

## **PLAN DE LECCIÓN: Albert Einstein**

### **TÍTULO: Guía mínima de ideas de Albert Einstein**

#### **POR: Equipo de contenido BrainPOP**

- Teoría de la relatividad: se trata de una teoría general de la gravitación (las relaciones entre toda la materia y la energía del universo) que toma en cuenta: la materia, la energía, la atracción gravitacional y el tiempo y el espacio considerados como una sola dimensión. La forma más simple de entenderla es con el siguiente experimento:
  - Pide a tus alumnos que dibujen puntos con el marcador en el globo desinflado.
  - Pídeles que inflen el globo lentamente y observen cómo se mueven los puntos.

Los puntos representan los cuerpos en el universo. Una de las consecuencias de la teoría de la relatividad general era imaginar el universo en expansión continua, algo que antes de Einstein era completamente impensable. De hecho, él mismo quiso negar esta consecuencia, aunque luego admitiría que negarla era un error. La idea básica es que si pudiéramos tomar uno de los puntos del globo como referencia del movimiento de los demás, podríamos medir el movimiento del resto. ¡El problema es que ese mismo punto se está moviendo al momento de hacer las mediciones! Esto hace de la distancia (el espacio) y la velocidad (que incluye el tiempo) algo relativo. La única manera de hacer las mediciones es si “ficticiamente” dejamos uno de los puntos quietos, pero esa es una decisión del observador, no un fenómeno de la realidad física.

Entra un poco más a detalle en la relatividad del espacio-tiempo:

- Pide a tus alumnos que marquen la tela, toalla o trapo con el nombre “espacio-tiempo”. Explícales que para Einstein, el “espacio-tiempo” es como la cuadrícula vacía que sostiene al universo. Cuando entran materia y energía a escena, tienen un momento de entrar y tienen un lugar en el que estar gracias a que la consistencia general del universo es el espacio-tiempo. Por eso aquí lo representamos con la toalla.

- Espacio y tiempo se pueden “doblar”. Del mismo modo que cuando ponemos algo muy pesado en un automóvil o en una mesa, éstos se pueden doblar y hasta pueden ceder bajo tanto peso, los objetos más masivos del universo, como los agujeros negros, pueden doblar el espacio-tiempo. Ahora pide a tus alumnos que sostengan el trapo del espacio tiempo de manera que quede tenso, un alumno en dos extremos y otro en los otros dos. Un tercer alumno debe hacer rodar la canica por el trapo. Noten la muy pequeña distorsión que produce en el espacio-tiempo (lo cual quiere decir que, aunque no lo notemos, todo objeto de universo está sujeto a este principio).
- Ahora pide que rueden la piedra, la bola de billar o el objeto más pesado. ¿Qué le pasa al trapo de espacio-tiempo alrededor del objeto?
- Obviamente se dobla mucho más. De manera parecida, los astrónomos han podido determinar la posición hipotética de los agujeros negros en el universo midiendo la distorsión en la emisión de señales en ciertas regiones del universo.

Un último experimento para la relatividad:

- Pide a tus alumnos que se toquen la yema del dedo índice, con la yema del dedo pulgar. ¿Qué es lo que están tocando?

Ambos dedos se están tocando *al mismo tiempo*. De hecho, sólo disponiendo del sentido del tacto, sin ningún instrumento de medición, *no podemos saber cuál de los dos dedos está tocando al otro*. Para poder determinar esto, deben tomar una decisión, o dicen que el índice está tocando al pulgar, o dicen que el pulgar al índice, pero, en realidad, no pueden demostrar definitivamente que su decisión sea la correcta. En otras palabras: todo fenómeno depende del punto desde el que lo observamos.

- Naturaleza dual de la luz: onda y corpúsculo. La física clásica estaba acostumbrada a concebir a la materia como un conjunto de átomos y a la energía como un continuo de ondas, es decir, una emisión ininterrumpida. Para la época en que trabaja Einstein, esta noción se encontraba en crisis por varios lados: los experimentos en torno al modelo atómico apuntaban a que las características de la materia estaban determinadas por los electrones y, por tanto, por sus movimientos en los distintos niveles de

energía; el “efecto doppler” que documentaba la distorsión en la recepción de ondas cuando eran emitidas desde una fuente móvil, y toda una serie de publicaciones en torno a la óptica. Einstein resolvió el problema de forma muy original: primero, basado en experimentos de otros, demostró que la luz siempre viaja a la misma velocidad, independiente del medio por donde viaje. Luego decidió que si la luz, al igual que otras ondas, parecía distorsionarse, era porque se comportaba al mismo tiempo como onda que como partícula. Determinó que, a pesar de que la luz no altere su velocidad, viaja en paquetitos de partículas llamados *quants* (a las partículas se les llamó *corpúsculos*) y es por eso que puede parecer distorsionada. Es más: determinó que la luz podía ser “doblada” o atraída por la masa de un cuerpo, lo cual demostraba que se comportaba como partícula. Estas determinaciones permitieron conclusiones asombrosas: a) a suficiente velocidad, la materia se transforma en energía; b) en ciertas condiciones, la energía se comporta como materia; c) la velocidad de la luz es lo único constante en el universo, por lo que se convirtió en el parámetro para medir el tiempo del universo y las distancias reales entre sus cuerpos. En suma ¡ $E=mc^2$ !

Para entenderlo bien:

- Tomando todas las precauciones, lleva a tus alumnos a la banqueta de una calle principal, por donde los coches puedan ir con rapidez.
- Esperen a que pase un coche que esté haciendo sonar la bocina, o una ambulancia, o una patrulla con las sirenas prendidas.
- ¿Qué pasa cuando se está acercando? ¿Qué pasa cuando está enfrente de ustedes? ¿Qué pasa cuando se aleja?

(Pide ayuda a algún conocido que pase con su coche siguiendo tus instrucciones para no tener que esperar demasiado)

Te podemos asegurar que el sonido, tanto en su tono como en su volumen, es el mismo. Advertencia: este experimento sólo sirve para demostrar el efecto doppler, que no puede aplicarse directamente a la teoría dual sobre la luz, pero esta fue una de las ideas que sirvió de base para dicha teoría.