

## Sin un espejo, podríamos ver lo que hay detrás?

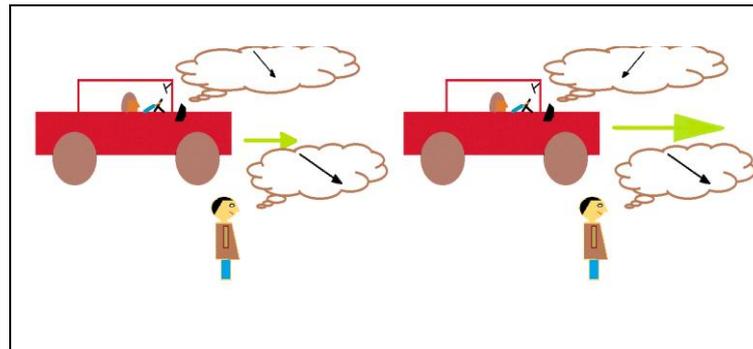
La lógica nos dice que no. Dado que la luz se propaga en línea recta, difícilmente podremos ver sin un espejo mirando hacia adelante lo que tenemos detrás

Pero ¿y si nos desplazáramos a una velocidad muy elevada?...

### El efecto de la lluvia delantera;

...Supongamos dos observadores en un día lluvioso, uno en la calle, Carlos, la otra Ana en un automóvil.

Si están quietos respectivamente, esto es en el mismo sistema de referencia, ambos observaran que la lluvia cae con el mismo ángulo. Por ejemplo, a falta de aire y estando ambos quietos, que la lluvia cae verticalmente. En la medida que vaya incrementándose la velocidad del automóvil Ana observara que la trayectoria de la lluvia va alejándose de la vertical. Ana vera que la lluvia le viene con un ángulo diferente en función de la velocidad del automóvil y la de la lluvia. Si su velocidad es grande con respecto a la de la lluvia, vera que la lluvia le viene frontalmente a pesar de que esta haya sido irradiada desde detrás. Cuanto mas rápido mas frontal. Veamos las próximas imágenes.



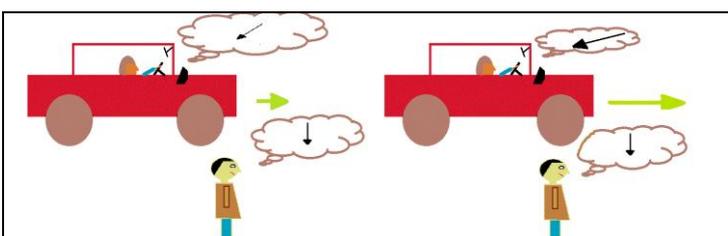
*Si la velocidad del automóvil es rápida Ana observara que la lluvia le viene frontalmente a pesar de que esta fue irradiada desde atrás. A más velocidad mas frontalmente.*

### Cómo veríamos el mundo si nos desplazáramos a velocidades relativistas?

Si nos desplazáramos a una velocidad relativista, es decir cercana a la de la luz. Observaríamos una serie de fenómenos a consecuencia del efecto Doppler, la velocidad de la luz finita e invariable y las consecuencias de la Relatividad. Todo esto nos llevara a un mundo aparentemente ilógico y desfigurado. Sumerjámonos en el fascinante mundo de la óptica relativista...

### El efecto Doppler;

Este efecto es de sobra conocido. Cuando nos acercamos a una fuente de ondas, mediremos una frecuencia mayor de la que mediría un observador en reposo. Al alejarnos, por contra, mediremos una frecuencia menor. Dado que la frecuencia en el caso de la luz define el color, al acercarnos veremos la luz corrida al azul, al alejarnos al rojo.



*Ana y Carlos observaran ángulos distintos en función de las respectivas velocidades del coche y la lluvia.*

*Un observador que se desplaza en un automóvil, observara que la lluvia le viene de un ángulo diferente en función de su velocidad y de la de la lluvia. Si su velocidad es grande con respecto a la de la lluvia este vera la lluvia frontalmente a pesar de que fuera irradiada desde detrás.*

## Algunos fenómenos curiosos de la óptica relativista.

### Las consecuencias de la relatividad;

Si bien la intención de este trabajo no es profundizar en las consecuencias de la relatividad, es conveniente recordarlas. Por una parte no podemos distinguir entre un sistema de referencia en movimiento uniforme y otro que está quieto. Ambos son lo mismo. Por otra parte cualquier observador en cualquier sistema de referencia siempre medirá el mismo valor de la velocidad de la luz. Esto nos lleva a dos consecuencias importantes; la dilatación del tiempo y la contracción de longitudes.

### La dilatación temporal;

Carlos observará que el reloj de Ana funciona más despacio que el suyo, Ana desde el coche observará lo contrario. Cada observador observará que el reloj del otro funciona más despacio que el suyo.

### Efecto Doppler lateral;

Dado que nuestros observadores observarán tiempos distintos para un mismo fenómeno y que la frecuencia es una magnitud relativa al tiempo, medirán la misma onda con diferentes frecuencias. Por ejemplo, si el automóvil es blanco, Ana, desde el interior lo verá blanco, Carlos, desde la calle lo verá corrido al rojo.

### Contracción de longitudes;

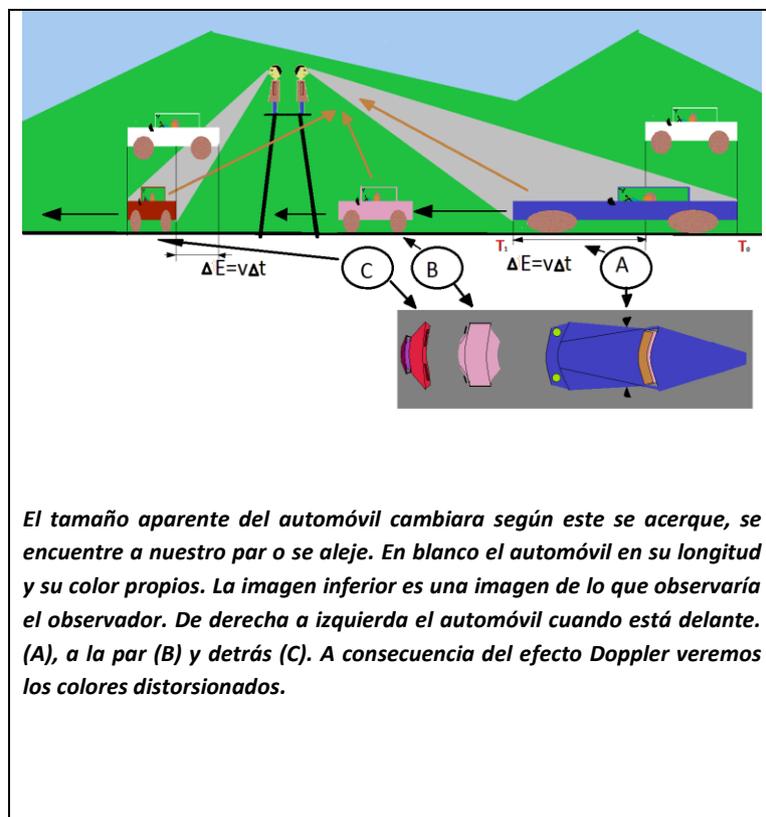
La longitud de un objeto en movimiento es menor que la que mediríamos si estuviera en reposo. Esto es, Carlos verá el automóvil contraído cuando este está en movimiento. Esta afirmación a pesar de que es cierta, hay que matizarla. Este observador, a consecuencia de la velocidad finita de la luz observará una longitud diferente en función de si el vehículo se acerca, se encuentra a la par o se aleja. Al acercarse observará un alargamiento aparente, cuando está a la par lo verá contraído y cuando se aleja aún más contraído. Ana, observará el automóvil en su medida propia, los objetos externos al contrario no.

## Rotación de Terrell-Penrose;

Dado que la velocidad de la luz es finita, recorrerá un espacio determinado en un tiempo determinado. Por ejemplo, la luz irradiada por un automóvil no nos llegará toda ella simultáneamente. Nos llegará antes la luz de la parte más cercana a nosotros que la de la parte más alejada. Imaginemos un observador situado en un puente sobre una autovía el cual observa los vehículos que vienen.

Dado que la luz irradiada por la parte posterior del vehículo tardará más en llegar que la irradiada por la parte delantera. Este observador observará la luz que irradió el maletero en el instante  $t_0$  simultáneamente con la que irradió la parte delantera en el instante  $t_1$  donde  $t_0 < t_1$ , es decir verá el coche alargado en una longitud  $E = v \times \Delta t$  donde  $\Delta t = t_1 - t_0$ .

Si bien puede parecer asombroso, este observador continuará viendo el automóvil a pesar de que este se encuentre de hecho detrás. Dado que no podemos distinguir entre un sistema de referencia en reposo y otro que se encuentra en movimiento uniforme es lo mismo considerar que son los automóviles los que se acercan al observador o al revés. Explicare esto más detalladamente cuando me refiera a la compresión angular de la luz.



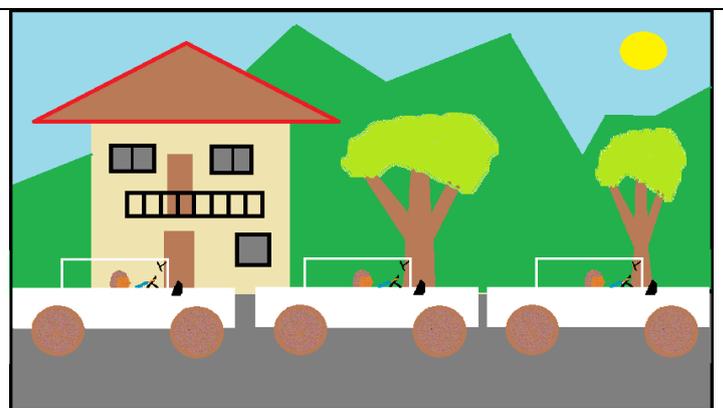
Si nos desplazáramos a velocidades relativistas, observaríamos fenómenos imposibles de ver en nuestra vida cotidiana. Veíamos los objetos distorsionados en su color y en su forma.

están en nuestro sistema de referencia tienen el mismo aspecto en ambas imágenes.

Si el mismo observador se diera la vuelta, al contrario que antes, no verá el automóvil cuando esta detrás suyo, cuando este se encuentre delante, lo verá contraído.

En este caso en la medida  $E = v \times \Delta t$  dado que ahora el maletero se encontrará más cerca de el que la parte delantera del automóvil.

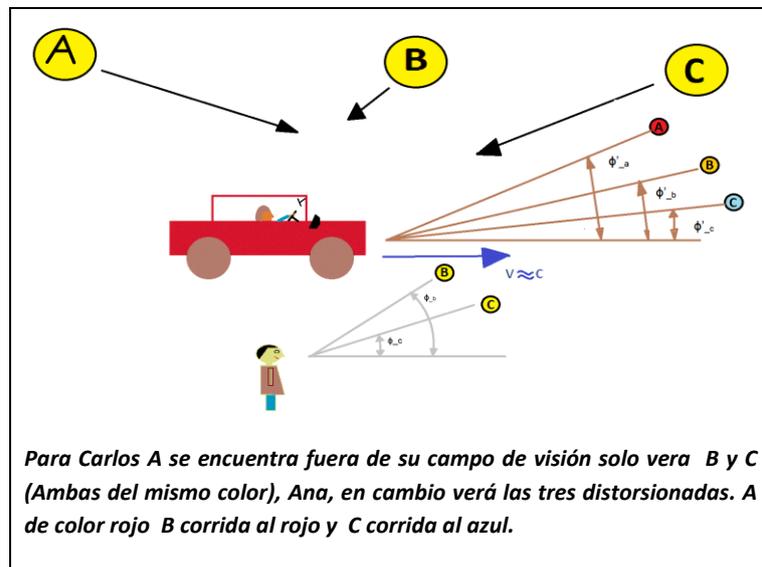
Supongamos ahora que observamos desde la acera los vehículos que nos se aproximan por la izquierda. Dado que la parte derecha del automóvil se encontrará más próxima a nosotros, observaremos antes el movimiento de esta parte que el de la parte derecha. Consecuentemente veremos el automóvil girado. A consecuencia del efecto Doppler, al aproximarse lo veremos corrido al azul y al alejarse corrido al rojo. Cuando se encuentre a nuestra par, en ese instante ni se nos acerca y se nos aleja. Entonces será cuando sea notorio el efecto Doppler lateral. Dado que desde nuestro sistema de referencia la frecuencia de la luz es menor, veremos el automóvil corrido al rojo a pesar de que su color propio sea blanco. Las próximas imágenes nos los muestran cuando están quietos y cuando se desplazan a velocidades relativistas. Es evidente que los objetos que están quietos respecto a nosotros, dado que



En la imagen superior los coches están quietos respecto a nosotros. Los vemos en su color y medida propios. En la inferior desplazándose a velocidades relativistas. Los veremos girados y distorsionados en la medida y el color. El que se aproxima corrido al azul y alargado el que está a la par contraído y corrido al rojo, el que se aleja de color rojo y totalmente contraído. Es evidente que los objetos quietos respecto a nosotros tienen el mismo aspecto en ambas imágenes.

### Compresión angular de la luz;

La compresión angular puede entenderse mediante el efecto de la lluvia delantera. La próxima imagen da una imagen de lo que verían Carlos y Ana. Aceptaremos que Carlos se encuentra en el sistema de referencia de las estrellas A, B y C, esto es, no se mueve respecto a ellas y que el vehículo de Ana se desplaza a velocidades relativistas. Dado que ambos están en sistemas de referencia distintos verán imágenes distintas de las tres estrellas.



Al mencionar el efecto de la lluvia delantera afirmamos que Ana vería frontalmente la lluvia a pesar de que esta fuera irradiada desde detrás. A mayor velocidad del automóvil más frontalmente. En el caso de la luz ocurrirá algo parecido, en función de las velocidades de la luz y del automóvil. Cuanto más rápido se desplace Ana más frontalmente verá la luz a pesar de que esta fue irradiada desde la parte posterior.

A velocidades relativistas, al igual que con la lluvia, podríamos ver frontalmente la luz irradiada por objetos situados detrás nuestro

### Un mundo dentro de una circunferencia;

Todo esto me vino inspirado por un video divulgativo. En este se representaba como vería el mundo un motorista que se desplazara a velocidades relativistas. En este se mencionaba que vería delante la luz irradiada por objetos situados detrás de él. Esa frase despertó mi curiosidad.

¿Cómo puede ser eso posible? Responder a esa pregunta me hizo investigar sobre lo arriba expuesto. Este motorista vería algo parecido a lo que se ve en la próxima imagen. Todo su campo de visión dentro de una circunferencia,

cuanto mayor sea la velocidad más reducida, azulada en el centro y enrojecida en los extremos. En estos se apelotonaría enrojecida y distorsionada la luz de los objetos que va dejando detrás.

**Para que todo esto pudiera ser observado deberíamos circular a velocidades miles de veces superiores a las que podremos conseguir con los medios actuales, por tanto, difícilmente podremos observar nada parecido en nuestra vida real**

¿Y más allá de esto qué? Debido al efecto Doppler la luz visible correrá hacia el ultravioleta y hacia el rojo. Esto es, fuera del espectro visible. Deberíamos protegernos contra radiaciones peligrosas. Seguramente otras radiaciones tales como los infrarrojos los microondas o las ondas de radio se tornarían visibles. Es evidente que el mundo tendría una curiosa imagen visto a velocidades relativistas. Para que todo esto fuera visible deberíamos viajar a una velocidad miles de veces superior a la de cualquier medio de transporte actual. Por tanto, difícilmente podremos ver mirando hacia adelante la luz de objetos situados detrás.

**Agradecimiento por las ayudas recibidas** <http://forum.lawebdefisica.com/>

## **Bibliografía**

<sup>1</sup> [Carl Sagan Cosmos Un viaje personal](#)

[Foro de física](#)

<http://forum.lawebdefisica.com/activity.php>

<http://singularidad.wordpress.com/2008/11/25/efectos-opticos-de-la-relatividad-especial/>

[http://www.lapizarradeyuri.com/wp-content/uploads/2010/10/firnas\\_1\\_rotacion\\_terrell.jpg](http://www.lapizarradeyuri.com/wp-content/uploads/2010/10/firnas_1_rotacion_terrell.jpg)

[EUSKAL ITZULTZAILE AUTOMATIKOA](#)

<http://www.itzultzailea.euskadi.net/traductor/portaIExterno/text.do>



***Cosmos Capítulo 8. Viajes a través del espacio y el tiempo.***

***En rojo la luz de los objetos situados tras nosotros, En el centro en azul la luz de los objetos que tenemos ante nosotros.***