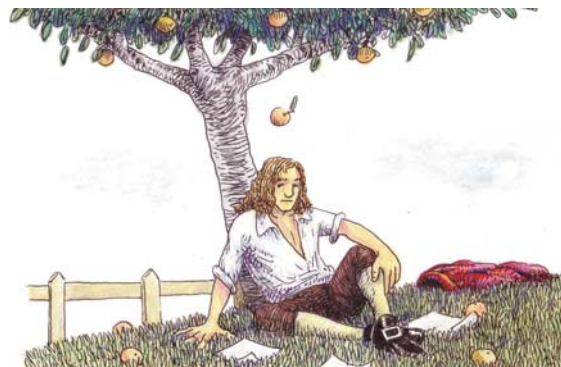
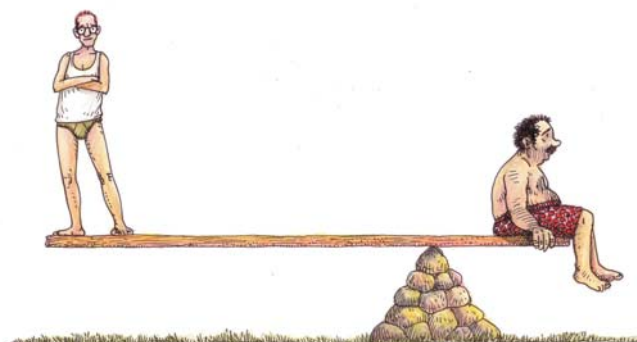




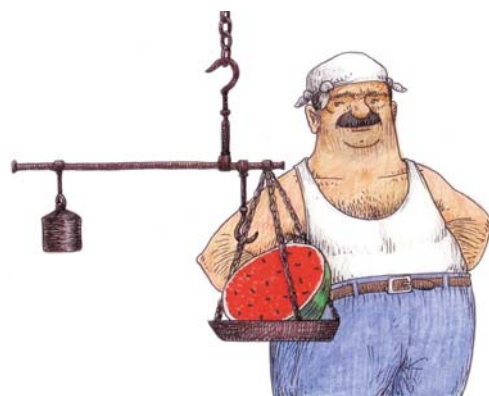
¿Qué tienen en común
un vendedor de sal de
hace 5000 años y Einstein?



¿qué pesa más,
un kilo de hierro o un kilo de paja?



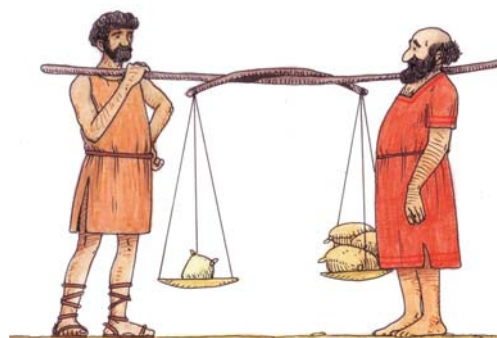
¿Quién dijo “Dadme un punto
de apoyo y moveré el mundo”?



¿La romana la
inventaron los romanos?



¿Es lo mismo tener
volumen que masa?



¿Sabes lo que es el
fiel de una balanza?

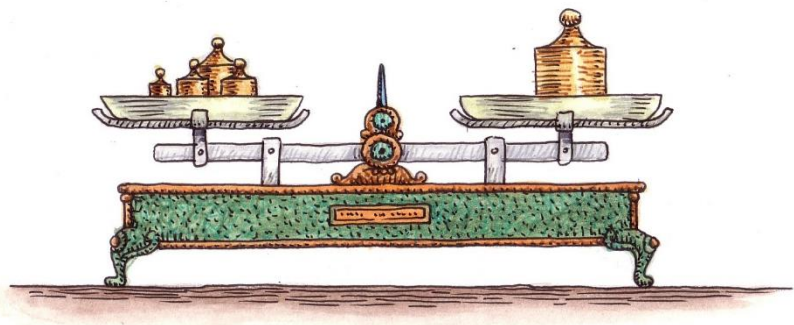
“Cuestión de masa” Guía Didáctica

“Cuestión de masa”

Exposición de diferentes tipos de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y de diversos aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

Contenido

Introducción.....	2
Todo empezó aquí: la balanza.....	5
El hierro y la paja.....	5
La Ley de la palanca	6
Una Romana poco romana	7
Arquímedes y el rey.....	9
¿Tengo mucho o poco volumen?	10
¡Denso, Denso!	10
¡Puf, qué pesado es el aire!.....	11
Balanzas Hidrostáticas	12
¿Una unidad fundamental?	14
La ley de los muelles.....	14
Pesar fruta en el ‘súper’	15
Doctor: ¿estoy muy grave?	15
Subir y Bajar	16
La balanza de todas las balanzas	17
Test: Comprueba lo que has aprendido.....	19
Soluciones al test	21
Catálogo de Balanzas y aparatos expuestos.....	22



Textos: José Luis Orantes

Dibujos: Gerardo Vacas

Cartel y maquetación: Juan Carlos de la Fuente



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

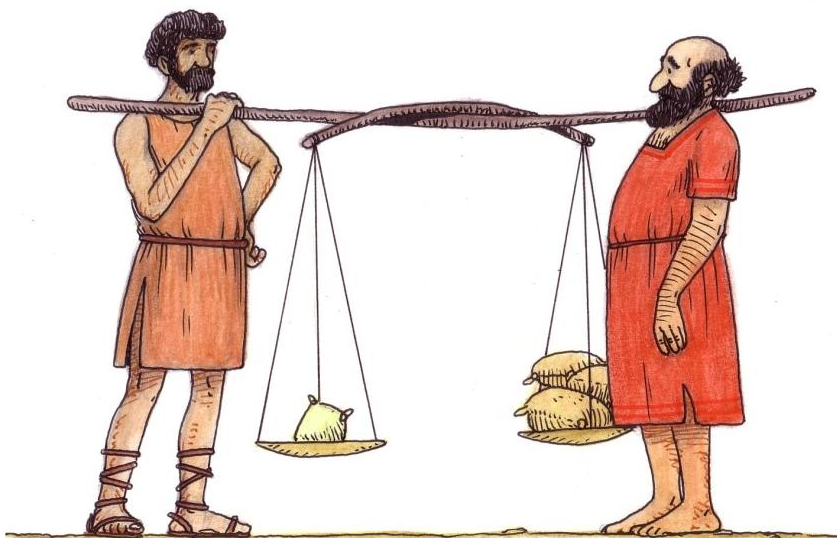
Introducción

La lucha de la especie humana por su supervivencia, a lo largo de miles de años de evolución, está vinculada en gran medida a lo que hoy llamamos el conocimiento científico y la técnica. Sin embargo, en la prehistoria e historia más remota, estos términos carecían de sentido, pero podían sustituirse por los de *dominar* y *comprender* algo del mundo complejo que se abría ante sus ojos. El extraordinario salto de las sociedades nómadas o seminómadas cazadoras-recolectoras a las sedentarias, constituidas en torno a la agricultura y ganadería, supuso el advenimiento de nuevos y difíciles problemas a resolver. La evolución del primitivo trueque a un sistema de comercio universal, la gestión de excedentes de producción, la regulación de la vida social mediante *códigos* (Hammurabi s.XVIII a.C.), la previsión de gastos e ingresos de sociedades de miles de individuos (lo que llamamos *impuestos*) y otros muchos elementos más, forjaron la necesidad de dar respuestas precisas y concretas a cada uno de los problemas que iban apareciendo.

La aritmética y la astronomía se convirtieron en saberes *cuasi* sagrados sin los que la complejidad de estas sociedades nacientes era imposible gestionar.

Se fue consolidando así la idea de que sin la *medida* de las cosas no era posible ni fiable el mundo que se estaba construyendo. Aunque se atribuye a Protágoras (s. V a.C.) la famosa frase «*Homo omnium rerum mensura est*» (*El hombre es la medida de todas las cosas*),

también podríamos invertir su sentido diciendo que «*El hombre es el medidor de todas las cosas*».



Desconocemos dónde y cuándo se usaron las primeras balanzas pero, como en otras muchas cuestiones, la práctica se anticipó (miles de años quizás) a los conceptos teóricos que la justificaban. Las balanzas sirvieron en un primer momento para

comparar *pesos* de objetos, concepto este de significado evidente para cualquier habitante del planeta Tierra. Posteriormente se dio un gran paso al distinguir entre el volumen que los cuerpos ocupaban y su peso, llegando así a la idea de *densidad* como propiedad o *magnitud intensiva*, característica y específica de cada sustancia. La leyenda (*si non e vero e ben trovato*) de Arquímedes de Siracusa es muy representativa en este aspecto. La *densidad* permitió diferenciar entre sí metales semejantes y descubrir el fraude o exactitud en sus aleaciones. El *Principio de Arquímedes* permitió comprender la flotabilidad de los cuerpos y desarrollar el arte de la construcción naval.



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

La *masa* aparece como sinónimo de *materia*. Lo *material* es aquello que se puede tocar, contrapuesto a lo intangible, lo imaginario, lo espiritual, ... La *masa* adopta forma de ‘sustancia’ o de ‘átomos’, según las escuelas filosóficas griegas. Para Aristóteles existen los *cuatro elementos*: tierra, agua, aire y fuego. Es claro que los dos primeros pesan, luego tienen masa, pero no está claro con los últimos. A lo largo del s. XVI y XVII se intenta demostrar la *corporeidad* del aire. El discípulo de Galileo, Evangelista Torricelli (1608-1647) demuestra experimentalmente la *pesadez* del aire en 1643 mediante su famosa columna de mercurio.



La identificación de los diversos gases que componen el aire y otros muchos, junto con el uso de la *balanza* ya como método decididamente científico, permiten a Lavoisier (1743-1794) enunciar la gran ley de la Química: *La conservación de la masa*.

Un siglo antes, Isaac Newton (1646-1727) había descubierto la *Ley de*

Gravitación Universal, haciendo responsable a la masa del movimiento de los planetas y satélites. Por otro lado, el mismo *Newton* había establecido las bases de la física enunciando las tres leyes que llevan su nombre. Aunque Galileo ya había hecho uso del *Principio de Inercia*, *Newton* lo define claramente y, con el segundo (el de *Acción*), define la masa como la *resistencia* al cambio de movimiento que poseen los cuerpos. En las mismas fuentes de la ciencia moderna, fluyen dos conceptos diferentes bajo un mismo nombre: *la masa*. La propiedad responsable de la *atracción gravitatoria* sería la *masa gravitatoria*. La medida de la inercia de los cuerpos será la *masa inercial*. El uso de las mismas unidades para ambas magnitudes enmascara su diferente significado.

Por otro lado, con *Newton* desaparece la identidad masa-peso. La primera es una propiedad intrínseca de los cuerpos, la segunda es la atracción de los cuerpos entre sí. En particular, el peso es la fuerza que realiza la Tierra sobre cada uno de los objetos. Es conveniente indicar que el interés de *Newton* por conocer el valor de la fuerza de atracción entre la Tierra y la Luna le llevará a la invención del cálculo diferencial e integral.

También debemos recordar que *Henry Cavendish* (1731-1810), unos 100 años después de los trabajos de *Newton*, consiguió averiguar la masa total del planeta Tierra mediante una ingeniosa balanza de torsión montada en un cobertizo de su jardín.

La definición *bipolar* de masa no pareció importar a demasiada gente, a excepción del físico húngaro Loránd Eötvös (1848-1919), a lo largo del siglo XIX hasta que a principios del XX entró en escena un personaje singular: Albert Einstein (1879-1955). Primero con su *Teoría*



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

restringida de la Relatividad demostró que masa y energía son magnitudes equivalentes e intercambiables bajo ciertas condiciones. Procesos como la desintegración de los núcleos (la radiactividad descubierta por Becquerel en 1896) no conservaban la masa, pues parte de esta se transformaba en energía. Las fuerzas que mantienen unidas las partículas (protones y neutrones) en el interior de los núcleos se explican por la pérdida de masa (*defecto másico*) en ellos. Con su *Teoría de la Relatividad Generalizada*, Einstein aúna *espacio-tiempo-materia*. En frase del conocido científico y divulgador científico John Wheeler, «*el espacio-tiempo le dice a la materia como tiene que moverse y la materia le dice al espacio-tiempo como tiene que curvarse*». Con Einstein desaparece la dualidad de *masa-gravitatoria* y *masa-inercial*, al resultar ambas del mismo escenario de un *espacio-tiempo* regido por las extrañas reglas de las geometrías NO-euclídeas.

La *Teoría de la Relatividad* dio paso a considerar un nuevo y desconcertante estado de la materia: los *agujeros negros*. Encerrados en una singularidad espacio-temporal, su masa sigue interaccionando con el resto de los objetos del universo.

La nueva ley de conservación *masa-energía* ha permitido el descubrimiento de una gran cantidad de partículas supuestamente elementales. Nos permite conocer también el *pegamento* que mantiene inseparables a los constituyentes más elementales (por ahora) de la materia: los *Quark*. Finalmente, uno de los descubrimientos más importantes de este s. XXI, el del *bosón de Higgs* (Octubre 2013), permite explicar la misma existencia de la masa de las partículas elementales.

Este largo recorrido, que bien pudiera haberse iniciado en una remota aldea de agricultores a orillas del Éufrates hace 5000 años, no ha concluido aún pero parece haber hecho un alto en el camino en las megainstalaciones del CERN junto al lago Lemán en Ginebra. A pesar de ello, la masa sigue siendo tan misteriosa y desconocida como el universo que construye. El descubrimiento de la *materia oscura* y de la *energía oscura* como parte mayoritaria de este universo, indica en su mismo nombre nuestra propia ignorancia. Ignorancia que no debemos tomar como maldición bíblica sino como acicate para seguir en este empeño de comprender el maravilloso mundo que nos acoge.

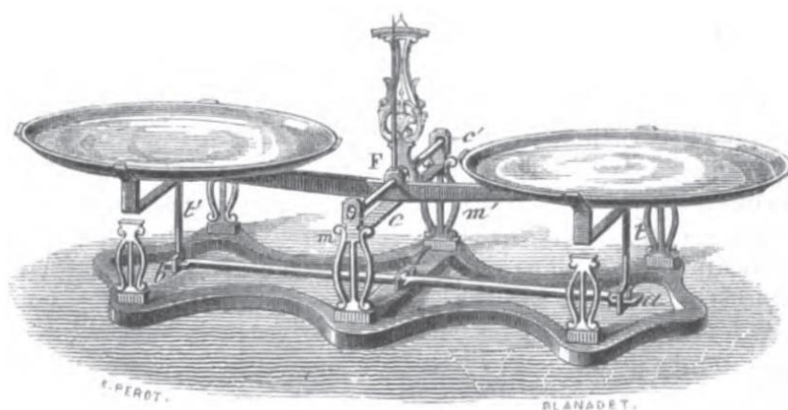


Fig. 440.

José Luis Orantes Abril 2016



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

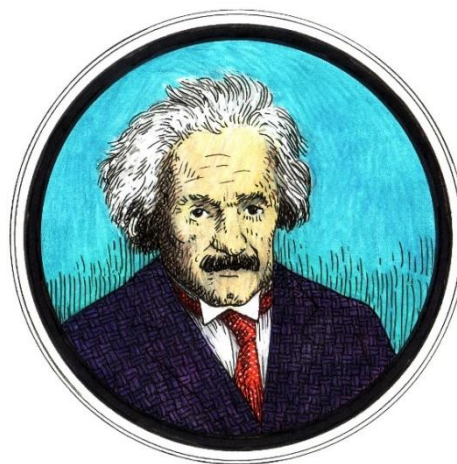
Todo empezó aquí: la balanza

Pregunta: ¿Qué tienen en común un vendedor de sal de hace 5000 años y Einstein?

Respuesta: A ambos les preocupaba la masa.

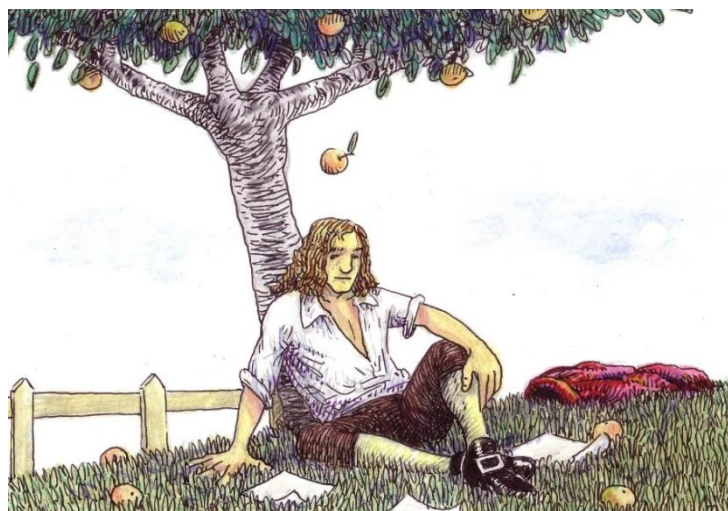
Para el vendedor de sal era importante saber que si intercambiaba cantidades la sal por cuencos de arcilla (volumen) con cuencos de trigo u otro cereal, se empobrecería. Por eso tenía necesidad de medir cuantos cuencos de trigo eran equivalentes a un cuenco de sal. La forma de hacerlo resultó sumamente sencilla: colgar en el extremo de un palo un cuenco de sal y en el otro varios de trigo y apoyar el palo en su punto medio sobre otro transversal. Si el conjunto estaba en equilibrio, esa era la equivalencia. Después vendría la especulación ‘financiera’ que fijase el porcentaje del cambio o trueque. Aunque no lo supiera, el vendedor de sal había descubierto el concepto de masa.

Cuando Einstein en 1916, después de que hubiera publicado la primera Teoría de la Relatividad, se enfrenta al problema de la unión espacio-tiempo, ‘descubre’ que es la **masa** la que le da forma y propiedades a este. La preocupación por la masa llevó a Einstein a enunciar la *Teoría de la Relatividad Generalizada*.



El hierro y la paja

Pregunta: ¿qué pesa más, un kilo de hierro o un kilo de paja?



Respuesta: Dar respuesta a esta pregunta no es nada sencillo y más adelante podremos dar solución a la misma. Lo que nos importa es la palabra ‘kilo’ que en principio se refiere a un múltiplo del **Sistema Métrico Decimal (SMD)**: 1000 unidades. Seguramente en lo que en realidad pensamos es en ‘**un kilogramo**’. Nos referimos entonces a la unidad fundamental de **masa**. Las propiedades de la

masa son muchas pero la fundamental, quizás, es que todas las masas del Universo se atraen



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

entre sí. Esto lo descubrió **Newton** y lo conocemos como la **Ley de Gravitación Universal**. Lo que llamamos **peso** no es otra cosa que **fuerza** mutua con la que los cuerpos y la **Tierra** se atraen. Por ello, nuestro peso será diferente en la **Luna** o en **Marte** que aquí. En cambio, la **masa** sigue siendo la misma para todos los cuerpos.

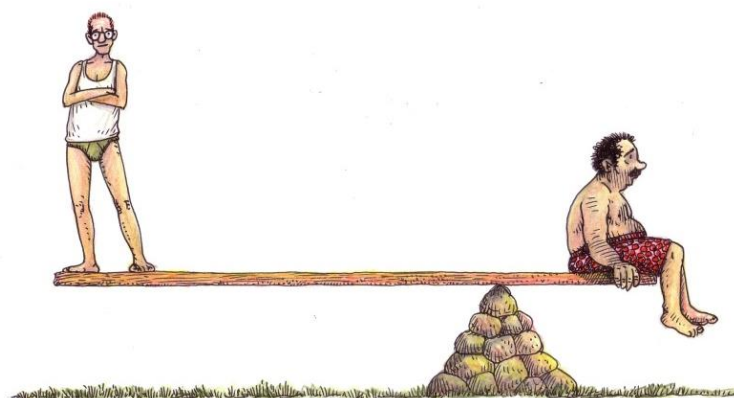
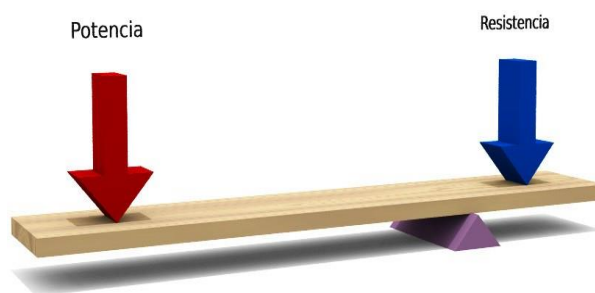
Las balanzas miden la MASA de los cuerpos y no su peso.

La Ley de la palanca

Pregunta: ¿Quién dijo “Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo”?

Respuesta: Fue Arquímedes de Siracusa (Sicilia) que vivió en el siglo III antes de nuestra era.

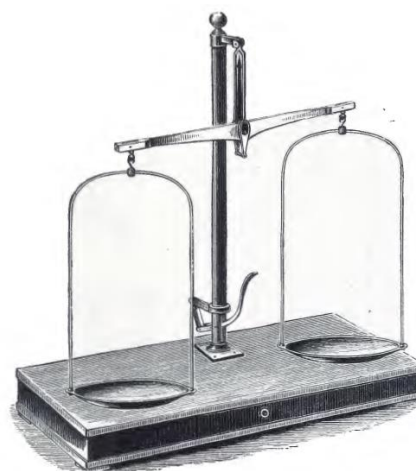
Estableció las leyes de la palanca por las que funcionan las balanzas. La fuerza y la resistencia están en proporción inversa a sus distancias al punto de apoyo o **fulcro**.



Balanzas de brazos iguales

Pregunta: ¿Sabes lo que es el **fiel** de una balanza?

Respuesta: Es la varilla o aguja que está unida perpendicularmente a la **cruz** o barra horizontal de la balanza. Su posición vertical indica el equilibrio de la balanza. La balanza de dos brazos iguales es de invención antiquísima. Ya aludía a ella Homero en **La Ilíada**.



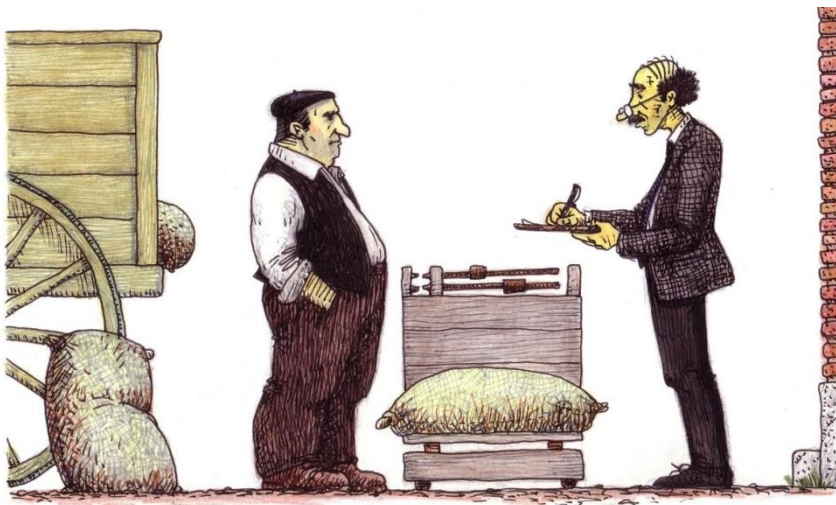


“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

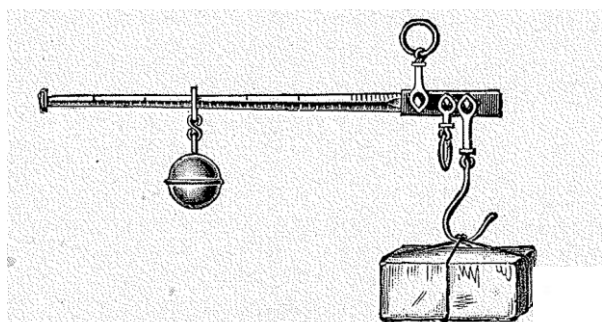
El diccionario de la RAE recoge para **fiel** en una de sus entradas la siguiente definición: 2. m. Aguja que juega en la alcoba o caja de las balanzas y romanas, y se pone vertical cuando hay perfecta igualdad en los pesos comparados.

Una palabra relacionada es **fielato**: eran casetas de cobro de impuestos municipales sobre las mercancías que entraban en una población. En Valladolid existía un **fielato** que controlaba el paso por el Puente Mayor, único paso del río en la ciudad durante muchos siglos.



Una romana poco romana

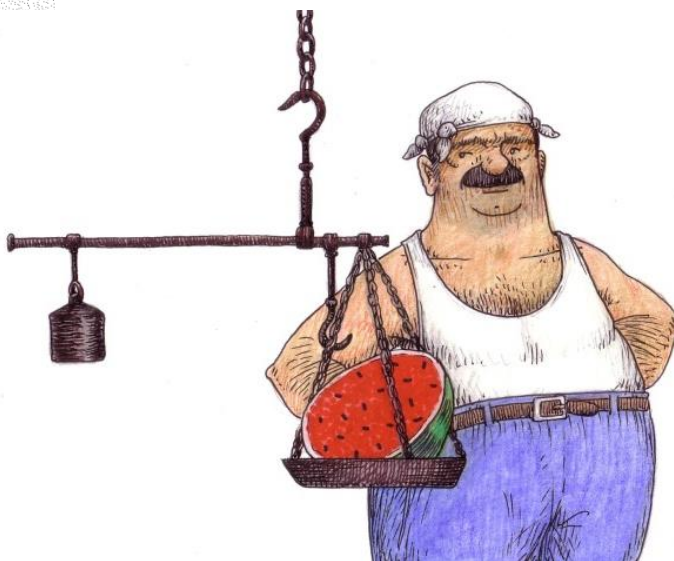
Pregunta: ¿La romana la inventaron los romanos?



Respuesta: La romana es una balanza de brazos desiguales que utiliza una sola pesa para ‘pesar’ cuerpos diversos. La barra por la que se desplaza la masa variable está dividida en marcas que señalan los posibles pesos.

En contra de lo que la gente piensa (aunque lo diga la Wikipedia) **NO LA INVENTARON LOS ROMANOS**. Parece que fue introducida por los **árabes** y su nombre deriva del de la masa deslizante llamada *romano* o *granada*.

La **romana** ha sido (y sigue siendo en muchos lugares) un excelente instrumento de medida práctico y de extraordinaria versatilidad.



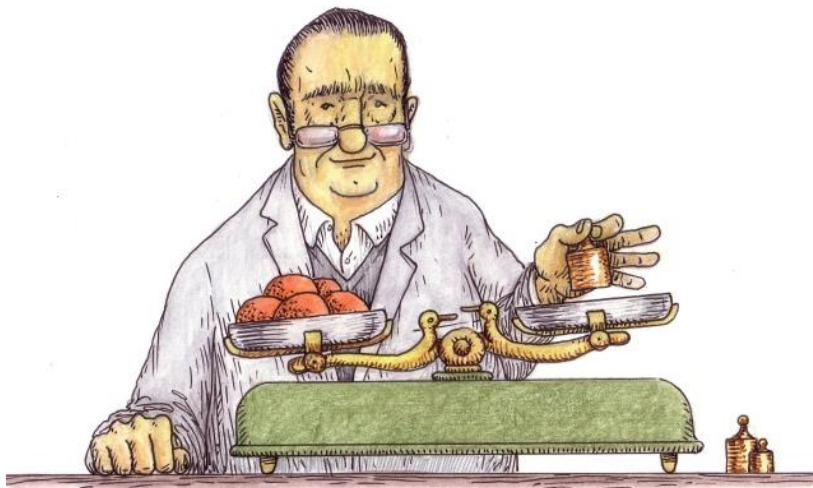


“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

Business is business

Pregunta: ¿Cómo eran las balanzas de los tenderos antes de inventarse las electrónicas?



Respuesta: En la vida real, los comerciantes tienen que despachar productos y mercancías de forma rápida y fiable. Cuando no existían los aparatos electrónicos ni todos los productos estaban perfectamente envasados y etiquetados, la balanza de brazos iguales tradicional tenía dos inconvenientes: las cuerdas o cadenas de los platillos molestaban para

colocar la mercancía y se necesitaba un juego de pesas variadas para conseguir la medida exacta. El segundo inconveniente lo resuelve la *romana* que usa solo una pesa deslizante. Para resolver el primero se inventaron las **balanzas de apoyo inferior**. La más conocida es la llamada de **Roverbal**. Esta balanza presenta la ventaja de disponer de los platillos por encima del mecanismo de las palancas que utiliza, evitando los molestos cordones o cadenas. Además, estos siempre mantienen la **horizontalidad** al bascular la balanza sin cabecear ni desplazarse de su eje. Su principio de funcionamiento está en la denominada **regla del paralelogramo**: aunque cambiemos el ángulo de dos lados paralelos, los otros dos mantienen el paralelismo.

Este tipo de balanzas se convirtieron en las más habituales en tiendas y comercios.

Balanzas Beránger

Pregunta: ¿puede una balanza convertirse en un objeto práctico y decorativo?

Respuesta: Muchas balanzas, además de servir para su fin práctico, resultan ser objetos sofisticados y decorativos. Tal es el caso de las balanzas **Beránger**. Su funcionamiento se basa en los

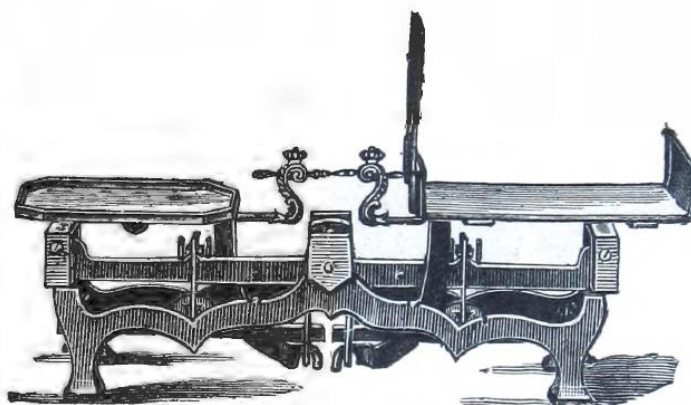


Fig. 426, No. 31629. Echelle: $\frac{1}{16}$.



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

mismos principios que la **Roverbal**, pero cada brazo de la balanza utiliza tres palancas diferentes que se articulan de modo que el platillo superior de carga mantiene igualmente la horizontalidad. Su ventaja sobre las Roverbal está en que resultan más precisas en la medida cuando la carga no está exactamente centrada sobre el platillo. Además, al tener más puntos de apoyo, el desgaste de las cuchillas es menor, permitiendo aumentar la carga máxima.

Arquímedes y el rey

Pregunta: ¿Qué descubrió Arquímedes al meterse en la bañera?



Respuesta: Antes, volvamos a Arquímedes y la leyenda que justifica el principio que lleva su nombre. El rey de su ciudad (Siracusa) entregó cierta cantidad de oro a un orfebre para hacerse una corona. Aunque coqueto, el rey no se fiaba mucho del orfebre y sospechaba que podría sustituir parte del oro por plata (más barata) y le encargó a

Arquímedes que descubriera el posible fraude. Arquímedes meditó largo tiempo, el suficiente para ir a los baños de Siracusa (hoy lo llamaríamos *spa*). Allí se dio cuenta de lo del empuje en los fluidos y salió gritando como un loco (y muy ligero de ropa): **¡EUREKA!**

Lo que Arquímedes descubrió es que el peso aparente de los cuerpos en el interior de un fluido (agua, por ejemplo) es menor que el real porque una fuerza llamada **empuje** tiende a hacer subir el cuerpo. El cociente entre el empuje y el peso es igual que el cociente entre la densidad del líquido y la densidad del cuerpo.

Arquímedes pudo medir así la densidad de la corona del rey: si el orfebre hubiera sustituido parte del oro (más denso) por plata (menos densa), la densidad de la corona sería inferior a la del oro y quedaría probada la pillería del orfebre. La historia no se pone de acuerdo sobre el resultado de la investigación...



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

¿Tengo mucho o poco volumen?

Pregunta: ¿Es lo mismo tener volumen que masa?

Respuesta: Son cosas muy diferentes. Medir la masa de un cuerpo podemos hacerlo con la balanza, pero para medir su volumen podemos tener problemas...



El volumen de un cuerpo sólido se puede medir directamente si este tiene una forma geométrica sencilla, como un cubo (hexaedro), una esfera, un cilindro, etc. Medir el volumen de un líquido resulta fácil usando un recipiente graduado, como la **probeta**. Cuando los cuerpos son irregulares o complejos (el

cuerpo humano) se utiliza el método de *desplazamiento* de un líquido. Si queremos saber el volumen de una piedra cualquiera, introduce la piedra en un vaso lleno completamente de agua. El agua que rebose se recoge y se mide con una *probeta* y ese será su volumen.

¡Denso, Denso!

Pregunta: ¿Qué es y en qué se mide la densidad de los cuerpos?

Respuesta: Dos cuerpos pueden pesar lo mismo pero si sus tamaños son diferentes decimos que tienen distinta **densidad**. La densidad de un cuerpo es la relación entre la masa y el volumen. Para calcular la densidad debemos saber su masa y su volumen y dividir dichas cantidades. La densidad la medimos en **kilogramos/metro cúbico** y también en **gramos/centímetro cúbico**.

Pregunta: ¿Qué truco descubrió Arquímedes?

Respuesta: Si Arquímedes se puso tan contento al meterse en la bañera fue porque encontró un truco para saber la densidad de la corona del rey sin necesidad de hallar su volumen. Descubrió que solo necesitaba saber el peso de la corona fuera y dentro del agua. La diferencia entre ambos es el **empuje**. Si dividimos el peso en el aire entre el empuje en agua, el resultado nos dice **cuántas veces es más denso el cuerpo** que el agua. Esto es una densidad relativa. La densidad del agua es 1000 kg/m^3 o 1 g/cm^3 .



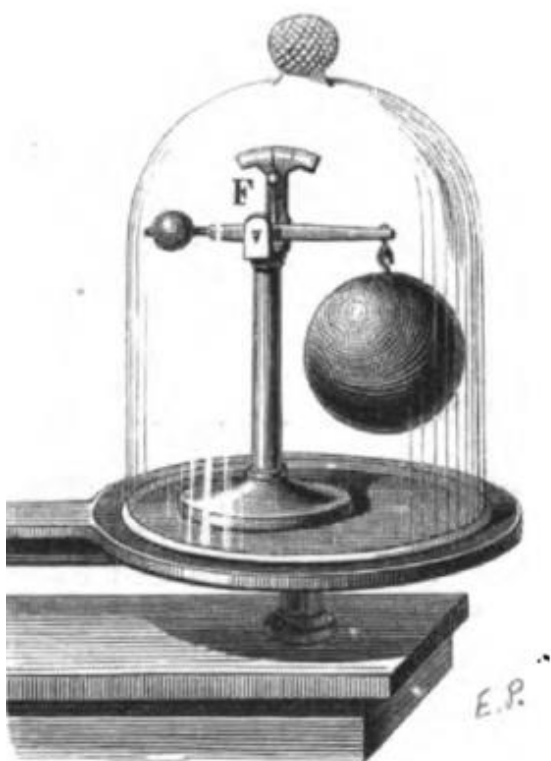
“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

¡Puf, qué pesado es el aire!

Pregunta: ¿Cómo midió Torricelli el peso del aire?

Respuesta: Aunque algunos pueblos antiguos creían que el aire no pesaba, hay pruebas sencillas que nos indican lo contrario. Un balón hinchado de aire pesa más que un balón desinflado, aunque su diferencia es muy pequeña. La atmósfera es como una piscina que en vez de agua tiene aire: nosotros estamos en el fondo de esa piscina y el aire que tenemos encima nos ejerce **presión**. Evangelista Torricelli (1608-1647) fue discípulo de **Galileo** (1564-1642) y realizó numerosos experimentos con los gases. Midió la presión atmosférica mediante un largo tubo cerrado por un extremo lleno de mercurio. El otro extremo lo introdujo en un recipiente que también tenía mercurio. Observó que el mercurio del tubo descendía siempre hasta una altura de 76 cm. La presión atmosférica en la Tierra equivale soportar en la punta del dedo índice un peso de 1 kg.



Los barómetros de mercurio miden la presión real de la atmósfera. Aunque con la altura el aire disminuye de densidad, un litro de aire tiene una masa de 1,2 gramos. Como es un **fluido**, el aire también cumple el principio de **Arquímedes**. Gracias a eso los globos aerostáticos pueden elevarse pues el peso del aire que desalojan es mayor que su propio peso.

Hay una balanza especial para observar el empuje del aire que se llama **Baróscopo**. La balanza, que tiene una esfera hueca más grande en un extremo y otra pesa maciza en el otro extremo, está equilibrada en el aire.

Cuando se la mete en una campana con vacío, se desequilibra. ¿Qué lado pesará ahora más?



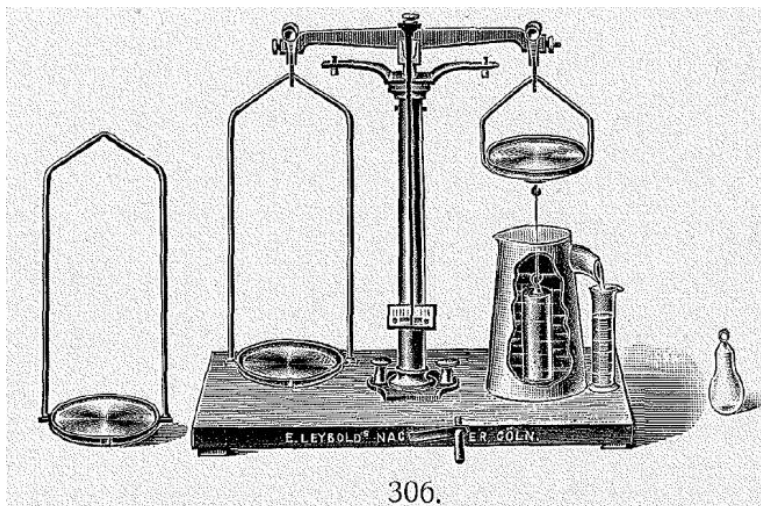
“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

Balanzas hidrostáticas

Pregunta: ¿Qué mide una balanza hidrostática?

Respuesta: Las balanzas hidrostáticas nos permiten medir la densidad de los cuerpos. Pero lo que realmente medimos con ellas es el **empuje** que un líquido (normalmente agua) hace sobre el cuerpo sumergido.



El funcionamiento general es el siguiente: primero pesamos el cuerpo con la balanza en el aire. Después lo sumergimos en un recipiente con agua y la balanza se desequilibra. Para volver de nuevo al equilibrio colocamos pesas en el platillo del que cuelga el peso sumergido. Las pesas puestas equivalen al empuje que hace el líquido sobre el cuerpo.

Pesas y pesitas

Pregunta: ¿cuántas pesas tiene una balanza?

Respuesta: Depende de la sensibilidad de la misma. Esta se fija a partir de la de mayor masa que pueda utilizarse. Así, por ejemplo, la sensibilidad que indica una balanza granatario es 1/2000 y la pesa mayor es de 100 g. Entonces la pesa más pequeña a la que es sensible la balanza será: $100 \text{ g} / 2000 = 0,05 \text{ g} = 50 \text{ mg}$.

Las pesas están ordenadas según los siguientes valores:

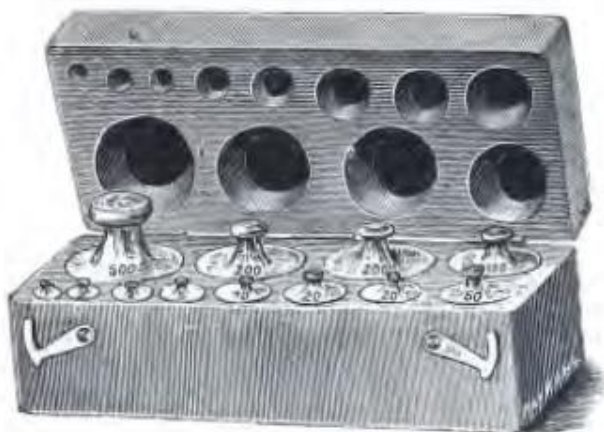
100 g, 50 g, 20 g, 20 g, 10 g, 5 g, 2 g, 2 g, 1g ,

500 mg, 200 mg, 200 mg, 100 mg, 50 mg, 20 mg, 20 mg, 10 mg, 5 mg, 2 mg, 2 mg, 1mg



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.



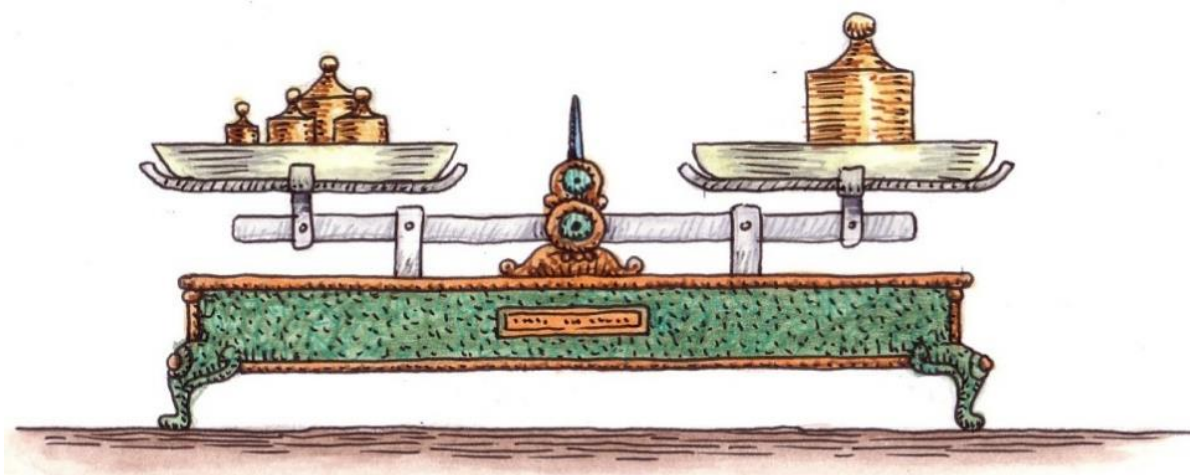
Las menores se reservan para las balanzas de gran precisión. Obsérvese que se repiten las pesas que empiezan por ‘2’. Esto es porque siempre podemos sustituir una pesa por la suma de algunas de las inmediatamente siguientes.

El orden es fundamental

Pregunta: ¿Sabes pesar con una balanza?

Respuesta: Las balanzas tienen dos posiciones. En la primera los platillos no oscilan y en ella se coloca el cuerpo a medir y las pesas. Se comienza siempre por la que consideremos mayor al cuerpo a medir. Procedemos entonces a **montar** la balanza mediante el mecanismo o palanca que disponga. Los platillos de la balanza oscilarán entonces. Si la **cruz** de la balanza se inclina del lado del cuerpo desmontaremos la balanza y pondremos la pesa menor siguiente. Si al volver a montar la balanza esta se inclina hacia el lado de las pesas, retiraremos la última colocada y la sustituiremos por la siguiente menor. En caso contrario seguiremos añadiendo pesas más pequeñas hasta conseguir el equilibrio final.

Para evitar errores por diferencia en la longitud de los brazos de la palanca se utiliza el método llamado de **doble pesada**.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

¿Una unidad fundamental?

Pregunta: ¿Qué es un kilogramo?

Respuesta: Es la **unidad patrón** de la magnitud fundamental que es la **masa**. Las unidades patrón son esenciales para el entendimiento de todas las personas del mundo: científicos, comerciantes, técnicos, viajeros, etc. Para que coincidan las medidas de instrumentos fabricados en distintos lugares del mundo, es preciso tener unidades patrón que se puedan tomar de referencia. Para ello tienen que cumplir: NO CAMBIAR, COPIARSE FÁCILMENTE, ACCESIBLES Y SEGURAS.



Hay 7 magnitudes fundamentales y sus correspondientes unidades patrón o básicas (Real Decreto 2032/2009, BOE 21-10-2010). Excepto el **kilogramo**, todas ellas están referidas a propiedades atómicas o de la luz. Desde 1889, el Sistema Internacional de Medidas define que la unidad debe ser igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo (IPK), que se fabrica con una aleación de **platino e iridio** (en proporción de 90% y 10%, respectivamente, medida por el peso) en forma de cilindro circular recto (con una altura igual al diámetro) de 39 milímetros. El prototipo internacional se guarda en la **Oficina Internacional de Pesas y Medidas**, ubicada en **Sèvres**, en las cercanías de **París**. Este prototipo no cumple totalmente las condiciones antes descritas. Por ejemplo: en los últimos 100 años su masa ha perdido 50 microgramos (!). Se está intentando dar una definición de kilogramo que no dependa de un ejemplar físico concreto.

La ley de los muelles

Pregunta: ¿Sabes quién es Robert Hooke?

Respuesta: nació y vivió en el siglo XVII en Inglaterra (1635-1703) y fue “amigo” de Isaac Newton. Hizo muchas e importantes contribuciones al desarrollo de las ciencias. Fue de los primeros en usar el microscopio para estudiar los seres vivos y a él se debe el término “célula”. También hizo aportaciones a la astronomía y a la física. Se le reconoce universalmente por la ley que lleva su nombre: la ley de Hooke.

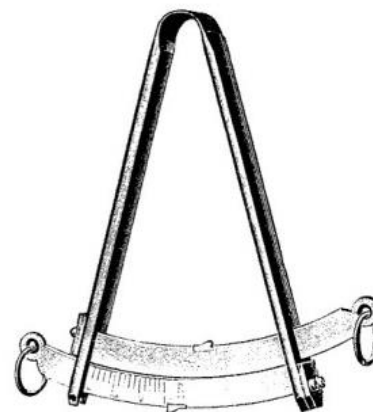


Fig. 424, No. 31625. Echelle: $\frac{1}{5}$.

Esta ley dice: “La fuerza que apliquemos a un muelle es directamente proporcional a su deformación”

Un **dinamómetro** es un muelle al que le añadimos una escala con unidades. La unidad de fuerza se llama **Newton** y los dinamómetros sirven para medir fuerzas. Como el peso es **la fuerza con la que la Tierra** atrae a los cuerpos, con ellos medimos el **peso**.



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

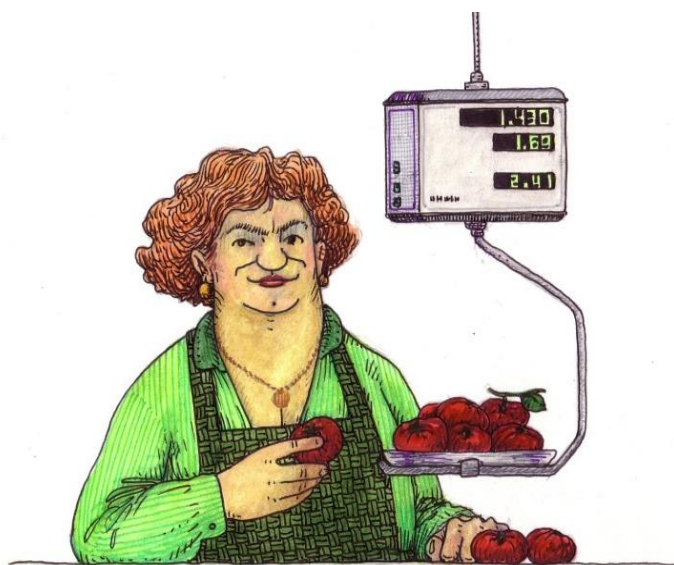
Pesar fruta en el ‘super’

Pregunta: ¿Qué es eso de la *piezoelectricidad*?

Respuesta: El diccionario de la RAE indica que es:

“Propiedad que tienen ciertos cristales de polarizarse eléctricamente cuando son sometidos a presión, y a la inversa”.

Aunque te pueda parecer una cosa extraña, es un fenómeno que utilizan muchos de los aparatos que usamos a diario. Los fumadores utilizan frecuentemente mecheros de gas que encienden la llama presionando una palanca que genera un ‘clic’ característico. Los relojes digitales y, en general, todos los dispositivos informáticos utilizan **osciladores** que vibran a



frecuencias enormemente precisas. Todos ellos utilizan el fenómeno de la **Piezoelectricidad**. Si es eléctrica la báscula de baño que usas en casa, seguramente funcione mediante la *piezoelectricidad*. Tu peso lo transforma en una pequeña tensión eléctrica que se traslada electrónicamente a una escala de kilogramos. Hoy, en todos los supermercados se utilizan balanzas electrónicas. Aunque nos parezcan más modernas y avanzadas, las balanzas antiguas pueden ser igual o más precisas que estas.

Doctor: ¿estoy muy grave?

Pregunta: ¿Cómo es la gravedad en la *Tierra*? ¿y en la *Luna*? ¿y en *Marte*?

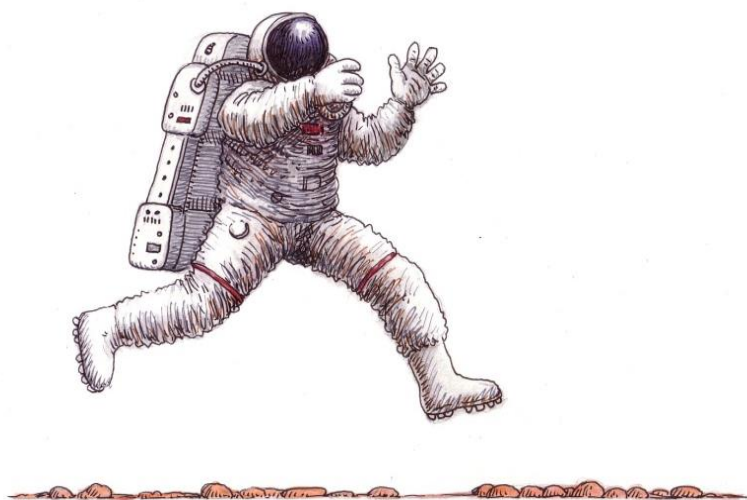
Respuesta: Todos estamos graves, ¡pero no enfermos! Todos los que estamos sobre en el planeta Tierra estamos sometidos a la **gravedad**. Solo los astronautas y los que se lancen en **caída libre** (paracaidistas, saltadores, acróbatas, etc.) pueden decir que no tienen *gravedad*. La **gravedad** hace que los cuerpos caigan con aceleración constante incrementando su velocidad 9,8 m/s cada segundo. Medir la aceleración de la gravedad puede hacerse de muchas maneras. La más sencilla es utilizar un pequeño péndulo: midiendo su periodo y longitud es fácil calcular la *aceleración de la gravedad*.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.



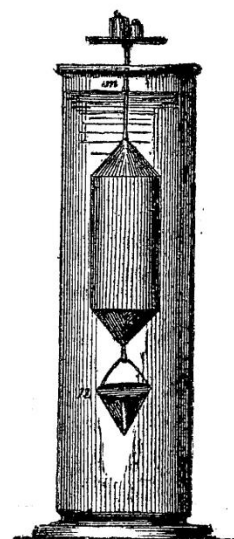
En la **Luna** la gravedad es aproximadamente $1/6$ la gravedad en la **Tierra**. ¿Sabes de en la **Luna** podrías dar saltos de 6 metros de altura?

En **Marte** la gravedad es $1/3$ de la **Tierra**. Allí también podemos dar saltos bastante altos: seguro que ganaríamos en unas olimpiadas marcianas (¡a los marcianos, claro!).

Subir y bajar

Pregunta: ¿Sabes qué es un **areómetro**?

Respuesta: Esta palabra viene del *griego* y se compone de *areo-* (*araiós* 'poco denso') y *-metro* (medida). Conviene no confundir con el término latino *aéreo* (*aereus* 'relativo al aire'). Un **areómetro** es una especie de flotador que sirve para medir la densidad de los cuerpos. El de **Nicholson** es un areómetro empleado para medir la densidad de cuerpos sólidos. Cuando queremos medir densidades de líquidos empleamos los *densímetros*. Como puede que sepamos, el alcohol tiene menos densidad que el agua. El vino es una mezcla de agua y alcohol, por lo que su densidad es menor que la del agua pura. Los *alcoholímetros* son densímetros que nos dan la graduación alcohólica de un vino. También hay **areómetros** para medir la densidad de la leche, el aceite, los ácidos, la orina, etc.





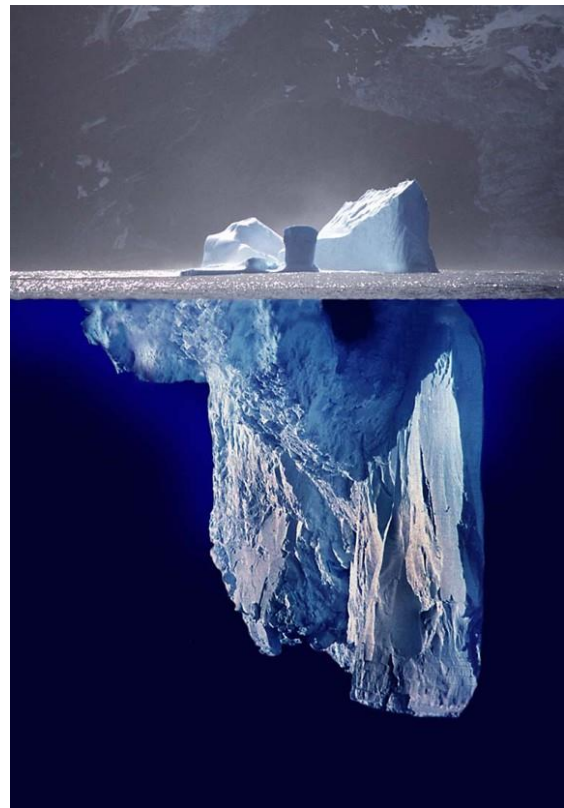
“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

Menudos cubitos de hielo

Pregunta: ¿Cuánta profundidad tiene un iceberg?

En el planeta **Tierra** encontramos agua en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso. El estado sólido que llamamos *hielo* tiene una propiedad sorprendente. Mientras que el resto de los cuerpos se contraen con el frío (menor temperatura), el agua al congelarse *aumenta su volumen*. Por eso no podemos meter botellas en el congelador completamente llenas de agua pues reventarían. Esto quiere decir que el *hielo es menos denso que el agua*, así que los cubitos de la nevera y los **icebergs** de kilómetros de extensión flotan en agua líquida. Como la *densidad* del hielo es aproximadamente el 90 % del agua líquida, un iceberg tendrá sumergido el 90 % de su volumen. Si viéramos un *iceberg* que flota en el agua con 10 m de altura, ¡por debajo habría 90 m de hielo sumergido!

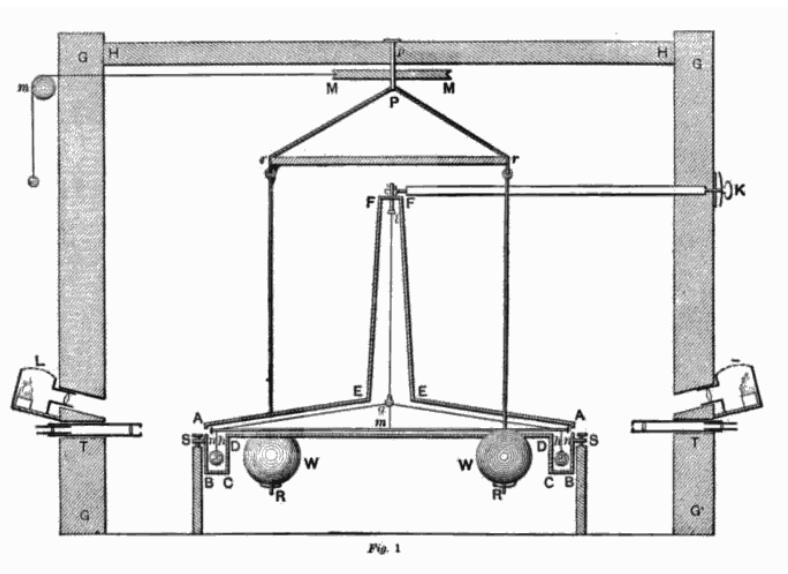


La balanza de todas las balanzas

Pregunta: ¿A quién darías el óscar de las balanzas?

Respuesta: Con en la entrega de esos famosos premios, la ganadora tendría votos a favor y en contra.

Nosotros nominaríamos para el *oscar* de las balanzas a la **balanza de Cavendish**. Henry Cavendish (1731-1810) estaba obsesionado con saber el peso, no el suyo sino el de la *Tierra*. Hacía más de 100 años que **Newton** había propuesto la *Teoría de la Gravitación Universal*, pero nadie





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

consiguió hasta Cavendish medir en el laboratorio la fuerza de atracción directa entre dos cuerpos. Eso lo consiguió mediante un tipo especial de balanza llamada de **torsión**. Colocó en los extremos de una varilla de hierro dos masas de varios kilogramos y la sujetó horizontalmente mediante un fino hilo de acero vertical. Esas masas las enfrentó a otras dos mucho más grandes (175 kg). La atracción entre las masas produce un pequeño giro o torsión en el hilo de acero y permite medir la fuerza de atracción. *Cavendish* mediante este experimento determinó que la densidad de la **Tierra** era 5,5 veces la del agua.

Aunque *Cavendish* no cumplía con el tipo de investigador y científico convencional, su nombre da título a uno de las instituciones científicas que han dado más premios *Nobel* : el **Cavendish Laboratory**.

Otras balanzas

Balanza electrostática:

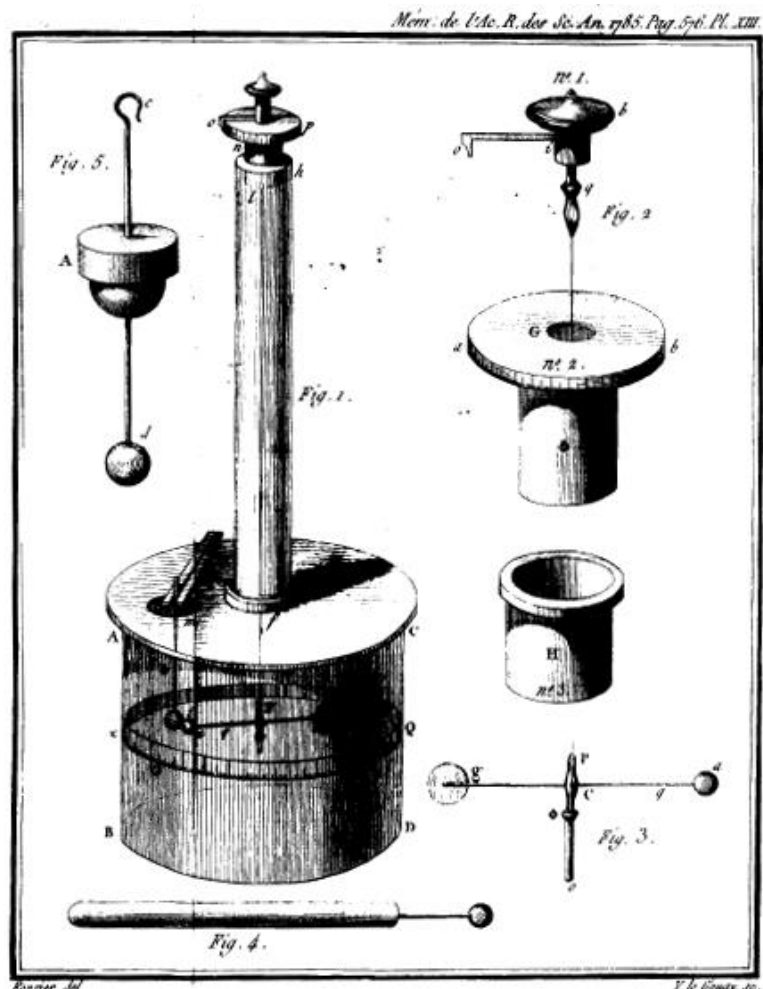
También llamada *Balanza de Coulomb* (1736-1806), con la que en 1785 demostró la ley que lleva su nombre:

“La fuerza de atracción o repulsión entre cargas eléctricas es proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa”.

Esta ley es el fundamento de toda la electricidad. La balanza de *Coulomb* es una balanza de torsión, similar a la empleada por *Cavendish*.

Balanza magnética:

Es un sencillo dispositivo formado por una especie de *balancín* eléctrico y una bobina por la que circula una corriente para crear un campo magnético. Nos permite medir la fuerza que el *campo magnético* realiza sobre un conductor eléctrico. Esta fuerza es el fundamento de los motores eléctricos.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

Test: Comprueba lo que has aprendido

- 1. ¿Qué tenían en común Einstein y un vendedor de sal de hace 5000 años?**
 - a. Ambos eran ricos
 - b. A los dos les preocupaba la masa
 - c. Los dos eran científicos
- 2. La unidad patrón de masa en el Sistema Internacional de Unidades es:**
 - a. El gramo
 - b. La tonelada
 - c. El Newton
 - d. El kilogramo
- 3. Las balanzas sirven para:**
 - a. Medir pesos
 - b. Medir masas
 - c. Columpiarse
 - d. Hacer negocios
- 4. A Newton le debemos:**
 - a. La ley de la palanca
 - b. El principio de Arquímedes
 - c. La medida de la masa de Tierra
 - d. La ley de gravitación universal
- 5. ¿Quién dijo “dadme un punto de apoyo y moveré el mundo”?**
 - a. Arquímedes
 - b. Galileo
 - c. Newton
 - d. Einstein
- 6. ¿Sabes qué es el fulcro?**
 - a. Un videojuego
 - b. Un zumo de frutas
 - c. El extremo de la balanza
 - d. El punto de apoyo de una palanca
- 7. Las palabras *fiel* y *cruz* están relacionadas con:**
 - a. Un juego infantil
 - b. Un dúo de humoristas
 - c. Son partes de las balanzas
- 8. Los *fielatos* eran:**
 - a. Gente muy religiosa
 - b. Soldados romanos
 - c. Lugares donde se cobraban impuestos
 - d. Balanzas muy grandes
- 9. La romana es una balanza que:**
 - a. Inventaron los romanos
 - b. Tiene los brazos iguales
 - c. Procede de los árabes
- 10. Para medir el volumen de un cuerpo:**
 - a. Hay que pesarlo
 - b. Hay que utilizar un metro
 - c. Podemos usar una probeta
- 11. Las balanzas *Roverbal* se caracterizan por:**
 - a. Ser balanzas de apoyo inferior
 - b. Estar pintadas de color verde
 - c. Estar decoradas artísticamente
- 12. ¿Qué descubrió Arquímedes al meterse en la bañera?**
 - a. Que el agua moja
 - b. Que se derramaba agua fuera
 - c. Que experimentaba un empuje
 - d. Que estaba más pesado
- 13. ¿Cómo pudo informar Arquímedes al rey sobre la calidad de su corona?**
 - a. Contratando a unos detectives
 - b. Midiendo la densidad de la corona
 - c. Midiendo el peso de la corona
 - d. Interrogando al orfebre



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

14. ¿Qué mide la densidad de los cuerpos?

- a. Su masa
- b. Su volumen
- c. La relación entre masa y volumen
- d. La relación entre volumen y masa

15. ¿Cómo midió Torricelli el peso del aire?

- a. Con un balón de fútbol
- b. Con una balanza muy precisa
- c. Con un tubo lleno de mercurio

16. ¿Qué es un barómetro o baroscopio?

- a. Un dispositivo para predecir el cambio de tiempo
- b. Un medidor de presión
- c. Un dispositivo para comprobar el empuje del aire sobre los cuerpos
- d. Una balanza para medir la masa de una esfera

17. ¿Qué mide una balanza hidrostática?

- a. El empuje de un líquido sobre un cuerpo
- b. El empuje de un cuerpo sobre un líquido
- c. La flotabilidad de los cuerpos

18. ¿Cuáles son las pesas repetidas en un juego de balanza?

- a. Las que empiezan por ‘a’
- b. Las que empiezan por ‘b’
- c. Las que empiezan por ‘5’

19. Para realizar una ‘pesada’ debemos colocar las pesas:

- a. De menor a mayor valor
- b. De mayor a menor valor
- c. El orden no importa

20. El kilogramo patrón está hecho de:

- a. Hierro
- b. Platino
- c. Plomo
- d. Platino e Iridio

21. ¿Qué es la pizeoelectricidad?

- a. La corriente que dan algunas cosas al tocarlas
- b. Una propiedad que transforma presión en voltaje
- c. Algo que tiene las pilas eléctricas

22. ¿Quién era Hooke?

- a. El protagonista de una película
- b. Un científico francés
- c. El que estudió el comportamiento de los muelles

23. ¿Hasta qué altura podrías saltar en la Luna?

- a. Menos de un metro
- b. Igual que en la Tierra
- c. Hasta seis metros
- d. En la Luna no se pueden dar saltos

24. ¿Qué significa ‘areo’ en griego?

- a. Aire
- b. Aeroplano
- c. Ligero
- d. Denso

25. Si te encuentras un *iceberg* que sobresale del agua 1 m, por debajo

- a. No queda nada porque el hielo flota
- b. Habrá otro metro de hielo
- c. Habrá 5 metros
- d. Habrá 9 metros

26. ¿A quién darías el ‘óscar’ de las balanzas?

- a. A la de Cavendish
- b. A la de Coulomb
- c. A la de Arquímedes
- d. A la magnética



“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

Soluciones al test

Te proponemos encontrar las soluciones correctas a las preguntas propuestas mediante un sencillo juego. Seguramente conoces un pasatiempo llamado *SUDOKU*. Aquí vamos a resolver unos sudokus mucho más sencillos. Constan de cuatro filas y cuatro columnas y en vez de números deberemos poner las letras **a, b, c y d**. No se pueden repetir letras en cada fila, en cada columna o en cada cuadrante. La casilla que contiene el número de pregunta debe corresponderle la letra de la respuesta correcta.

¡ÁNIMO Y A POR LAS SOLUCIONES!

	a	2	
4		b	
a		7	
c	1		d

3		5	c
a			
6		8	
	b	d	

b	10		
		13	c
			a
9	11	d	

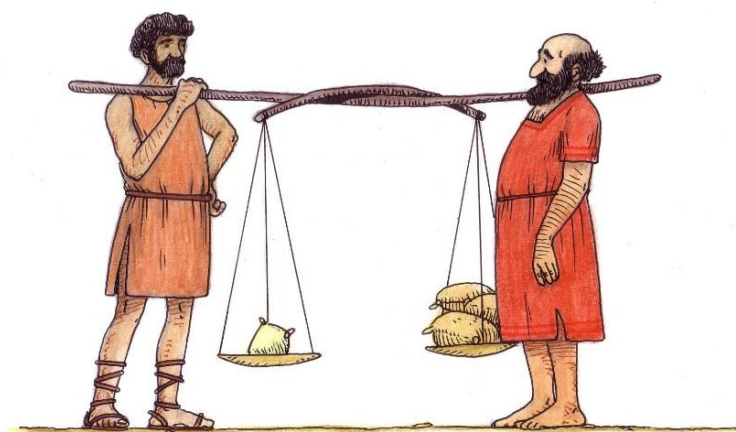
18			15
12	17	b	
d		14	a
a			

	c	b	
	b	20	
16			21
19		22	d

23	25	a	
	c		
26	b	d	24

Total aciertos: _____

Total fallos: _____





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

Catálogo de Balanzas y aparatos expuestos

**1 Balanza Roverbal-Beranger 10 kg
1864**

Esta balanza de grandes dimensiones, presentaba un avanzado grado de deterioro y ha sido restaurada en 2014 recuperando así su aspecto original.



Estado original



Estado restaurado. Detalle



Estado restaurado

**2 Balanza Roverbal-Beranger
2 kg
1910**

Balanza Roverbal que mantiene su aspecto original



**3 Balanza Roverbal-Beranger
3 kg
1950**

Esta balanza de la casa Vulcano es posiblemente de los primeros ejemplares fabricados por esta industria radicada en Vizcaya y que aún mantiene actividad.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

4 Balanza Roverbal-Beranger

10 kg

~ 1950

Balanza Roverbal, modelo Beranger, prestada para esta exposición por J.L.Orantes. Restaurada en 2015, de procedencia centro-europea (Suiza?).



5 Balanza Roverbal

1 kg

1960

Modelo didáctico de balanza Roverbal, en la que se puede apreciar el fundamento de la ley del paralelogramo.



6 Palanca de Weinhold

1910

Modelo didáctico para demostrar la ley de la palanca. Para que el sistema esté en equilibrio debe cumplirse que el producto de la pesas de un lado por la distancia al centro sea igual al de las pesas del otro lado.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

7 Balanza Granatario

50 g

1950

Balanza de laboratorio típica con caja soporte de mármol y madera.



8 Balanza Granatario

50 g

1960

Balanza de laboratorio típica con caja soporte de madera.



9 Baroscopio

1864

Este dispositivo consiste en una balanza que en un brazo posee una esfera metálica hueca y en el otro una pesa de igual peso. El sistema está equilibrado en el aire. Se introduce en una campana en la que se hace el vacío y se observa que la balanza se desequilibra hacia la esfera hueca, debido a que desaparece el empuje hidrostático que ejerce el aire sobre la esfera hueca.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

10 Balanza de Mohr-Westphal

1940

Esta balanza se utiliza para medir la densidad de los líquidos. El tubo sumergible debe estar equilibrado cuando está en el aire. Al introducirse en un líquido, el empuje hidrostático desequilibra la balanza. Para restaurar el equilibrio se colocan unas pequeñas piezas metálicas llamadas jinetillos. La suma de sus valores junto con las posiciones ocupadas nos da el empuje sobre el sumergible y de aquí podemos calcular la densidad del líquido.



11 Balanza hidrostática

1950

Con las balanzas hidrostáticas como ésta, podemos calcular la densidad de un cuerpo sólido. Para ello colocamos el peso en la balanza colgándolo de un gancho y medimos su masa. A continuación sumergimos el cuerpo en agua, con lo que la balanza se desequilibra, siendo necesario retirar parte de las pesas colocadas. Midiendo el peso aparente, podemos calcular la densidad del cuerpo.



12 Areómetro de Nicholson

1867

El de **Nicholson** es un areómetro empleado para medir la densidad de cuerpos sólidos. Primero se coloca el cuerpo a medir sobre el soporte superior del areómetro sumergido en agua, lastrando el

flotador hasta llegar a una marca intermedia. Después se coloca el cuerpo en la parte inferior del flotador y se compensa con pesas el desequilibrio debido al empuje. Esto permite medir la densidad del cuerpo.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

13 Balanza de precisión

1940

Estas balanzas de laboratorio consiguen una precisión próxima al 1 mg



14 Balanza de precisión

1957

Balanzas de laboratorio que consiguen una precisión próxima al 1 mg.



15 Balanza de precisión

1950

Con las balanzas hidrostáticas como esta, podemos calcular la densidad de un cuerpo sólido. Para ello colocamos el peso en la balanza colgándolo de un gancho y medimos su masa. A continuación sumergimos el cuerpo en agua, con lo que la balanza se desequilibra, siendo necesario retirar parte de las pesas colocadas. Midiendo el peso aparente, podemos calcular la densidad del cuerpo.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

16 Juego de pesas grandes



17 Juego de pesas balanza de precisión



18 Pesa cartas

Los pesacartas han sido balanzas destinadas a medir pesos pequeños como cartas o paquetes postales. Se basan también en la ley del paralelogramo.



19 Pesa leches ~1880

Este curioso densímetro marcaba la riqueza de la leche (contenido en grasa). Existe todo tipo de densímetros específicos para diferentes líquidos: orina, ácidos, lejías, miel, taninos, jarabes, etc.



20 Alcohólimetro

Los alcohólimetros son densímetros calibrados para medir disoluciones de alcohol en agua (vino) cuya densidad es menor que la del agua.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

21 Densímetros y areómetros

Colección de densímetros o areómetros para diferentes tipos de líquidos. Vienen, por lo general, expresados en grados 'Baumé'. Estos grados toman como referencia la disolución de sal (cloruro sódico en agua) al 10 % que equivale a 10° Baumé.



22 Balanza romana

Balanza romana de bastante antigüedad, préstamo de A. Franganillo.



23 Balanza Electrónica 1980

Las balanzas electrónicas han sustituido en la práctica a los clásicos granatarios. Sin embargo, es conveniente saber que su precisión no siempre supera a éstos. La sensibilidad de estas balanzas suele estar entre los 100 y 10 mg



24 Balanza de Analítica moderna ~1980

Las balanzas analíticas modernas permiten medir masas con una extraordinaria precisión que puede llegar a los microgramos.

El ejemplar aquí expuesto procede de los laboratorios de la antigua fábrica vallisoletana de fertilizantes NICAS, tristemente desaparecida a finales del siglo XX.





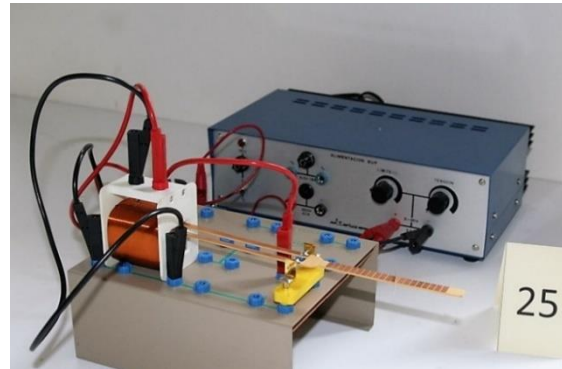
“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

25 Balanza magnética

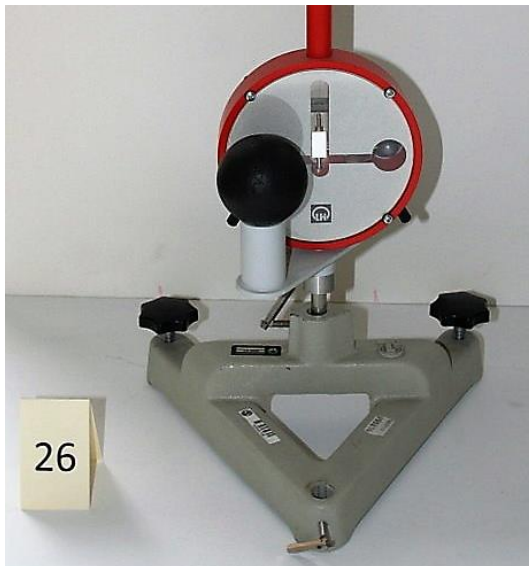
~1980

Un sencillo balancín por el que circula una corriente eléctrica nos permite medir el campo magnético generado en el interior de una bobina o autoinducción. Equipo ENOSA.



26 Balanza de Cavendish

Préstamo de la Universidad de Valladolid



27 Dinamómetros

Dinamómetros de diferentes medidas. Algunos miden en unidades de Fuerza (Newton) y otros en gramos-peso.



28 Muelles de diferentes características

En esta colección de muelles puede observarse la ley de Hooke: deformación proporcional a la fuerza y a las características del muelle.





“Cuestión de masa”

Exposición de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.

29 Balanza doméstica moderna

1990

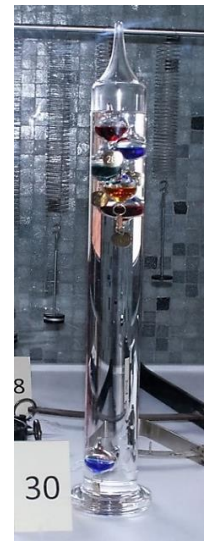
Basada en un principio semejante al de la 'romana'. De origen sueco. Balanza de brazos desiguales con ajuste fino. Prestada para esta exposición por J.L.Orantes.



30 Termómetro de Galileo

2016

La variación de densidad de los líquidos con la temperatura posibilita la construcción de estos vistosos termómetros. Cada bolita sumergida tiene un peso ligeramente diferente. Al aumentar la temperatura, la densidad del líquido y su empuje disminuye, haciendo descender las bolas. La temperatura está determinada por el valor de la última bola sumergida y las que quedan flotando. Particular.



31 Balanza didáctica

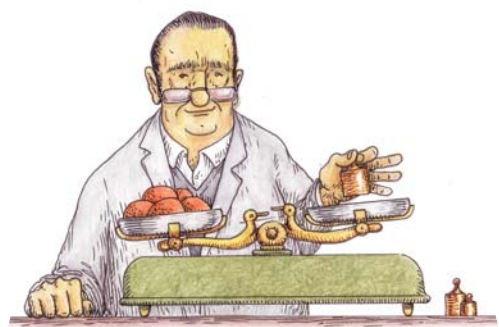
~1980

Balanza de brazos desiguales de la casa PHYWE. Modelo descatalogado. Ha desaparecido el platillo original. Posee una amortiguación de las oscilaciones por freno magnético basado en la ley de inducción de Faraday.

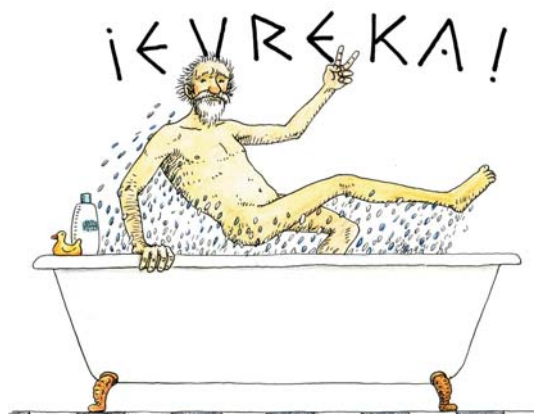


32 Modelo a escala del kilogramo patrón





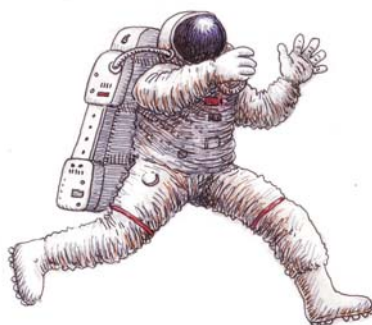
¿Cómo eran las balanzas de los tenderos antes de inventarse las electrónicas?



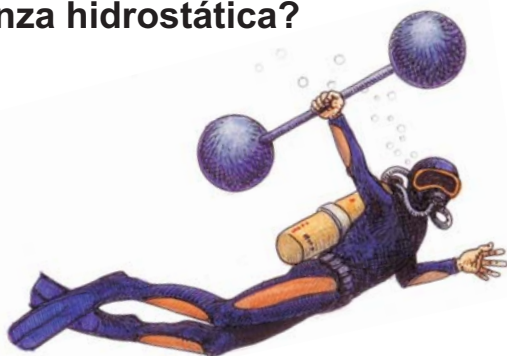
¿Qué descubrió Arquímedes al meterse en la bañera?



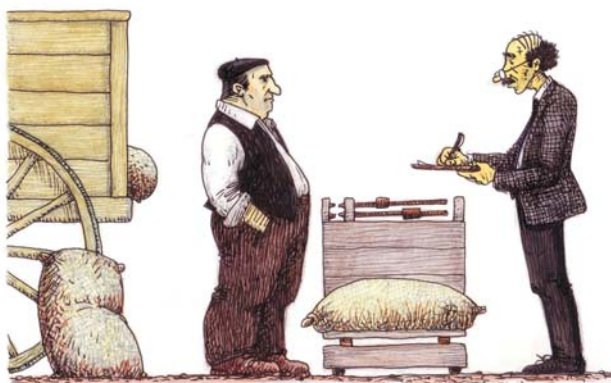
¿Qué mide una balanza hidrostática?



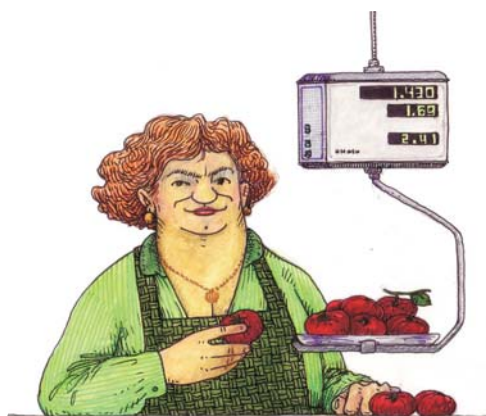
¿Cómo es la gravedad en la Tierra? ¿y en la Luna? ¿y en Marte?



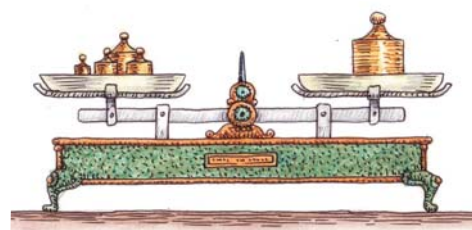
¿Sabes qué es un areómetro?



¿Sabes pesar con una balanza?



¿Qué es eso de la Piezoelectricidad?



¿puede una balanza convertirse en un objeto práctico y decorativo?



¿A quién darías el Óscar de las balanzas?

EXPOSICIÓN de balanzas históricas del Instituto Zorrilla de Valladolid y aparatos relacionados con la medida de masas, pesos y densidades.