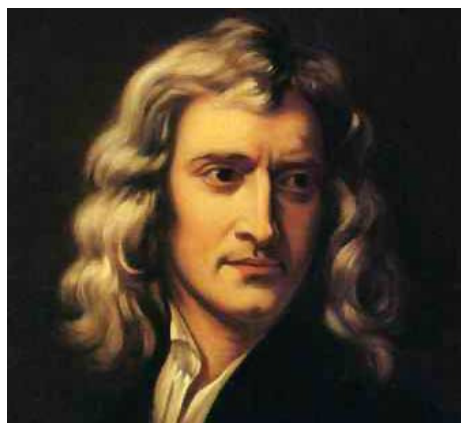


## **SOBRE LA MANZANA DE NEWTON**

Dicen que hace algo más de 300 años estaba Isaac Newton sentado a la sombra de un manzano, en amena conversación con su amigo y biógrafo William Stukeley, cuando una pequeña manzana se desprendió cayendo perpendicularmente a tierra.



Se asegura que las reflexiones de Newton sobre este fenómeno fueron importantes para establecer su ley de gravitación universal pero, siendo Newton una persona muy erudita, hace pensar que fueron análisis más profundos los que lo llevaron a escribir en su tratado PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATEMATICA, que todos los cuerpos se atraen con fuerzas que son proporcionales al producto entre sus masas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa.



Pero hablemos de la pequeña manzana. Si así fue, no se trataba de una manzana cualquiera. Era la manzana en la que se fijó Newton. Se merece, entonces, una consideración.

Ya es muy apreciada en las dietas alimenticias; una manzana de 100 gramos otorga 55 Kcal = 55.000 calorías al que se la come. En homenaje a la manzana de Newton, relacionaremos esta energía calórica con la gravitación universal.

En Física se sabe que todos los cuerpos en la vecindad de la tierra están sometidos a una fuerza de gravedad que es proporcional a sus masas, siendo la constante de proporcionalidad,

$$g = 9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

De este modo, la fuerza de gravedad sobre un cuerpo de masa  $M$  es:

$$F = Mg$$

Este es el peso del cuerpo cerca de la superficie de la Tierra. Este peso, dado que es constante, no depende de la altura sobre la superficie cerca de la tierra.

Para hacer mediciones en Física y poder analizar los resultados, debemos tener un sistema de unidades. Existe uno llamado MKS, en el cual las distancias se miden en metros, las masas en kilogramos y el tiempo en segundos. En este sistema, para una masa de 1 kilogramo la fuerza de gravedad es

$$F = Mg = 1 \times 9,8 \left[ \frac{kg \cdot m}{s^2} \right]$$

A la magnitud  $\left[ \frac{kg \cdot m}{s^2} \right]$  se la llamó Newton y se la designa por la letra  $[N]$ .

Una pequeña manzana tiene una masa aproximada de 102 gramos; su peso es:

$$F = Mg = 0,102 \times 9,8 \left[ \frac{kg \cdot m}{s^2} \right] = 0,9996 [N] \approx 1 [N]$$



A esta manzana de 102 gramos la llamaremos “manzana de Newton”.

La manzana de Newton pesa pues 1N.

En los problemas de la PSU<sup>1</sup> a la Tierra se le asigna una masa 2% mayor, de manera que se tenga

$$g = 10 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

Por lo tanto, en la PSU, la manzana de Newton tiene una masa de 100 gramos.

<sup>1</sup> PSU: Prueba de Selección Universitaria. Prueba que rinden alumnos en Chile para su ingreso a la Universidad.

Supongamos ahora que queremos levantar verticalmente una manzana de Newton desde la superficie de una mesa hasta una cierta altura. Sabemos que en este caso el trabajo realizado se obtiene al multiplicar la fuerza aplicada por la distancia recorrida. Para llevar la manzana de Newton hasta una altura  $h$  aplicamos una fuerza un poquito mayor que  $1\text{[N]}$  para que empiece a moverse y luego mantenemos la fuerza igual a  $1\text{[N]}$  para que suba lentamente hasta la altura deseada



Si  $h = 1\text{[m]}$ , el trabajo que hemos realizado es:

$$W = F \times d = M \times g \times h = 0,102 \times 9,8 \times 1\text{[N} \cdot \text{m]} = 0,9996\text{ [N} \cdot \text{m]} \approx 1\text{[N} \cdot \text{m]}$$

A la magnitud  $\text{[N} \cdot \text{m]}$  se la llama joule  $\text{[J]}$ , es decir  $1\text{[N} \cdot \text{m]} = 1\text{[J]}$ .

o también  $1\text{[J]} = 0,5\text{[N]} \cdot 2\text{[m]}$ , etc.

Por lo tanto subir a una manzana de Newton una altura de un metro exige gastar una energía igual a  $1\text{[J]}$ .

La Potencia se define como el trabajo realizado por unidad de tiempo:  $P = \frac{W}{t}$

Si levantamos 3 manzanas de Newton en 5 metros y lo hacemos en 5 segundos tendremos que lo hemos hecho con una potencia:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3 \cdot 5}{5} \left[ \frac{\text{J}}{\text{s}} \right] = 3 \left[ \frac{\text{J}}{\text{s}} \right]$$

A la magnitud  $\left[ \frac{\text{J}}{\text{s}} \right]$  se la conoce como Watt  $\text{[W]}$ .



Entonces, levantar una manzana de Newton en un metro requiere una energía de  $1\text{[J]}$  y si lo queremos hacer en un segundo, necesitamos una potencia de  $1\text{[W]}$ .

La idea intuitiva de lo que es un metro y un segundo la arrastramos desde que éramos niños. También la idea de lo que es una pequeña manzana. Pero no teníamos una idea concreta, con manzanas, de lo que es un Newton [N], un Joule [J] y un Watt [W].

Con las consideraciones de los párrafos anteriores podemos al menos imaginarnos lo que son las energías y las potencias involucradas en ciertas etiquetas; lo que es el gasto energético de los ejercicios físicos; lo que significa hervir una taza de agua; etcétera...

Sabemos ahora que:

1 [N] es lo que pesa la manzana de Newton (una pequeña manzana)

1 [J] es el trabajo que debemos realizar para levantar la manzana de Newton en un metro

1 [W] es la potencia cuando levantamos la manzana de Newton en un metro en un segundo

Antes de referirnos a algunos ejemplos concretos recordemos que el físico James Prescott Joule descubrió que 1 [J] correspondía a 0,24 calorías [cal], siendo una caloría la cantidad de energía requerida para aumentar en un grado Celsius la masa de un gramo de agua. Equivalentemente 1 [cal] corresponde a 4,184 [J] es decir a levantar la manzana de Newton en 4,184 metros.

Recordando que el campo gravitacional es conservativo, es decir, que la energía potencial que tiene un cuerpo de masa  $M$  sólo depende de su posición, podemos afirmar que el trabajo en levantar una masa en una cierta altura no depende de si lo hacemos lentamente o mediante un impulso. Podemos primero aplicar una fuerza mayor a  $Mg$  y luego el cuerpo sigue con su energía cinética, la que perderá por la acción de la fuerza de gravedad, llegando a detenerse a la altura deseada.

Recordemos que estamos despreciando todo tipo de roce.

### **Ejemplo 1:**

Como primer ejemplo, estimemos la energía que gasta una persona que da saltitos de 20 centímetros durante un tiempo  $t$ . Si su masa es de 60 kg su peso será de 588 [N], por lo tanto el trabajo que realiza en cada salto será de 117,6 [J], lo que equivale a perder 28,22 calorías. Esto equivale a elevar una manzana de Newton en 117,6 metros.



Si este deportista salta durante media hora dando un saltito cada segundo, habrá quemado una cantidad de calorías  $Q$ , dada por:

$$Q = 28,22 \cdot 1800 \text{ [cal]} = 50796 \text{ [cal]} = 50,8 \text{ [Kcal]}$$

Esta es aproximadamente la energía calórica que tiene una manzana de Newton.

Es claro que no estamos considerando la energía que se gasta en el esfuerzo de amortiguar el golpe al volver al suelo, pero se trata de una aproximación.

### Ejemplo 2

Otro ejemplo expone que, en el año 2010, Chile exportó el equivalente a 8.371.490.000 manzanas de Newton.

Si estimamos que una manzana de Newton es esférica y tiene un radio de 2,88 cm, su volumen será:

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot (2,88)^3 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}^3 \approx 100 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}^3 = 10^{-4} \text{ [m]}^3$$



Esto quiere decir que el volumen de la exportación de manzanas de Newton fue de:

$$V_{\text{exportación}} = 8.371.490.000 \cdot 10^{-4} \text{ [m]}^3 = 837.149 \text{ [m]}^3$$

El volumen del estadio nacional es aproximadamente, tomándolo como una superficie en forma de elipse, de 20 metros de alto:

$$V_{\text{estadio}} = \pi \cdot 60 \cdot 45 \cdot 20 \approx 169.646 \text{ [m]}^3$$

Es decir, podíamos llenar

$$N = \frac{837.149}{169.646} \approx 5 \text{ Estadios Nacionales con manzanas de Newton, con la exportación de ese año.}$$

**¿Qué otros ejemplos podemos imaginar con las manzanas de Newton?**