

Curiosidades de la Ciencia y de la vida 2

Ciencia y Tecnología de bolsillo

- La "Ley de Moore" afirma que los microprocesadores duplican su potencia y capacidad cada 18 ó 24 meses. Esta ley se ha cumplido desde que fue enunciada en 1965 por Gordon Moore, el cofundador de Intel. El chip de silicio, base de los microprocesadores, fue inventado por Jack Kilby en 1958. Esta ley no pudo imaginarla en 1943 Thomas Watson, presidente de IBM, quien teniendo en cuenta el costo y complejidad de un ordenador se atrevió a decir: "Creo que en el mundo hay mercado para unos cinco ordenadores como mucho".

- La entropía es una magnitud que nos da el grado de desorden o caos de un sistema. Las reacciones químicas o físicas tienen la propiedad de que se producen sólo en el sentido en el que aumenta o se conserva la entropía. La entropía crece con el volumen y la temperatura. En general, es frecuente que las cosas tiendan a estropearse y no a arreglarse solas: Es la entropía del mundo. La segunda ley de la termodinámica lo afirma diciendo que el desorden de un sistema aislado debe incrementarse con el tiempo o, como máximo permanecer constante. O sea, si algo se ordena es porque recibe energía externa al sistema. Por ejemplo, vemos que en la Tierra nacen plantas y animales, que son formas bastante ordenadas de moléculas y átomos. Esto es debido gracias a que las plantas utilizan la energía del Sol (fuente de energía externa) y los animales utilizan la energía de las plantas o de otros animales. Así, podemos asegurar que la entropía del Sol aumenta por momentos. La primera ley de la termodinámica es la que afirma que la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma.

- El iridio es el metal más pesado del mundo y uno de los más escasos. Un cubo de 30 cm. de lado pesaría 650 kilos. Es blanco amarillento, funde a 2.440 grados centígrados, es muy resistente, de símbolo químico Ir y número atómico 77. Fue descubierto en 1803 por el químico Smithson Tennant.

- A una altitud de 10.000 metros (altura a la que vuelan los aviones), la presión atmosférica es 4 veces menor que a nivel del mar y la temperatura llega a los 55 grados centígrados bajo cero.

- En condiciones normales y al nivel del mar el aire pesa 1,2928 gramos por litro. Hay que decir que el aire caliente pesa menos que el frío y el húmedo más que el seco. Además, a mayor altitud, menos pesa el aire.

- En una botella de aire comprimido utilizada por los submarinistas, de 15 litros de capacidad a presión normal (presión atmosférica, 1 atmósfera), se llegan a introducir 3.000 litros de aire a 200 atmósferas (200 veces la presión atmosférica normal al nivel del mar). Al nivel del mar la presión es de 1 kilo por cm².

- Un barómetro es un aparato para medir la presión atmosférica. Básicamente consiste en un tubo en forma de U, parcialmente lleno con un líquido (normalmente mercurio), abierto por un extremo y cerrado por el otro, con el vacío en este último extremo. A mayor presión atmosférica, mayor presión habrá en el líquido en el extremo abierto y este empuje hará que el líquido baje en ese lado y suba en el extremo cerrado. Esto sirve también para predecir el tiempo, ya que bajas presiones indican mal tiempo (borrasca) y altas presiones indican buen tiempo (anticiclón).

- El aire fluye de las regiones de altas presiones (anticiclones) a las regiones de bajas presiones (borrascas), en un camino curvo sobre la superficie de la Tierra debido a la rotación de la Tierra. Por ejemplo, si en el Norte hay un anticiclón y en el Sur una borrasca, el aire irá del Norte al Sur y en su camino, como la Tierra gira hacia el Este y con ella gira también la borrasca, el aire irá cada vez más en dirección Este, girando en el sentido contrario a las agujas del reloj. Si el aire circulara del Sur al Norte el sentido de giro sería el de las agujas del reloj, siendo este propio del hemisferio Sur y el otro del hemisferio Norte. Estas desviaciones se deben a la rotación de la Tierra y no a ninguna fuerza especial. Sin embargo, a veces este efecto se dice que se debe a la fuerza de Coriolis, por el científico francés Gaspard de Coriolis (1792-1843).

- Los tornados ocurren cuando se juntan dos masas de aire, una fría (encima) y la otra caliente (debajo). Entonces, el aire caliente tiende a subir y el frío a bajar, formándose torbellinos de aire que pueden ser muy peligrosos. En la película "Tornado" (Twister, 1996) se relatan los escalofriantes efectos de un gran tornado ficticio.

- El Cloro es uno de los elementos químicos más antiecológicos: Es un veneno mortífero si es arrojado al mar o a los ríos. Basta ver las inmediaciones de algunas fábricas papeleras que utilizan cloro para blanquear el papel. Además, una sola molécula de cloro lanzada a la atmósfera destruye hasta 10.000 moléculas de ozono, el gas que nos protege de las radiaciones negativas del Sol.

- El transistor (base de los procesadores actuales) fue inventado por John Bardeen y William Brattain el de contactos puntuales o de puntas en 1948 y por William Shockley (1910-1989) el de unión en 1951. Los tres fueron galardonados con el Nobel de física en 1956.

- La marea alta se repite cada 12 horas y 25 minutos, en cualquier punto del planeta. Ese tiempo es la mitad del que emplea la Luna para regresar aproximadamente a la misma posición (en dar una vuelta a la Tierra). Esto se debe a que la Luna ejerce una fuerza de atracción sobre el agua de los océanos que están en el lado que está la Luna, alejando este agua de la Tierra, pero también ejerce una fuerza sobre la Tierra alejándola del agua del lado opuesto. Así pues, las dos mareas se producen en los lados diametralmente opuestos y en línea con la posición de la Luna. En realidad no es exactamente en línea con la Luna, ya que el agua se mueve lentamente siguiendo la velocidad de la Luna pero con retraso. Como efecto secundario esto hace que la rotación de la tierra se vea frenada con lo que los días se hacen cada vez más largos (unas 2 milésimas por siglo) y además la Luna es acelerada y en consecuencia se aleja de la Tierra (unos 3 cm. por año). El Sol también produce mareas pero son aproximadamente un tercio más pequeñas que las producidas por la Luna. Así, durante la Luna Nueva y la Luna Llena (2 veces al mes) estas fuerzas se alinean obteniendo mareas más grandes de lo normal (mareas vivas o de sicigia). Durante los cuartos lunares, Cuarto Creciente y Menguante (también 2 veces al mes), las dos fuerzas se descompensan obteniendo mareas más pequeñas de lo habitual (mareas muertas o de cuadratura).

- El metro se puede definir como la distancia recorrida por la luz en el vacío en 0,000000003335640952 segundos (1/299.792.458), medidos por un reloj de cesio.

- El físico alemán de origen judío Albert Einstein (1879-1955) nunca destacó por sus buenos resultados académicos, lo que no le impidió recibir el premio Nobel de física en 1921 por sus trabajos sobre el efecto fotoeléctrico, y no por su más famoso trabajo, la teoría de la relatividad, publicada en 1916 pero que aún era discutida. Además, fue uno de los grandes pioneros en el estudio de la mecánica cuántica. Sin embargo, fue muy crítico con ella sobre todo cuando se empezaron a usar probabilidades para describir los sistemas, a raíz del principio de incertidumbre de Heisenberg. Refiriéndose a esto, es famosa la afirmación de Einstein indicando que "Dios no juega a los dados". Se dice que un colega de Einstein y amigo de toda la vida, el físico danés Niels Bohr (1885-1962), arto de esta frase, en una ocasión le respondió: "¡Albert! ¡Deja de decirle a Dios lo que tiene que hacer!". A consecuencia del nazismo de su país natal, Einstein, que era de origen judío, se nacionalizó en Suiza en 1901.

En 1905, siendo todavía un físico totalmente desconocido, consiguió publicar tres artículos revolucionarios para la física. Por el primero fue por el que se le concedió el Nobel y en el tercero expone su teoría de la relatividad especial.

En 1914, cuando ya tenía un alto prestigio, fue a trabajar a Alemania, nombrado director del instituto de investigación Kaiser Wilhelm, en Berlín. Entonces, Einstein declaró: "Los alemanes apuestan por mí como si fuera una gallina de primera clase, pero no estoy muy seguro de que pueda poner otro huevo". Pero en 1916 publicó su teoría de la relatividad general que le ha convertido, definitivamente, en uno de los más grandes genios de la humanidad. Y todo, a pesar de que la I Guerra Mundial (1914-1919) asolaba Europa.

Posteriormente, en 1940, durante la II Guerra Mundial (1939-1945), se nacionalizó en Estados Unidos. En 1939 Einstein firmó una carta la presidente Roosevelt pidiéndole que se creara un programa de investigación de la reacción en cadena, pero en 1945, cuando se hizo evidente que la bomba nuclear era realizable pidió a Roosevelt que no se emplease, sin conseguirlo (en Agosto de ese año se arrojaron dos bombas atómicas sobre las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki). Hasta su muerte luchó activamente contra la proliferación de las armas nucleares consciente de su peligrosidad. A la pregunta de cómo sería la III Guerra Mundial respondió que la cuarta sería con piedras.

- La Teoría de la relatividad general, que Albert Einstein (1879-1955) publicó en 1916 (y en otros artículos anteriores), ha sido y es una de las teorías más influyentes de todos los tiempos. Esta teoría es bastante compleja. Tanto, que en los años 30 un entrevistador comentó al astrónomo y físico inglés Arthur Eddington (1882-1944) que se comentaba que él era una de las 3 personas del mundo que entendía la teoría de la relatividad general. Eddington se extrañó y cuando el entrevistador el preguntó los motivos, el físico aclaró que estaba intentando averiguar quien sería la tercera persona. También se cuenta que en cierta ocasión Einstein alagó al actor Charles Chaplin diciendo: "Lo que he admirado siempre

de usted es que su arte es universal; todo el mundo le comprende y le admira". A esto, Chaplin respondió: "Lo suyo es mucho más digno de respeto; todo el mundo le admira y prácticamente nadie le comprende".

A pesar de la complejidad de esta teoría, contiene un montón de implicaciones interesantes que han sido demostradas en diversas ocasiones:

- La Teoría de la relatividad general es la mejor teoría moderna de la gravitación: En esencia esta teoría indica que la materia hace que se curve el entramado del Universo, llamado espacio-tiempo. Para dar una idea de la teoría imaginemos un objeto pesado en una cama elástica. Este, deforma su entorno (la cama) de forma que si situamos una bola en la cama elástica esta se verá atraída por el objeto. De la misma forma, según esta teoría, un objeto deforma el espacio-tiempo de su alrededor y hace variar el movimiento de otros objetos. Esta teoría es una ampliación de la teoría de Newton, la cual sigue siendo útil para objetos con menor masa.

El principio de equivalencia de Einstein establece que es imposible distinguir, por ningún método físico, entre un campo gravitatorio uniforme y una aceleración uniforme. Esto implica que la luz es también atraída por la gravedad. Para demostrar esto Einstein ya dijo en 1911 que sería muy útil un eclipse de Sol. Pero no valía cualquier eclipse, pues el Sol desvía la luz de las estrellas que se ven cerca de él, las cuales no pueden observarse por culpa de la luz solar. Así, en un eclipse la luz solar es menor y podrán observarse si estas estrellas son suficientemente brillantes. Además, para observar que la luz ha sido desviada (y por tanto las estrellas las vemos en posiciones cambiadas, donde no deberían estar) es necesario que existan otras estrellas alejadas del Sol, que nos sirvan de referencia. Un eclipse así tuvo lugar el 29 de Mayo de 1919 y cuando Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944) telegrafió a Einstein para informarle que estaba en lo cierto, dijo "sabía que la teoría era correcta" (según un testigo presencial). Luego, le preguntaron cual hubiera sido su reacción de no haber sido cierta y replicó: "Lo habría sentido por el buen Dios. La teoría, por supuesto, es correcta". Hay que tener en cuenta que Einstein ya había comprobado que su teoría era cierta, basándose en el movimiento del perihelio de Mercurio.

- Para la teoría de la relatividad la velocidad de la luz (señalada con la letra c) debe ser constante independientemente del punto de referencia del observador, cosa que encaja perfectamente con las teorías de James Clerk Maxwell (1831-1879) quien ya dijo que la velocidad de la luz sería finita e invariable. Esto tiene implicaciones muy importantes: Los relojes en movimiento se mueven más despacio, es decir, cuando estamos el movimiento nuestro tiempo pasa más despacio. Vamos a demostrarlo. Imaginemos que dentro de un vagón de tren ponemos un espejo en el techo y con el tren parado medimos el tiempo que tarda un pulso de luz en viajar desde el suelo al techo, reflejarse en el espejo y volver al suelo. Con esto podemos determinar la velocidad de la luz en parado. Si repetimos el experimento con el tren en marcha, obtenemos la misma velocidad para la luz, o sea, c es constante para todos los observadores. Sin embargo, en un tren en movimiento la luz tiene que recorrer un espacio mayor, ya que desde que se emite la luz hasta que se refleja en el espejo, el tren se ha movido algo y, para un observador externo al tren, la luz ha viajado oblicuamente hacia arriba y luego, en el mismo sentido, oblicuamente hacia abajo. Pero como la luz tarda el mismo tiempo la única alternativa es que cuando el tren se mueve el reloj va más despacio por lo que en el mismo intervalo de tiempo la luz recorre más espacio. Naturalmente, a velocidades tan pequeñas como las de nuestros medios de transporte, este efecto, aunque real, no tiene demasiadas implicaciones. Si pudiéramos viajar en una nave a la velocidad de la luz, el tiempo se pararía y los pasajeros de esa nave dejarían de envejecer mientras se continuase a esa velocidad.

- A partir del experimento anterior no es difícil deducir, usando el teorema de Pitágoras, la razón g (gamma) entre el tiempo que transcurre fuera (T) y dentro (T') del tren:

$$g = T/T' = 1 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

donde sqrt expresa la raíz cuadrada, v la velocidad del tren y c la velocidad de la luz.

Esto nos da el valor exacto del factor de alargamiento del tiempo cuando lo observamos en movimiento a velocidad v. En la siguiente tabla podemos ver que este efecto apenas tiene repercusión en la vida cotidiana, pues las velocidades ordinarias están muy lejos de c:

Objeto móvil	Velocidad (v)	v/c	g
Coche	100 Km/h	0.00000009	1.000000000
Avión Concorde	2000 Km/h	0.000002	1.000000000
Bala de fusil	1 Km/s	0.000003	1.000000000
Velocidad orbital de la Tierra	30 Km/s	0.0001	1.000000005
10% de c	30.000 Km/s	0.1	1.005
50% de c	150.000 Km/s	0.5	1.155
90% de c	270.000 Km/s	0.9	2.294
99% de c	297.000 Km/s	0.99	7.089
99.99% de c (muones)	299.970 Km/s	0.99997071	71

Esta tabla indica que para que el tiempo pase la mitad de lento habría que ir a una velocidad cercana al 90% de c (0.9c) y que conforme más nos acercamos a c, más crece este factor.

- Repitamos el experimento del tren pero poniendo el espejo en un extremo del tren, de forma que la luz viaje en la

misma dirección que el tren. Así, cuando la luz viaja en el mismo sentido que el tren, la distancia que recorre es mayor que cuando va en sentido contrario al tren. Esto traería ciertas incoherencias y se deduce que, en movimiento, el espacio se contrae en la dirección del movimiento (y sólo en esa dirección) en un factor de $1/\gamma$.

- Según la mecánica de Newton si dos objetos se mueven en sentidos opuestos a velocidades v y v' , la velocidad relativa entre ambos objetos es $v+v'$, es decir, cada objeto ve al otro a una velocidad de $v+v'$. Pues bien, eso que puede parecer lógico es falso, aunque para velocidades alejadas de c es suficientemente aproximado como para darlo por válido. Imaginemos dos cohetes que viajan en sentidos opuestos a velocidades $v=0.6c$ (60% de c) y $v'=0.8c$ (80% de c). Según la mecánica newtoniana la velocidad relativa sería $0.6c + 0.8c = 1.4c$, que es una velocidad superior a la velocidad de la luz (c), lo cual es imposible. Entonces, ¿cómo se calcularía esa velocidad relativa (VR)? En vez de sumar v y v' hay que multiplicar V y V' y luego calcular VR. V se calcula como sigue (V' se calcula de igual forma):

$$V = \sqrt{(1 + v/c)/(1 - v/c)}$$

donde $V_2 = (1+0.6)/(1-0.6)=1.6/0.4=4$ y por tanto $V=2$, y $V'_2 = (1+0.8)/(1-0.8)=1.8/0.2=9$ y por tanto $V'=3$. Así la velocidad relativa entre ambos cohetes es calculada por:

$$VR / c = ((V*V')^2 - 1) / ((V*V')^2 + 1) = 35/37 = 0.946 \text{ (aprox.)}$$

que es una velocidad muy cercana a la de la luz, pero no mayor que ésta. La demostración de esas ecuaciones escapa de nuestro objetivo, pero es fácil ver que para las velocidades nuestras habituales esto no tiene relevancia.

De ahí se obtienen otras consideraciones curiosas: Si uno de los cohetes viaja a la velocidad c (la de la luz), o sea $v/c=1$, la velocidad relativa entre ambos será también c (infinito/infinito=1), excepto que $v'/c=-1$. Es decir, si $v'/c=-1$ es que ambos viajan a velocidad c y en el mismo sentido y así nos encontramos con el producto de infinito por cero que es una indeterminación matemática, cosa lógica ya que no tiene sentido ver la velocidad relativa si ambos viajan a velocidad c .

Las ecuaciones anteriores siguen siendo válidas si cambiamos el sentido a un cohete para que ambos viajen en el mismo sentido y tan sólo hay que tener en cuenta que dicho cohete tendrá velocidad negativa. Se puede concluir que con la mecánica newtoniana la velocidad relativa obtenida da valores demasiado grandes para objetos que se mueven en sentido opuesto y demasiado pequeños para objetos que se mueven en el mismo sentido.

- El tiempo pasa más lentamente cerca de un cuerpo de gran masa (como la Tierra): Cuando la luz viaja alejándose de un campo gravitatorio (como el terrestre), pierde energía y, por lo tanto, su frecuencia disminuye o, en otras palabras, aumenta la longitud de onda (período de tiempo entre una cresta de la onda y la siguiente). Así, a alguien situado arriba le parecería que todo lo que pasa abajo transcurre más lentamente. Esta predicción fue comprobada en 1962, usándose un par de relojes muy precisos instalados en la parte superior e inferior de un depósito de agua. Se demostró que el reloj de abajo, que estaba más cerca de la Tierra, iba más lento. Así, la gente que vive en las montañas envejece más rápido que los que viven al nivel del mar. No obstante, en ese caso, la diferencia es casi despreciable. Donde esta teoría se aplica es en los sistemas de navegación de gran precisión, basados en señales provenientes de satélites. Si se ignoraran las predicciones de la relatividad general, la posición que uno calcularía tendría un error de varios kilómetros.

- En la Teoría de la relatividad general no existe un tiempo absoluto y único, sino que cada individuo posee su propia medida personal del tiempo, que depende de dónde está y de cómo se mueve dicho individuo.

- Otra predicción de esta teoría es que la masa de un cuerpo en movimiento aumenta, siendo más pesado que si estuviera inmóvil. La masa del cuerpo en movimiento es calculada, a partir de su masa en reposo (m), por el siguiente producto: $\gamma * m$. Esta es la razón de porqué la velocidad de la luz es insuperable, ya que cuanto más aumentamos la velocidad de un objeto más aumenta su masa y por tanto resulta más difícil aumentar su velocidad y cuando estamos cercanos a c su masa aumenta mucho más deprisa hasta que (teóricamente) se haría infinita al llegar a c , cosa obviamente imposible. Eso, es una consecuencia de que la masa y la energía son equivalentes, siguiendo la célebre ecuación: $E=mc^2$

O sea, para dotar a un objeto de una velocidad v partiendo del reposo necesita una variación de energía dE (energía cinética) y esto implica una variación de su masa dd : $dE=ddc^2=(\gamma-1)mc^2$.

Podría pensarse que el fotón contradice esa ley, ya que viaja a velocidad c , pero si lo consideramos como una partícula su masa en reposo será cero, cosa que no es incoherente para una partícula que no puede dejar de moverse.