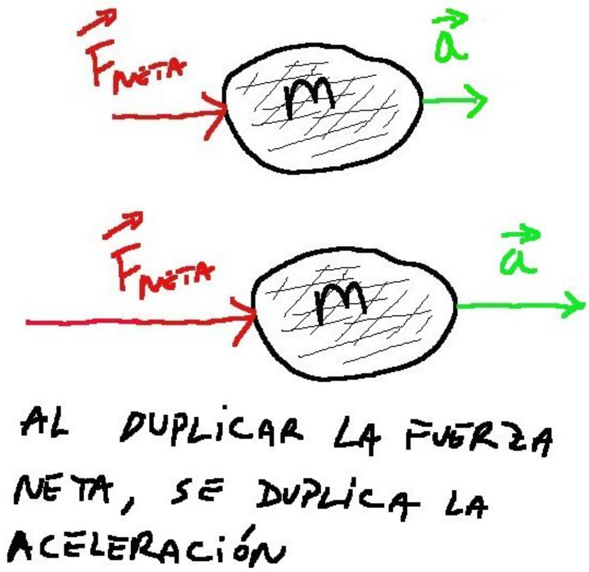
2da ley de Newton (y de yapa la 1ra) y caída libre

Segunda ley de Newton

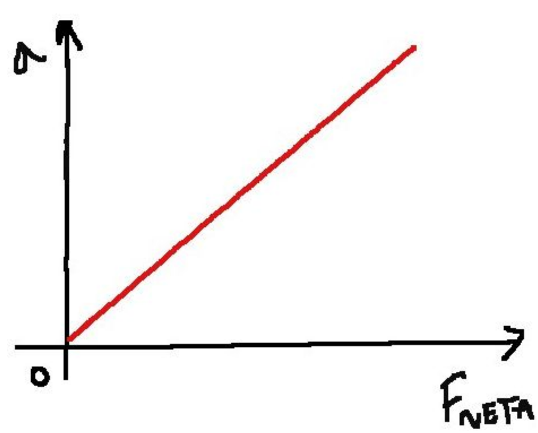
La segunda ley de Newton establece una relación entre la masa del cuerpo, la fuerza neta que actúa sobre él, y la aceleración adquirida por dicho cuerpo.

Más concretamente, si la masa del cuerpo no cambia en el tiempo, la segunda ley de Newton nos asegura que, **entre la aceleración y la fuerza neta existe una relación de proporcionalidad directa**. Pero, ¿qué significa "proporcionalidad directa"? Significa que si la fuerza neta se duplica. . .



se duplica la aceleración; si triplica la fuerza neta, la aceleración también se triplicará, o por el contrario, si la fuerza neta se reduce a la mitad, la aceleración también se reducirá a la mitad. . . y así sucesivamente.

Como la aceleración varía directamente proporcional con la fuerza neta, la gráfica aceleración contra fuerza neta tendría una "forma" como la que se muestra en el siguiente bosquejo.



Otra cosa a tener en cuenta (ver los dibujos de más arriba), es que la **fuerza neta le "hereda" su dirección y sentido a la aceleración**: los dos vectores "apuntan" para el mismo lado y se "apoyan" sobre una misma recta imaginaria.

Más aun, el módulo de la fuerza neta, la masa del cuerpo, y el módulo de la aceleración, se relacionan entre si mediante la ecuación:

$$a = \frac{F_{\text{neta}}}{m}$$

o equivalentemente mediante esta otra ecuación:

$$F_{\text{neta}} = m \cdot a$$

La ecuación de arriba nos facilita calcular la aceleración del cuerpo conocida la fuerza neta y la masa del cuerpo, y la ecuación de abajo, hace lo propio para calcular la fuerza neta, si conocemos la masa y la aceleración del cuerpo.

Finalmente, la segunda ley de Newton, **siempre que la masa de los cuerpos permanezca constante en el tiempo**, se expresa **vectorialmente** como:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{neta}}}{m} \quad \text{o bien:} \quad \vec{F}_{\text{neta}} = m \cdot \vec{a}$$

Primera ley de Newton

¿Qué pasaría si la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo es nula? Recuerden que la segunda ley de Newton dice que: "si hay fuerza neta, hay aceleración", y por lo tanto, cabe esperar como es lógico que, "si no hay fuerza neta, no hay aceleración". El razonamiento anterior lo podemos justificar de esta manera: Por la segunda ley de Newton (conocida la fuerza neta y la masa del cuerpo) la aceleración se puede calcular mediante la ecuación:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{neta}}}{m}$$

pero como la fuerza neta es cero ($\vec{F}_{\text{neta}} = \vec{0}$), entonces debe cumplirse que:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{neta}}}{m} = \frac{\vec{0}}{m} = \vec{0}$$

y concluimos así que: no hay aceleración si sobre el cuerpo no actúa la fuerza neta, en concordancia con el razonamiento hecho más arriba. Pero si el movimiento del cuerpo no es acelerado, el vector velocidad no cambia en el tiempo, lo que a su vez significa que la dirección, el sentido, y la rapidez con la que se mueve el cuerpo tampoco cambian, y solo hay un tipo de movimiento que cumple estos requisitos: el MRU.

Pasando en limpio, la primera ley de Newton nos dice que: **si la fuerza neta es nula, el cuerpo puede estar quieto (en reposo) o con MRU**, salvo que una fuerza externa lo saque de algunos de esos dos estados.

Falta responder ahora a la siguiente pregunta: ¿qué significa que la fuerza neta sea nula? Una posibilidad es que sobre el cuerpo no actúa ninguna fuerza, lo que significa que el cuerpo debería estar muy lejos de los cuerpos que puedan ejercer una fuerza sobre él, por ejemplo, llevando el cuerpo hasta el espacio intergaláctico, o dejándolo dentro de una “Tierra hueca” donde el campo de gravedad se hace cero. Aquí en la Tierra sería imposible (¿porqué?).

La otra posibilidad, la más realista y posible, es que todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, se equilibren entre si para que la fuerza neta sea nula.

La primera ley de Newton establece que: Si sobre el cuerpo no actúa ninguna fuerza, o alternativamente, sí actúan fuerzas sobre él pero se equilibran entre si, entonces el cuerpo estará en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme (MRU), hasta que una fuerza no equilibrada lo saque del estado de reposo o de MRU.

Caída libre

¿Qué pasaría si la **única fuerza que actúa sobre un cuerpo es su propio peso**? ¡El cuerpo se cae!, como todo el mundo sabe, y en este caso diríamos que el cuerpo esta en **caída libre**. Ahora, como la única fuerza que actúa sobre el cuerpo es su peso, entonces la fuerza neta coincide con la fuerza peso: ¡son la misma fuerza!

Matemáticamente lo anterior lo escribimos así:

$$\vec{F}_{\text{neta}} = \vec{P}$$

También sabemos por la segunda ley de Newton que el **valor** (=módulo) de la aceleración del cuerpo, debido a la fuerza neta, se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$a = \frac{F_{\text{neta}}}{m}$$

pero a la fuerza neta la podemos “cambiar” por el peso, o sea que la ecuación anterior la podemos re escribir como:

$$a = \frac{P}{m}$$

Es celebre el experimento de la torre de Pisa propuesto por Galileo: Consistía en dejar caer simultáneamente y a la misma altura dos cuerpos, uno más pesado que el otro, y constatar a “contra intuición” que los dos cuerpos tocan el piso al mismo tiempo. No hay documentación que de fe de que Galileo realizó el experimento que imaginó, pero Giovanni Riccioli, un astrónomo jesuita, si lo llevó a la practica, ¡y midió directamente la aceleración con la que caen los cuerpos por primera vez en la historia!
Lo irónico de todo esto, es que Riccioli llevó a la practica el experimento con el propósito de demostrar que Galileo se equivocaba: “el tiro le salió por la culata”... ¡Galileo tenía razón!

La ley de la caída libre de Galileo establece que: *Si dos o más cuerpos, partiendo de la mismas altura y con la misma velocidad, todo ellos estando en **caída libre**, tocan piso al mismo tiempo sin importar su masa (y por lo tanto de su peso), forma, y tamaño*.

Una consecuencia lógica de la ley de la caída libre enunciada por Galileo (y comprobada por Riccioli), es que *todos los cuerpos en caída libre deben acelerar de la misma manera*, ¿por qué?..

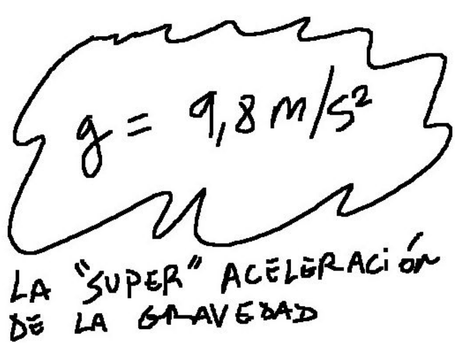
una pista:

$$a = \frac{P}{m} = \text{aceleración de un cuerpo en caída libre}$$

Antes de seguir, vean el siguiente video con la versión moderna del experimento que imaginó Galileo, y que llevó a la practica Riccioli.

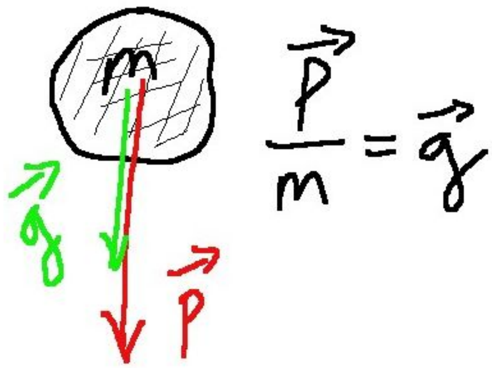
Pregunta. Según lo visto en el video de arriba, ¿qué tres condiciones deben cumplirse para que las plumas toquen piso al mismo tiempo que la bola de boliche?

A la aceleración especial con la que caen los cuerpos se le denomina aceleración de la gravedad, y la representamos con la letra "g". El valor de esta aceleración cambia con la latitud y la altura. A nivel del mar, en el ecuador alcanza su mínimo valor, y a medida que nos acercamos a los polos su valor crece. Sin embargo, a pesar de todo esto, se acepta como valor nominal que:



que es una "super" aceleración: se necesita un auto deportivo de alta gama para igualar esta aceleración. Para tener una idea, un cuerpo que esta en caída libre, partiendo del reposo, alcanza una velocidad aproximada de $106\,\mathrm{km/h}$ en tan solo 3 segundos.

Por otro lado, notar que la ecuación que aparece en éste dibujo de abajo, la podemos re escribir. . .



de esta otra manera:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

Por lo tanto, **podemos calcular el peso de un cuerpo multiplicando su masa por el valor de la aceleración de la gravedad**, ¿les resulta familiar?

Más aun, Galileo después de seguir un tortuoso camino[1] dedujo la siguiente ecuación:

$$v_f = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

siendo v_f la velocidad final[2] del cuerpo al instante de tocar piso, y h la altura desde la cual el cuerpo comenzaba a caer, siempre en el supuesto de que se trata de una **caída libre**.

El pobre de Galileo se murió sin saber el verdadero alcance de su ecuación, y es que vale para una amplia variedad de movimientos, ademas de la caída libre. Para este curso, la ecuación de Galileo se puede generalizar de la siguiente manera:

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + 2 \cdot a \cdot d}$$

siendo v_i la velocidad inicial del cuerpo, y d la distancia rectilínea recorrida por el cuerpo. Esta ecuación sera de utilidad cuando estudiemos los MRUA y los MRUD.

El MRU y los MRUVs

El MRU (movimiento rectilíneo uniforme) es el único movimiento en la naturaleza **no** acelerado... ¡lo que significa que cualquier otro movimiento es acelerado! Lo otro a tener en cuenta es que durante un MRU, el vector velocidad del cuerpo no cambia en el tiempo, es decir: su módulo, su dirección y su sentido, permanecen constante mientras dure dicho movimiento, lo que a su vez implica que: **la trayectoria seguida por el cuerpo es rectilínea, y en tiempos iguales el cuerpo recorre distancias iguales**.

Si el módulo de la velocidad en un MRU permanece constante, calcularlo es especialmente sencillo:

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{(solo para un MRU... o para tiempos menores a un pestañeo)}$$

siendo d la distancia recorrido por el cuerpo en un tiempo t.

[1]Vamos a ver que con el Principio de Conservación de la Energía Mecánica (que Galileo no conocía) es mucho más sencillo.
[2]Galileo asumía que el cuerpo comenzaba a caer con velocidad inicial cero ($v_i = 0$).

Los siguientes movimientos rectilíneos en complejidad, son el **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)**, y el **movimiento rectilíneo uniformemente desacelerado (MRUD)**, también conocidos (cualquiera de los dos) como movimientos rectilíneos uniformemente variados (MRUV).

En un MRUA, **en tiempos iguales la rapidez del cuerpo aumenta por igual**, mientras que en un MRUD, **en tiempos iguales, la rapidez disminuye por igual**, lo que implica en cualquiera de los dos casos, **que el vector aceleración es constante**.

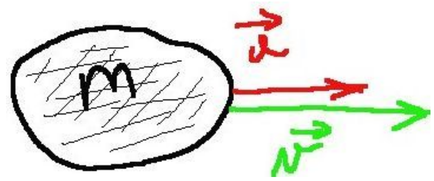
Ya vimos un ejemplo de MRUA: ¡la caída libre rectilínea!

¿Pero que significa: "en tiempos iguales la rapidez del cuerpo aumenta por igual"? Significa por ejemplo, que por cada 1 segundo, la rapidez del cuerpo aumenta (supongamos) en 2 metros por segundo.

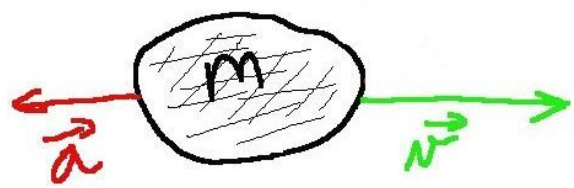
Pregunta: según la definiciones dadas para el MRUA y para el MRUD, ¿cómo serían los bosquejos de las graficas aceleración contra tiempo (a vs t), y velocidad contra tiempo (v vs t), para estos dos movimientos?

Pero, ¿cómo se relacionan el vector velocidad con el vector aceleración en los MRUAs y MRUDs, "vectorialmente hablando"?

En un MRUA los vectores velocidad y aceleración tienen la misma dirección y sentido ("apuntan para el mismo lado")...



y **en un MRUD, los vectores velocidad y aceleración tienen igual dirección pero sentidos opuestos** ("apuntan para lados contrarios")

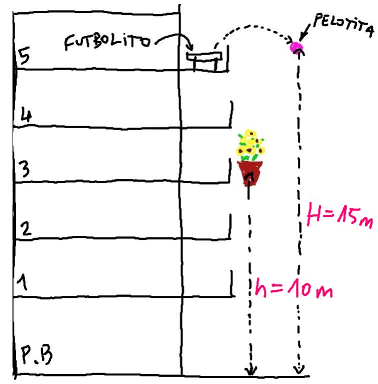


En "resumidas cuentas"...

resulta la siguiente tabla:

MRU	MRUA	MRUD
$\vec{v} =$ constante	$\vec{a} =$ constante	$\vec{a} =$ constante.
En tiempos iguales, el cuerpo recorre distancias iguales.	En tiempos iguales, la rapidez del cuerpo aumenta por igual.	En tiempos iguales, la rapidez del cuerpo decrece por igual.

Parte de la historia esta basada en hechos reales. Dos primos están jugando con un futbolito en el balcón de un quinto piso de un edificio. En el fragor del juego, la pelotita se sale del futbolito superando la baranda para caer al "vacío" (vamos a suponer que es una caída libre).



1. En el instante en que la pelotita pasa por el tercer piso, una gata pecha una maceta situada en el balcón, la cual comienza a caer al "vacío". ¿La pelotita y la maceta tocan piso?..

   a) al mismo tiempo.

   b) la maceta llega antes que la pelotita.

   c) la pelotita llega antes que la maceta.

   Explicar la respuesta elegida.
2. ¿Con qué velocidad tocan piso la pelotita y la maceta, sabiendo que la pelotita cae desde una altura $H = 15\,\mathrm{m}$, y la maceta desde una altura $h = 10\,\mathrm{m}$? Tip: Se puede calcular fácilmente con la ecuación de Galileo.
3. ¿Cuánto demoran la pelotita y la maceta en llegar al piso? Tip: Pueden usar la definición de aceleración, y la velocidad final calculada en el apartado anterior.