

CienciaOnline  
↔ Física ↔

LORENZO HERNÁNDEZ

15 de diciembre de 2013

# Índice

1. ¿Por qué no existen los fantasmas?↔↔↔	3
2. $E = mc^2$ también en química.↔↔↔	6
3. Enfrentándose al más grande.↔↔↔	6
4. Los aceleradores del coche.↔↔↔	7
5. La presión y los oídos.↔↔↔	8
6. La revolución de la mecánica cuántica.↔↔↔	8
7. La carga eléctrica: cuestión de actitud.↔↔↔	9
8. Los atomistas y la inercia.↔↔↔	10
9. Una galleta muy explosiva.↔↔↔	11

## 1. ¿Por qué no existen los fantasmas?↔↔↔

Resulta paradójico que en el momento histórico de mayor desarrollo científico, cuando mejor entendemos lo que ocurre a nuestro alrededor, aún haya personas, personas de todas las edades, que creen en la existencia de fantasmas y demás seres del más allá. Mi experiencia con el alumnado me confirma que es muy difícil luchar contra las creencias sobre fenómenos paranormales, fantasmas y demás charlatanería. Simplemente porque otorgan más autoridad a la persona que les cuenta que pasó tal cosa extraña inexplicable o porque son aficionados a programas como Cuarto Milenio. Por mucho que se les argumente, incluso con una explicación científica del fenómeno (pueder ser un efecto óptico o atmosférico, por ejemplo), siempre su creencia en lo que le contaron que ocurrió suele ser superior. Lo más que se puede hacer es enseñarles ciencia, cómo la ciencia realiza descubrimientos sobre la realidad y que sean ellos los que pongan sus creencias en duda.

Uno de los argumentos (falaces) más comunes de la gente que defiende este tipo de fenómenos es usar la propia ciencia para defender sus tesis. Uno de los más comunes es el siguiente:

*En muchas ocasiones, los científicos pensaron que algo era imposible y luego se logró. Leyes y teorías antiguas tomadas como verdaderas hoy día se consideran que no son correctas. ¿Acaso no es posible que existan los fantasmas y que la ciencia aún no haya podido estudiarlos?*

Los más aventurados son capaces de usar la física cuántica o el uso de once dimensiones que usan algunos físicos teóricos para cuestionar si no puede existir otro universo paralelo que de vez en cuando interactúa con el nuestro. Es más, los mismos científicos también usan los conceptos *universo paralelo* o *dimensión extra*, y son reconocidos por la comunidad científica. ¿Qué diferencia hay?

En este tipo de argumentos se cometen errores graves por dos motivos: ignorancia de cómo avanza la ciencia y extrapolación de fenómenos a distintas escalas.

*Ignorancia de cómo avanza la ciencia.*

Ninguno de los estudiosos de fenómenos paranormales supera en imaginación y creatividad a los científicos. Los científicos que trabajan en la frontera del conocimientos deben estar preparados para fenómenos sorprendentes (incluso más que los inventados por charlatanes) y abandonar o ampliar teorías que hasta el momento ellos mismos consideraban correctas. Esto ha ocurrido en la historia de la ciencia y

seguirá ocurriendo. Por ejemplo, hoy sabemos que las leyes de Newton son correctas a escalas intermedias. No se pueden aplicar al mundo atómico ni a grandes escalas del universo. En el mundo microscópico se usa la física cuántica y a escalas del universo la relatividad de Einstein. A grandes velocidades tampoco nos sirven. Por tanto, las leyes de Newton son una aproximación muy buena una escala intermedia (escala humana o sistema solar) pero eso no quiere decir que sean falsas. De hecho funcionan muy bien.

Este avance de la ciencia puede servir como arma arrojada a los que la usan para argumentar que, al igual que las leyes de Newton estaban equivocadas, las leyes actuales de la ciencia no pueden explicar los fenómenos paranormales que dicen haber experimentado ciertas personas. Esto es un error, veamos por qué.

Las leyes de Newton no estaban equivocadas, de hecho hoy se siguen usando a nuestra escala. Era la mejor explicación a los fenómenos mecánicos que se podían observar en la época. En la época de Newton era imposible explorar distancias muy pequeñas o muy grandes, o energías o velocidades extremadamente altas. De hecho, la mecánica acababa de nacer, era todavía un bebé. Es como pedirle a un bebé de cuatro meses que empiece a hablar. Los científicos han encontrado leyes y teorías que amplían las de Newton cuando han podido explorar el universo de lo muy grande o de lo muy pequeño, y han podido, al menos concebir, velocidades tan elevadas como la de la luz. Nuestro conocimiento, en parte, está limitado por la tecnología y por el conocimiento de una determinada época. Newton no podía haber descrito las leyes de la física cuántica ni la relatividad porque estaban muy lejos de su alcance (y de cualquier científico de la época). Además, es falso que las leyes de Newton son erróneas. La relatividad de Einstein no anula las leyes de Newton sino que se aplican a un campo más amplio, siendo las de Newton una aproximación muy buena cuando estudiamos fenómenos a velocidades pequeñas y escalas intermedias. Es como decir que el primer ferrocarril no estaba bien construido porque hoy día construimos trenes que levitan y que van muchos más rápido. Una nueva teoría debe explicar nuevos fenómenos pero también los ya descritos. La relatividad de Einstein debe coincidir, y de hecho lo hace, con la descripción newtoniana cuando se aproxima a escalas intermedias.

Por ejemplo, al contrario que Newton, Einstein predijo que la masa no es una constante sino que depende de la velocidad con que se mueva un objeto respecto de otro. Su expresión matemática es:

$$m' = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Esta ecuación predice que la masa de un objeto aumenta en relación a su velocidad. Si la velocidad llegara a la de la luz (300000 Km/s aprox.), el cociente  $v^2/c^2$  sería 1, por lo que tendríamos que dividir la masa por cero, y obtendríamos una masa infinita. Sin embargo, si hablamos de velocidades pequeñas (100 km/h, 300 km/h o 45000 km/h) el cociente será prácticamente cero y la masa se dividirá entre 1, por lo que ambas masas serían iguales, tal y como predecía Newton. Igual ocurre con el tiempo, la velocidad o la longitud.

Por tanto, los científicos han descubierto nuevos fenómenos, en ocasiones desconcertantes y diferentes a nuestra experiencia cotidiana, cuando han explorado situaciones anteriormente imposibles, no han descubierto fenómenos totalmente distintos a nuestra escala.

#### *Fenómenos a distintas escalas.*

Los más aventurados usan los fenómenos de la física cuántica o el uso de dimensiones extra de los físicos teóricos para intentar argumentar fenómenos paranormales. En esta ocasión cometen un error de escala. Todos los fenómenos exóticos que ocurren a escala microscópica no ocurren a escala macroscópica porque si fuera así ya los hubiéramos detectado y estudiado, mucho antes que los primeros. Si existen dimensiones extra deberán ser minúsculas y estar muy curvadas, u ocultas a la vista de alguna forma. Los científicos hablan de dimensiones extras pero no se refieren a escala macroscópica. Y cuando hablan de universos paralelos o la existencia de otros universos se refieren a escalas muy grandes, más elevadas que nuestro propio universo.

Además, se intenta confundir al usar terminología científica y darle un significado totalmente distinto al científico. De esta manera, parece que el argumento tiene rigor.

En definitiva, no es que los científicos no puedan imaginar mundos desconocidos donde ocurren fenómenos sorprendentes, sino que buscan estos fenómenos a escalas muy grandes o muy pequeñas, no a nuestra escala. Si dichos fenómenos existieran a nuestra escala ya lo hubiéramos descubierto y descrito.

## 2. $E = mc^2$ también en química. $\leftarrow\rightsquigarrow$

$E = mc^2$  es una de las ecuaciones más famosas y bellas de la física y una de las inspiraciones más acertadas de la mente humana, más en concreto la de Einstein. Es así, no sólo por su trascendental significado, sino por su sencillez, algo que hace gozar a los científicos.

Aunque esta ecuación se suele relacionar más con procesos físicos, como las reacciones nucleares que ocurren en las estrellas o en la explosión de una bomba atómica, también se verifica para la química, aunque sea prácticamente imperceptible. Así, la ecuación  $E = mc^2$  está presente en nuestros quehaceres cotidianos.

Einstein descubrió que la masa y la energía están íntimamente relacionadas y que son dos caras de la misma moneda. Todo proceso que emita energía debe perder algo de masa. En estos procesos, no sólo se incluye reacciones nucleares, causa de la espectacular bomba atómica, sino también en procesos tan cotidianos como realizar la digestión, la combustión de gasolina, etc.

Pero realmente, ¿cuál es la cantidad de masa los procesos cotidianos mencionados anteriormente? Nos podemos hacer una idea con el siguiente símil: si hacemos explotar un kilogramo de TNT, la energía será desprendida de la conversión de la mitad de una milmillonésima parte de un gramo de masa. Por lo tanto, después de explotar pesaría media milmillonésima parte menos. Una cantidad que se puede despreciar. En estos procesos no es preciso medir la pérdida de masa pero resulta interesante saber que ocurre en nuestros cuerpos y no sólo en reacciones nucleares.

## 3. Enfrentándose al más grande. $\leftarrow\rightsquigarrow$

Al suponer que la velocidad de la luz era constante, una especie de límite cósmico, que nada en el Universo puede superar, Einstein ponía en tela de juicio la teoría de la gravedad de Newton. La Teoría de la Relatividad Especial, publicada en 1905, contradecía la Ley de la Gravedad de Newton. Einstein se estaba enfrentado al padre de la gravedad. Pero ¿qué tiene que ver la velocidad de la luz con la gravedad?

Newton demostró que la fuerza de la gravedad era la que mantenía a los planetas dando vueltas alrededor del Sol y la Luna alrededor de la Tierra. Para comprender el conflicto supongamos que de repente el Sol se vaporizara y desapareciera por completo. En ese instante, según Newton, los planetas saldrían inmediatamente de

sus órbitas por la tangente y se perderían en el espacio. Al igual que ocurre cuando hacemos girar una esfera atada a un hilo de forma circular y soltamos el hilo. Newton creía que la gravedad era una fuerza que actuaba instantáneamente a cualquier distancia, de modo, que sentiríamos los efectos de la destrucción del Sol de manera inmediata. Pero Einstein encontró un problema en la teoría de Newton. Uno de los postulados de Einstein en su teoría especial de la relatividad era que la velocidad de la luz era constante (unos 300000 Km/s) y que nada podía viajar más rápido. Así, la radiación electromagnética procedente del Sol tarda 8 minutos en recorrer los 150 millones de kilómetros que hay hasta la Tierra. Y si había demostrado que nada, ni siquiera la gravedad, viaja más rápido que la luz, ¿cómo podría salirse de la órbita la Tierra antes de que la oscuridad producida por la desaparición del sol llegara a nuestros ojos?

Cuando rondaba la treintena se embarcó en una travesía para resolver este misterio. Después de 10 años encontró una respuesta. Einstein supuso un tejido espacio-temporal el cual se deformaba debido a las masas al igual que se deforma una cama elástica cuando ponemos un objeto como una bola de bolos en su centro. La curvatura del espacio-tiempo es lo que produce la gravedad. El Sol deforma el espacio-tiempo y por eso la Tierra gira a su alrededor. Suponiendo esto, si desapareciera el Sol, la perturbación gravitacional produciría una especie de ola que se propagaría por el tejido espacial del mismo modo que al lanzar una piedra a un lago. No percibiríamos un cambio en la órbita hasta que esa ola no alcanzara nuestro planeta. Es más, Einstein calculó que estas ondas gravitacionales viajan exactamente a la velocidad de la luz. Con esta nueva teoría resolvió el conflicto con Newton respecto a la rapidez a la que se desplaza la gravedad pero además le proporcionó al mundo entero una nueva forma de ver la fuerza de la gravedad: curvaturas y pliegues en un tejido del espacio y el tiempo. Bautizó a esta teoría como Teoría General de la Relatividad.

## 4. Los aceleradores del coche.↔

El pedal de la gasolina se llama acelerador porque el uso común del término aceleración se refiere a un aumento de velocidad. Sin embargo, la definición científica es que ocurre una aceleración siempre que la velocidad cambia de alguna manera: de módulo o de dirección. Por tanto, el pedal del freno también se puede considerar como un acelerador porque reduce la velocidad del vehículo. Pero incluso el volante se puede considerar un acelerador porque cambia la dirección del vector velocidad.

Por tanto, deducimos que el coche tiene tres aceleradores, cada uno con una

función distinta. Cotidianamente, cuando decimos «acelera» todos nos referimos al aumento de velocidad.

## 5. La presión y los oídos.↔

Cuando vamos de viaje en el coche o nos montamos en un avión hacia cotas más altas, tenemos la sensación de que se nos taponan los oídos. Esto es así porque la presión disminuye conforme subimos en la atmósfera ya que hay menos aire sobre nuestras cabezas. Pero es sólo una sensación, realmente no se taponan nada.

La parte interior del oído es una cámara de aire aislada, conectada al interior de la nariz por una válvula (la trompa de Eustaquio) y separada por el exterior por el tímpano, una membrana que transmite las vibraciones del sonido externo al cerebro. Cuando la presión del exterior es menor que la del interior del oído, el aire del interior empuja y curva el tímpano hacia afuera. Al estirarse el tímpano es menos sensible a las vibraciones y sentimos los oídos “tapados”, aunque en realidad no están tapados por nada.

Y aquí entra en juego la trompa de Eustaquio, que se abre por un instante, deja entrar aire en el oído y las presiones se equilibran. Ahí es cuando el oído se destapa. Como sabéis, si bostezamos o abrimos la mandíbula favorecemos la apertura del tubo y los oídos se nos destapan con mayor facilidad.

## 6. La revolución de la mecánica cuántica.↔

Dada una causa no se produce el mismo efecto: ésta fue la verdadera revolución de la mecánica cuántica.

La mecánica cuántica fue una revolución científica que trastocó todas las ideas sobre el comportamiento de la naturaleza. Ha sido y sigue siendo un triunfo para la explicación de los fenómenos que ocurren a escala microscópica, pero este triunfo tuvo un costo enorme: desafió una de las ideas más fundamentales de todas, la relación entre causa y efecto.

En la física aristotélica cada movimiento tenía que tener una causa inmediata. Se necesitaba un impulso para mantener algo en movimiento. En la física newtoniana el movimiento ya no necesitaba de una causa pero cada cambio en el movimiento



sí la necesitaba. Sin embargo, en la física cuántica dada una causa no siempre se produce el mismo efecto. Esta fue la verdadera revolución y el verdadero abandono de las ideas que fundamentaban la física clásica.

Los resultados de un conjunto dado de circunstancias no están completamente determinados. Hay resultados alternativos posibles. Sólo están determinadas con precisión las probabilidades de las alternativas. La falta de determinismo es realmente revolucionaria.

## 7. La carga eléctrica: cuestión de actitud.↔

En nuestro lenguaje cotidiano, solemos decir que la batería está cargada dando a entender que tiene suficiente energía almacenada para que funcione un determinado dispositivo (el móvil, por ejemplo). Pero cuando hablamos de la carga del electrón y del protón no nos referimos a la energía que estos almacenan o a su estado energético.

Solemos tener muy clara la idea de carga eléctrica hasta que nos preguntan qué es. ¿Qué quiere decir que el electrón tiene carga negativa y el protón positiva? ¿Qué tiene de negativo el electrón y de positivo el protón? ¿Acaso si los viéramos a través de un telescopio imaginario tienen dibujado el signo más y menos?

Hay muchos trabajos, en Internet y revistas especializadas, que hablan de la carga eléctrica y de cómo enseñarla. Por ejemplo, en el [tamiz.com](http://tamiz.com) hay una estupenda explicación usando colores y en la revista *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales* se pueden encontrar actividades para introducir el concepto en el aula.

Podemos acudir a una cualidad humana para definir la carga. Podemos decir que “la carga es una actitud, no es nada en sí mismo”. Es decir, podemos decir que una partícula está cargada según sea su capacidad de atraer o repeler a las demás partículas, según sea su “actitud” respecto a otras partículas.

Cuando hablamos de negativo o positivo “se trata de una manera de mirar la carga que es muy útil matemáticamente, y hace de nuestras fórmulas algo más simple de lo que serían si empleásemos otros convenios diferentes, pero eso es todo” [eltamiz.com](http://eltamiz.com).

## 8. Los atomistas y la inercia.↔↔↔

Dijo Richard Feynman:

*"Si tuviera que elegir una sola frase para expresar lo más importante de la ciencia moderna, esa frase sería: Todo está hecho de átomos."*

No le hicimos (le hicieron) caso a esta idea cuando la plantearon los atomistas Demócrito y Leucipo allá por el siglo IV a.C. Es verdad que no tenían pruebas y, por tanto, no debemos reprochar nada a los que pensaban que el mundo no estaba formado por átomos, pero es una idea que, de haber sido aceptada, hubiera hecho avanzar mucho más rápido a ciencias como la astronomía y la mecánica, ciencias que, en principio, no parecen tener relación con la teoría atómica. Lo que no podremos saber nunca es si el futuro de la humanidad hubiera sido mejor que el que hoy tenemos.

La teoría atómica planteaba algo quizá más importante que la propia hipótesis atómica. Y es que intuyeron el principio de inercia adelantadote casi 2000 años en el pensamiento humano.

A modo de resumen, la doctrina democritea es como sigue:

1. Los átomos son indivisibles e indestructibles.
2. Se mueven en todas direcciones en el seno del espacio vacío.
3. Todo lo que existe es átomo y vacío.
4. Hay diferentes tipos de átomos, distinguibles por diferencias (no microscópicas) de forma, y todos los átomos son tan pequeños que escapan a las percepción sensible.
5. Las cosas que vemos y tocamos se componen de átomos agrupados y ordenados.
6. El cambio físico no es más que la redistribución de los átomos. No hay alteración en el átomo mismo.
7. El movimiento del átomo se mantiene uniforme hasta que choca- sin duda con otro átomo, puesto que la teoría niega la posibilidad de cualquier otra entidad con la que un átomo puede chocar-.

De todas las ideas del atomismo antiguo, la uniformidad del movimiento del átomo es la más importante, pues constituye, como he mencionado antes, una anticipación mental de la ley de inercia de Galileo.

La ley de inercia se opone a la opinión de Aristóteles de que todo cuerpo en movimiento se detiene si no hay ninguna causa que lo mantenga en movimiento. Desgraciadamente para nuestro entendimiento del mundo físico, la visión aristotélica dominó el pensamiento casi 2000 años. El progreso de la astronomía y de la mecánica habría sido mucho más rápido si se hubieran impuesto los puntos de vista de la escuela atomística.

Pero en fin, lo pasado, pasado está.

## 9. Una galleta muy explosiva.

Una galleta tiene mas energía que el TNT. En una primera impresión, esta afirmación nos sorprende bastante. Pero esto es debido a las ideas previas que tenemos sobre qué es la energía y cómo se almacena. Solemos pensar que el TNT (trinitrotolueno) tiene mucha energía porque lo utilizamos para crear explosivos, creando un gran daño alrededor. Hay que indicar, porque mucha gente lo confunde, que el TNT no es la dinamita. Es por esto que nos cuesta creer que una simple y rica galleta pueda tener más energía.

La diferencia entre una bomba y lo que no es una bomba, es que en la primera se libera una cantidad de energía en corto plazo de tiempo y en un espacio reducido. Pero veamos el valor energético de ambos:

Las galletas de chocolate proporcionan unas 5 kilocalorías por gramo, mientras que el TNT solamente proporciona 0.65 kilocalorías por gramo, es decir, nueve veces menos. Realmente, el TNT no se usa por su alto valor energético, sino por lo rápido que libera su energía. El motivo de esta rapidez es que el TNT no necesita reaccionar con aire. Los átomos de las moléculas de TNT son como muelles comprimidos y sujetos con un seguro; si se suelta el seguro, la energía sale disparada. De modo análogo si se rompe una molécula de TNT, la energía restante rompe los “seguros” adyacentes y se produce una reacción química en cadena que hace detonar todo el TNT. La galleta, sin embargo, no produce ninguna explosión pero bien usada sí puede producir desperfectos. La galleta es una alimento que nos proporciona energía, que podemos usarla para coger un mazo y destrozarse un coche. La diferencia entre la bomba y la galleta es que la primera destrozará el coche en un segundo, mientras

que la galleta, utilizandonos como herramienta, necesitará más tiempo, liberando la energía a un ritmo menor.