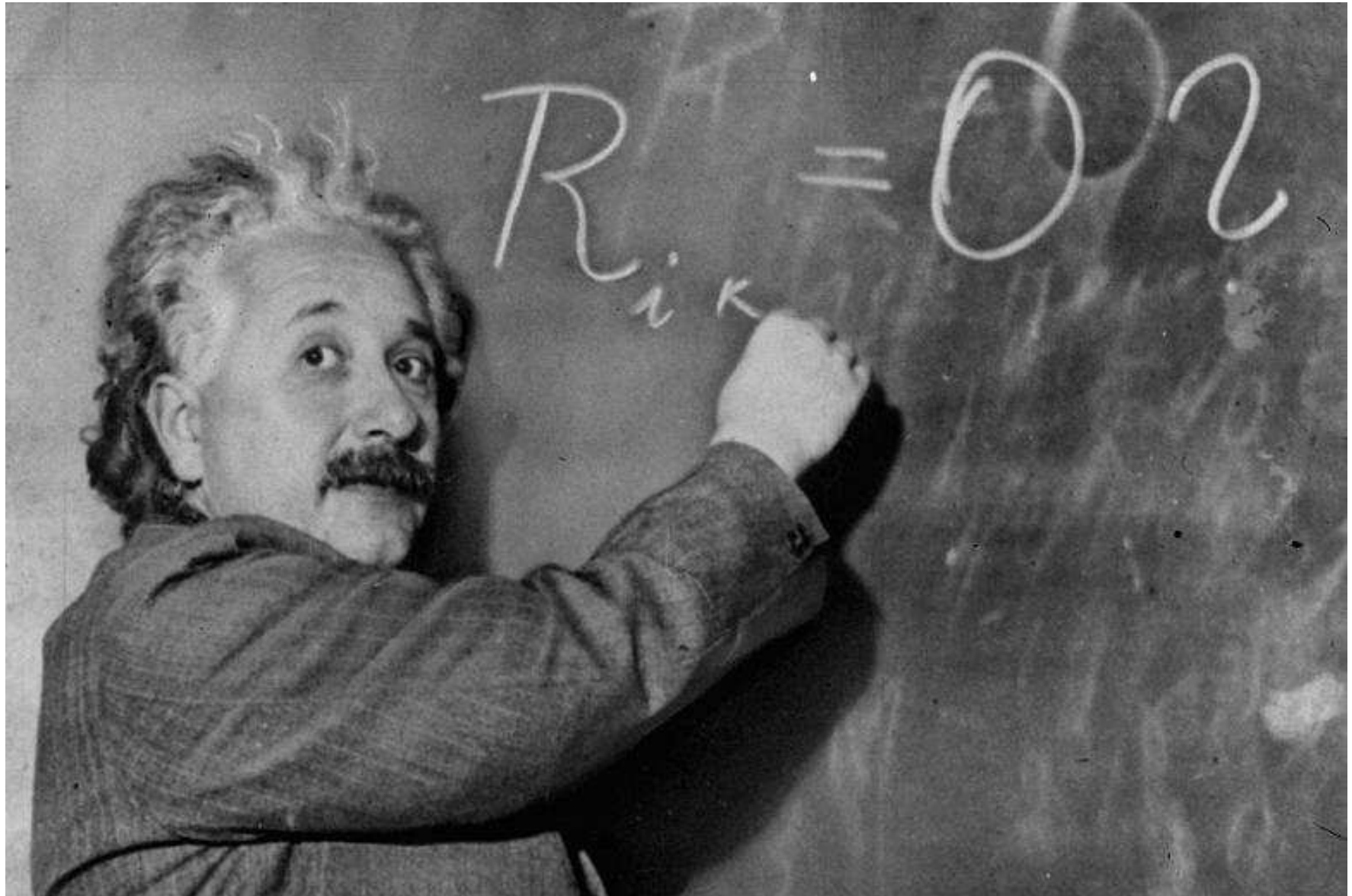
- Movimiento uniforme rectilíneo es indistinguible de reposo



- El campo gravitatorio se puede cambiar con aceleraciones



- Todo esto se recoge en la Teoría de la Relatividad (Especial y General)



¡Gracias por vuestra atención!

