



Natación

El nadador carabobeño Albert Subirats hizo historia el 6 de abril de 2006 en Shanghai (China), tras alcanzar la medalla de plata de los 100 metros mariposa en piscina corta en el VIII Campeonato Mundial de Natación.

Página 6.

Reto

¿Qué debo hacer si me quedo sin aire al estar buceando a 30 metros de profundidad?

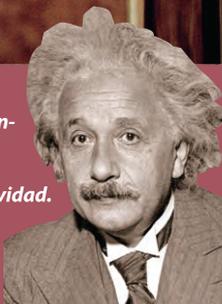
Respuesta: <http://www.fundacionempresaspolar.org/fisica>



La relatividad especial



Cuando hablas con una chica bonita, una hora parece un segundo. Cuando te sientas sobre las brasas al rojo vivo, un segundo parece una hora. Eso es la relatividad.
Albert Einstein (Alemania, 1879-1955)

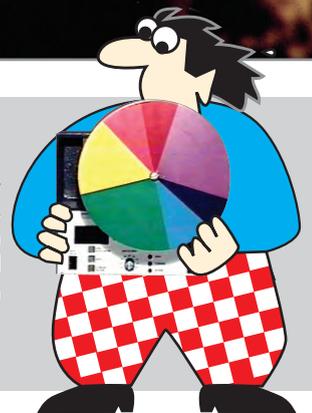


Página 4.

Disco de Newton

Una forma de mostrar que la luz blanca está compuesta de los colores del arco iris es a través del **disco de Newton**, un disco circular de cartón que se divide en sectores, y a cada uno le corresponde uno de los colores del arco iris. Al hacer girar rápidamente este disco, los colores se pierden y se ve casi blanco.

Página 6.



Fisicosas

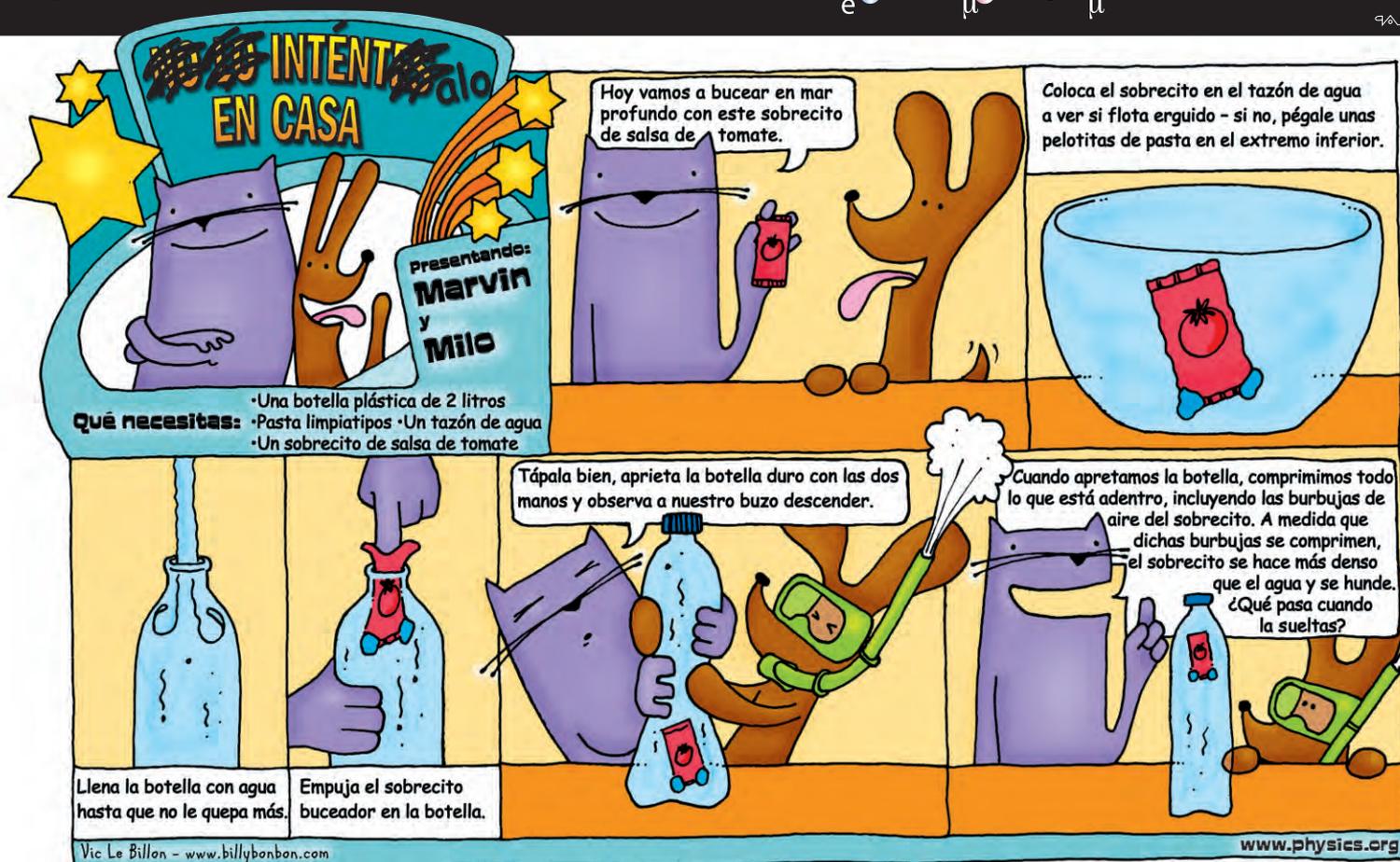
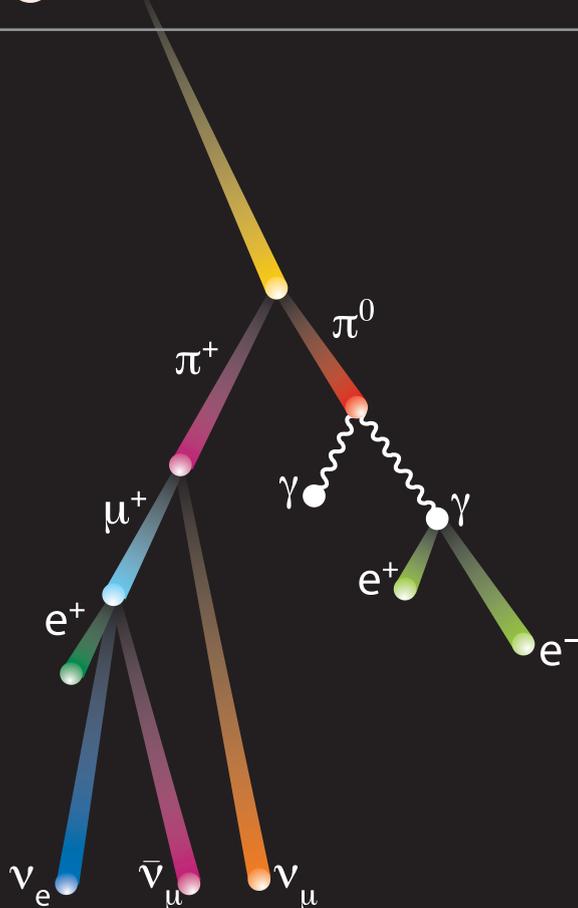
La dilatación del tiempo

Isbelia Martín (Universidad Simón Bolívar, Caracas)
Claudio Mendoza (IVIC/CeCalCULA)

En la teoría de la **relatividad especial** de Einstein, al asumir que la velocidad de la luz es constante, los intervalos de tiempo dejan de ser absolutos: dependen de las velocidades relativas de los observadores. Esto quiere decir que cuando voy manejando en una autopista y comparo mi reloj con los de los carros que me pasan, aunque los relojes sean idénticos, los de ellos se atrasan, es decir, sus intervalos de tiempo parecen haberse dilatado. A los límites de velocidad oficiales, estas diferencias son imperceptibles, pero a velocidades comparables con la de la luz, la cosa cambia.

Esta increíble conclusión fue demostrada contundentemente en 1941 por el experimento de Rossi y Hall en el estudio de las lluvias de **rayos cósmicos**. Ésta se forman por partículas subatómicas, la mayoría protones, que vienen del espacio y chocan con la atmósfera de la Tierra a alrededor de 30 km sobre el nivel del mar. El choque produce una reacción nuclear donde se generan otras partículas como los piones (π), los cuales a su vez decaen a los 10 km de altura dando lugar a una lluvia de muones (μ) y neutrinos (ν) que viaja a 99% de la velocidad de la luz. Algunos muones decaen por el camino formando electrones y más neutrinos, pero muchos llegan a la superficie y pueden ser detectados.

Rossi y Hall compararon los flujos de muones en la cima de una montaña a 2 000 m de altura y los mismos al nivel del mar. Para su sorpresa, la cantidad de muones detectada en la cima era 1,4 veces mayor que al nivel del mar y no 22 veces como se estimaba teóricamente, asumiendo que los muones viajaban a la velocidad de la luz y tenían una vida media de 1,56 microsegundos, este último valor obtenido en un laboratorio. Los estimados teóricos sólo se pudieron correlacionar con los experimentales al asumir una vida media muónica 30 veces mayor, como lo especifica la teoría de relatividad especial.



Los orígenes de la relatividad

Luis Herrera Cometta, Universidad Central de Venezuela, Caracas

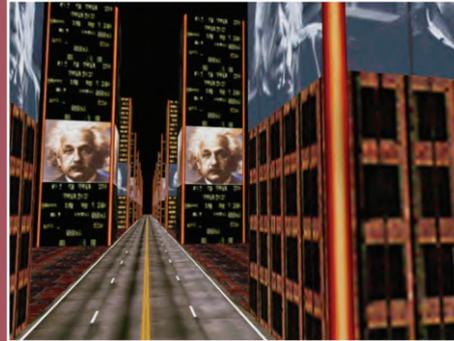
A mediados del siglo XIX, el físico escocés James Clerk Maxwell sintetizó todo el conocimiento que se tenía hasta la época sobre el fenómeno electromagnético en un conjunto de ecuaciones que llevan su nombre. Nace así la **teoría del electromagnetismo**, uno de los aportes más importantes al conocimiento que jamás se haya hecho. Es difícil imaginarse hoy en día una aplicación tecnológica que no incluya algún elemento electromagnético. Sin embargo, más allá de su impresionante impacto en el desarrollo de la humanidad, la teoría electromagnética jugó un papel esencial en la física a partir de entonces. En efecto, la teoría que Maxwell presentó contenía en su estructura, sin él saberlo, la semilla de lo que más tarde Einstein denominaría la **relatividad especial**.

A raíz de los trabajos y observaciones de Galileo entre los siglos XVI y XVII, se va a incorporar a la física un principio que nos acompaña hasta hoy en día: el **principio de relatividad de Galileo**. De acuerdo con el mismo, todos los observadores inerciales, es decir, aquéllos que se mueven con velocidad constante, son físicamente indistinguibles. Esto a su vez implica que el movimiento con velocidad constante es un concepto relativo: debemos especificar el sistema con respecto al cual tiene lugar el movimiento, de allí el término "relatividad".

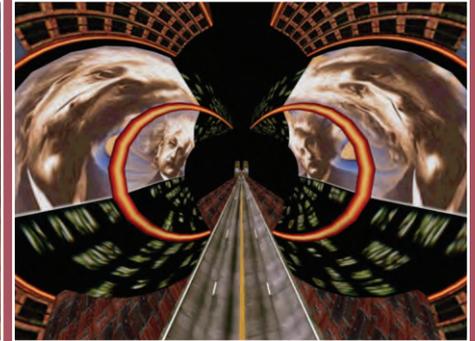
Ya que todos los sistemas inerciales son físicamente equivalentes, es deseable que cualquier teoría física sea válida para todos ellos. Para relacionar las diferentes variables físicas medidas por los distintos observadores inerciales, se dedujo un conjunto de transformaciones que llevan el nombre de **transformaciones de Galileo**. Estas transformaciones, que permiten expresar matemáticamente el principio de Galileo, se obtienen a partir de la suposición adicional de que el espacio y el tiempo son absolutos.

Una vez establecida y confirmada por innumerables experimentos la teoría electromagnética de Maxwell, los físicos trataron de aplicar las transformaciones de Galileo a los procesos electromagnéticos. El resultado de este ejercicio condujo a una serie de inaceptables paradojas que dejaban abiertas las siguientes posibilidades: (i) había algo incorrecto en la teoría de Maxwell; (ii) el principio de Galileo se violaba en presencia de fenómenos elec-

Viajando por el Bulevar Einstein a 99.7% de la velocidad de la luz



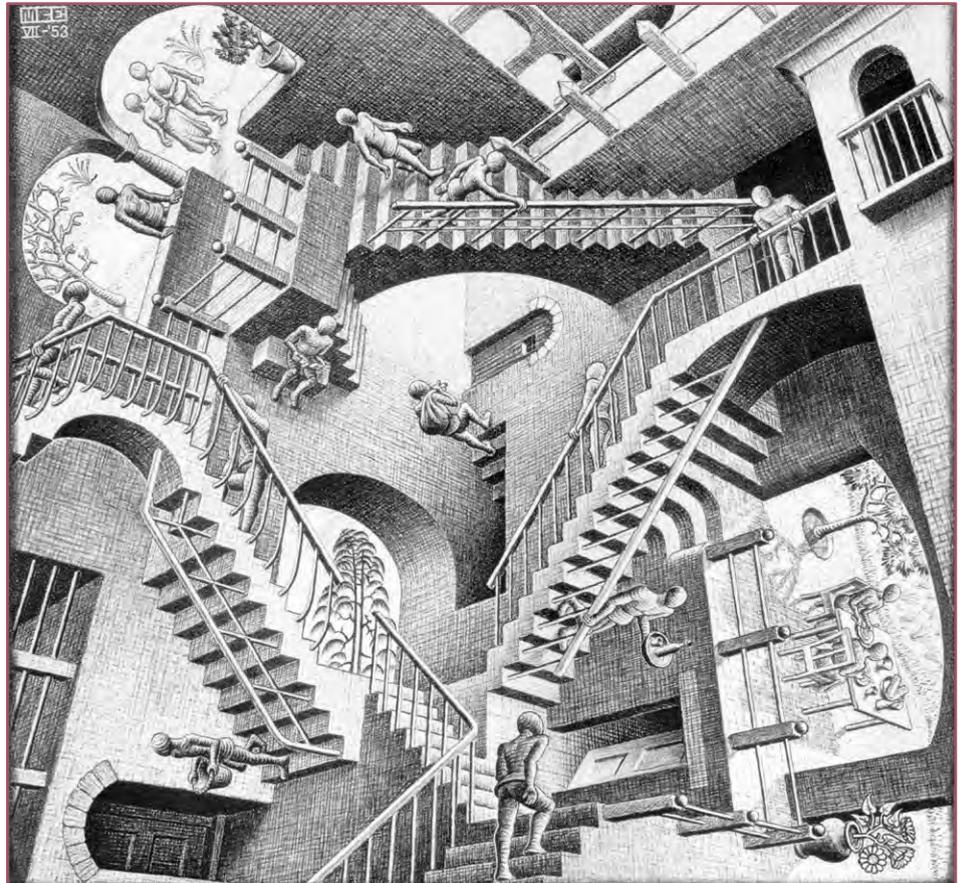
Según transformaciones de Galileo



Según transformaciones de Lorentz

Fuente: www.cs.unc.edu/~zhangh/einstein.html

Relatividad. M.C. Escher (Holanda, 1898-1972)



tromagnéticos; (iii) la teoría de Maxwell era correcta y admitía el principio de Galileo, pero las transformaciones de Galileo requerían modificaciones.

Los físicos de la época se inclinaron, acertadamente, por la última opción. Modificaron así las transformaciones de Galileo con el propósito de hacerlas compatibles

con la electrodinámica de Maxwell. Como resultado de este esfuerzo surgieron las llamadas **transformaciones de Lorentz**, en honor al físico holandés que las propuso. Dichas transformaciones implican, además del principio de Galileo, una serie de suposiciones sobre la naturaleza del tiempo y el espacio distintas a las asumidas



La teoría de relatividad de Einstein es probablemente hasta ahora el mayor logro sintético del intelecto humano.

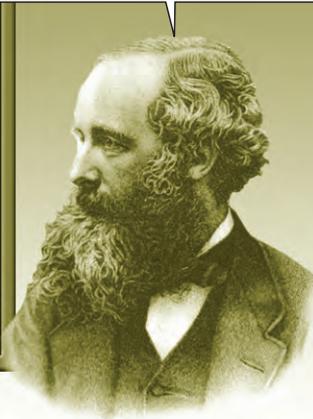
Bertrand Russell (Reino Unido, 1872-1970)

dad especial

Podemos afirmar que los números gobiernan al mundo físico, y que las cuatro operaciones aritméticas son el equipo completo que necesita el matemático.

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \mathbf{E} &= \rho / \epsilon_0 \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu_0 \mathbf{j}_c \end{aligned}$$

Las cuatro ecuaciones de Maxwell



James Clerk Maxwell
(Reino Unido, 1831-1879)

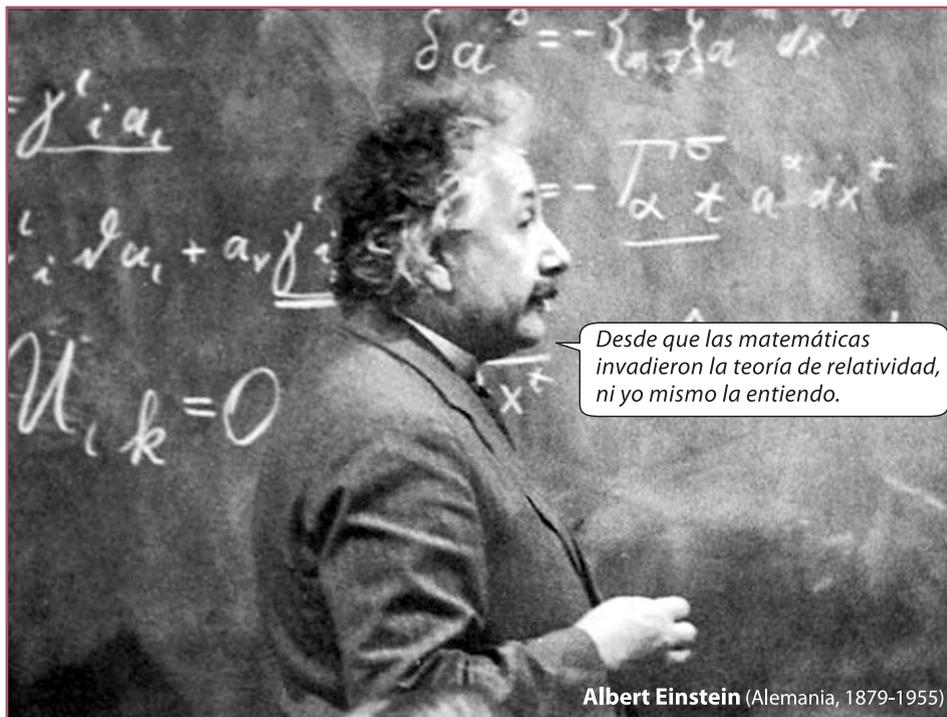
del campo electromagnético propagándose en el espacio. Para el momento en que este resultado se confirma (mediados del siglo XIX), los físicos conocían las ondas elásticas, por ejemplo, el sonido. Del estudio de estas ondas elásticas se obtenían tres conclusiones básicas: (i) las ondas elásticas se mueven en un medio material; (ii) la velocidad de propagación de esas ondas no depende de la velocidad de la fuente emisora con respecto al receptor; (iii) la velocidad de estas ondas depende de la velocidad del receptor con respecto al medio en el cual se propagan.

Motivados por el primer punto, los físicos se lanzaron a la búsqueda del medio material donde se propagaran las ondas electromagnéticas. Después de muchos experimentos, entre los que se destacaron los realizados por los físicos Michelson y Morley a fines del siglo XIX, se llegó a la conclusión de que ese medio material (al que llamaban "éter") no existía. Por lo tanto, había que admitir que las ondas electromagnéticas se propagaban en el vacío.

Como consecuencia de esta observación, los puntos (ii) y (iii) conducen a una conclusión absolutamente extraordinaria: la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas no depende de la velocidad del emisor (punto ii) ni del receptor puesto que se propagan en el vacío. Es decir, la velocidad de las ondas electromagnéticas es una magnitud absoluta que no depende ni del emisor ni del receptor.

Este hecho insólito trae como consecuencia inmediata un hecho aún más sorprendente: el carácter relativo de la simultaneidad de dos eventos. En otras palabras, dos eventos que aparecen como simultáneos con respecto a un observador inercial no serán simultáneos vistos por otro. Esta "relatividad" de la simultaneidad, que es consistente con las transformaciones de Lorentz, implica que los intervalos temporales dependen del observador. El desarrollo formal de estas ideas conduce de manera directa a la relatividad especial que es la base de la física moderna.

De manera pues que el viejo principio de Galileo junto con la electrodinámica de Maxwell conducen de manera inequívoca a la relatividad especial. Sin embargo, la tarea de Einstein de formalizar la correspondiente teoría fue mucho más ardua de lo que este breve relato nos podría sugerir.



Desde que las matemáticas invadieron la teoría de relatividad, ni yo mismo la entiendo.

Albert Einstein (Alemania, 1879-1955)

por Galileo. Sin embargo y a pesar de la extraordinaria importancia de las transformaciones de Lorentz, no se tenía aún una teoría consistente que las enmarcara. Para llegar allí, hubo de recurrirse una vez más al electromagnetismo.

Uno de los primeros y más relevantes resultados de la teoría de Maxwell consistió en establecer la naturaleza electromagnética de la luz. En efecto, como se deduce de la teoría (y confirma el experimento), la luz visible es parte de un fenómeno general conocido como **ondas electromagnéticas** que no son otra cosa que oscilaciones

Construye un disco de Newton

La luz blanca resulta de una mezcla de todos los colores del arco iris

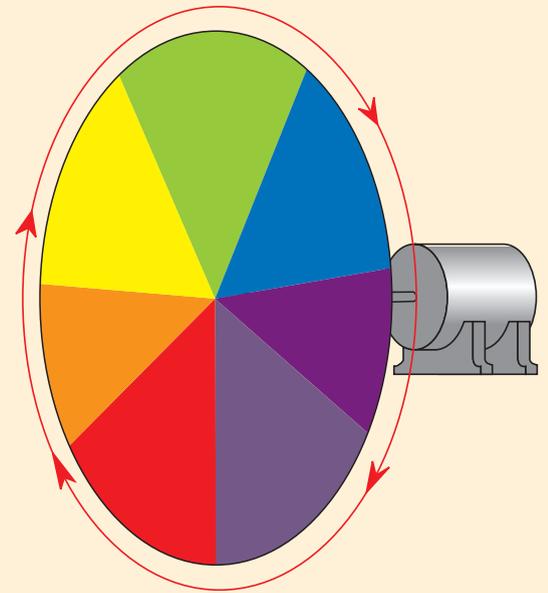
América M. Sáenz Guzmán, Colegio Santiago de León de Caracas

Materiales. Cartulina blanca, tijeras, compás (opcional, disco compacto), transportador, regla, colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta), motor, pila, cables, pega.

Procedimiento

- Traza un círculo de unos 6 cm de radio utilizando el compás. En caso de no tener un compás, utiliza un disco compacto para trazar toda la circunferencia.
- Con el transportador y la regla dibuja siete sectores circulares colocando marcas cada 51° .
- Colorea cada sector de rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta respectivamente.
- El motor eléctrico puedes encontrarlo en casa, por ejemplo, en juguetes que no utilices o también son muy comunes en cepillos de dientes eléctricos. Si dispones de ellos, puedes usarlos y luego devolverlos a su uso original; si no, puedes encontrarlos en una ferretería.
- Usando cables conecta el motor a la pila. Si quieres puedes colocar un interruptor para hacerlo funcionar.
- Coloca un poco de pega en el centro del círculo por la cara que está en blanco y pégalo al eje del motor. Déjalo secar.
- Enciende el motor y observa el centro del disco. Ensayá otras combinaciones de colores para ver qué sucede.

Investiga: Contribuciones de Isaac Newton a la física.



Deportes

La hidrodinámica de la natación

Rogelio F. Chovet

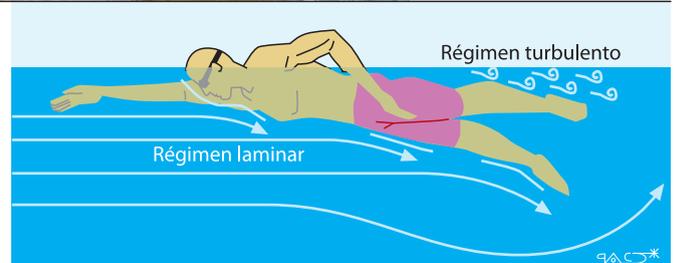
Durante el nado, el cuerpo de los nadadores desplaza el agua que se encuentra en su camino. Entonces, el nadador experimenta una fuerza que se opone a su avance denominada **resistencia hidrodinámica**. La mayor parte del trabajo mecánico realizado por los nadadores está dirigido a superar dicha resistencia. Existen tres tipos de resistencia: por fricción, por forma o presión y por oleaje.



Albert Subirats Altés, (Valencia, 1986) es el primer nadador venezolano, en ganar para el país una medalla durante un Mundial de Natación. Está previsto que represente nuestra bandera tricolor en las Olimpiadas de Beijing 2008.

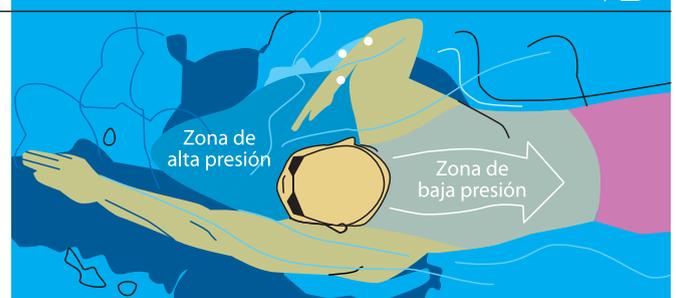
Resistencia por fricción (R_F).

Cuando un nadador se mueve, arrastra una determinada cantidad de agua que está "adherida" a su cuerpo debido a la viscosidad de ésta. Es la llamada **capa límite o de contorno**. A una determinada distancia del nadador, el agua está quieta. A cierta velocidad de nado, las capas de agua que rodean al nadador dejan de fluir de forma laminar. Aparecen entonces movimientos erráticos de las partículas de fluido, lo que se denomina **régimen turbulento**. La aparición de este flujo turbulento depende de la velocidad de nado y ocurre de forma abrupta.



Resistencia de forma o presión (R_p).

Cuando un nadador aumenta su velocidad, las partículas de la capa límite del agua empiezan a ser frenadas por las presiones que se generan. A cierta velocidad, la capa límite de agua se comienza a separar del cuerpo del nadador, apareciendo pequeños remolinos en los puntos de ruptura. Se dice, entonces, que el régimen de agua pasa de laminar a turbulento. En aquellas zonas donde aparece el régimen turbulento, disminuye la presión, de manera que se genera un diferencial de presiones entre la parte anterior (mayor presión) y la posterior (menor presión) del nadador, responsable de la denominada **resistencia de forma o presión**.



Resistencia por oleaje (R_o).

Cuando el nadador avanza en la superficie del agua, se puede apreciar cómo se crea un sistema de olas. A bajas velocidades de nado, la resistencia por oleaje no es muy significativa. Se ha demostrado que a velocidades cercanas a $1,5 \text{ m/s}$, el sistema de olas generado por el nadador hace que se mueva en una depresión que va aumentando a la par de la velocidad. Llega un momento en que la longitud de la depresión de la ola generada iguala la talla del nadador. Esta velocidad de nado es la denominada "**hull speed**" o **velocidad máxima**.



Retos del siglo XXI

El calentamiento global

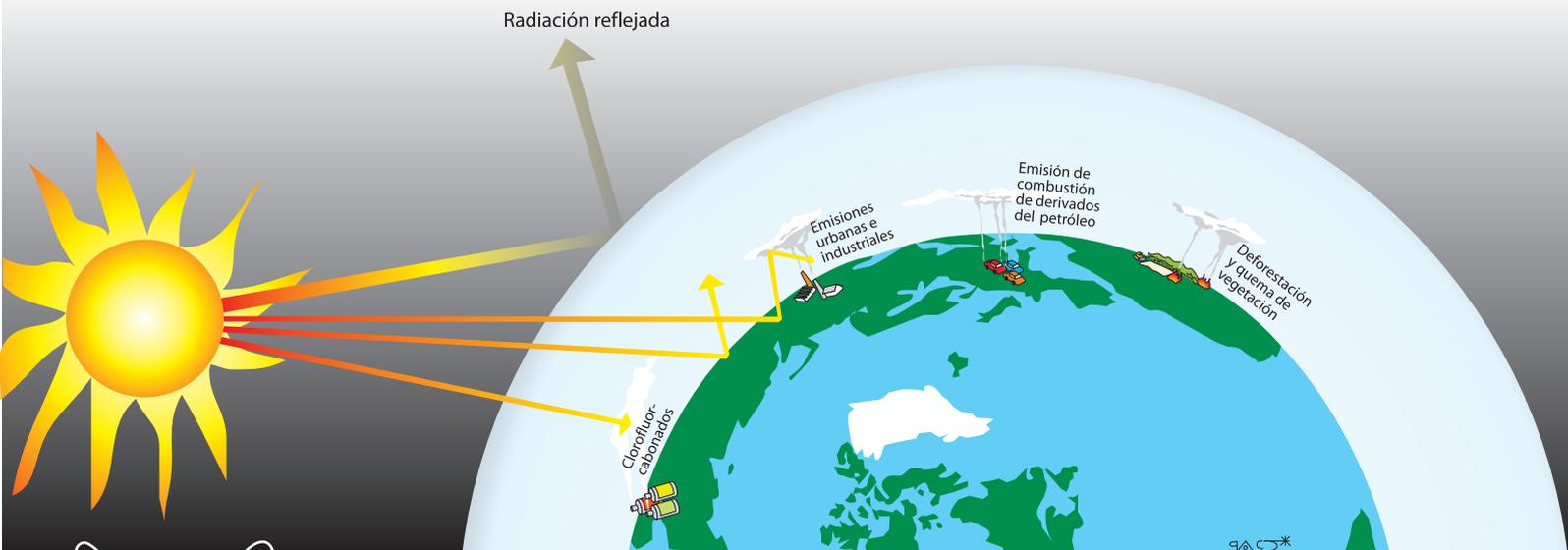
Claudio Mendoza, IVIC/CeCalCULA

El siglo XX se destacó por un impresionante desarrollo científico y tecnológico que se ha traducido en una mejor salud y calidad de vida para una gran mayoría de los habitantes del planeta, pero el mismo ha venido acompañado de una desproporcionada avaricia económica e indiferencia por el medio ambiente y diversidad biológica que ahora comprometen la supervivencia, o al menos, la prosperidad de nuestras futuras generaciones. Estas afirmaciones son cada día más palpables con los cambios climáticos que estamos causando. Comúnmente agrupados bajo el término de **calentamiento global**, los aumentos en las temperaturas de la

atmósfera y el mar ocasionados por la emisión de gases invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4), y causados por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, van a producir graves consecuencias. Éstas incluyen aumentos del nivel del mar por el derretimiento de los glaciares y cambios en los volúmenes y patrones de las precipitaciones. Más aún, manifestaciones extremas del tiempo como los huracanes, olas de calor, inundaciones y sequías podrían ciertamente repetirse con más frecuencia e intensidad. No se puede descartar un escenario que esté

dominado por un fuerte impacto en las cosechas y en las economías de todo el planeta, por extinciones de especies y la amplia diseminación de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores.

Revertir esta terrible situación se convierte en un gran reto colectivo que involucra políticas de Estado, búsquedas de fuentes alternativas de energía y proyectos científicos de envergadura en los cuales la física está ejerciendo un liderazgo. Pero sobre todo implica una actitud individual en cada uno de nosotros donde la conservación de energía y el cariño por nuestro bello planeta estén siempre primero.



Curiosidades

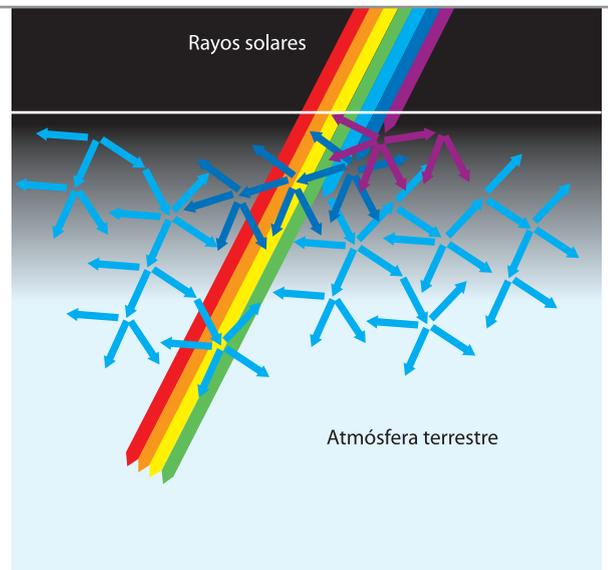
¿Por qué vemos el cielo azul?

Ángel Delgado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas

Cuando es de día el cielo se ve de color azul. ¿Cómo podríamos explicarlo?

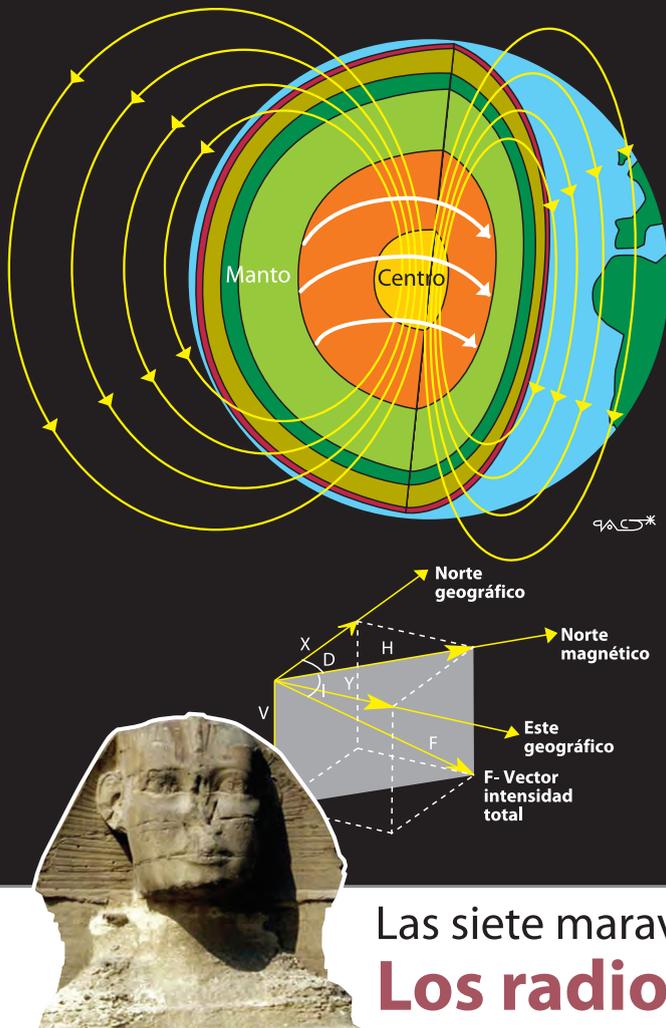
Como nuestra atmósfera es más densa que el espacio exterior, cuando los rayos de la luz solar la atraviesan, se dispersan debido a la presencia de las moléculas de aire, partículas de polvo, humo, etc., todas ellas suspendidas en las diferentes capas gaseosas que rodean a la Tierra. La luz solar está formada por ondas electromagnéticas de diferentes longitudes de onda, algunas de las cuales se perciben visualmente como colores. Cuando la luz entra a la atmósfera terrestre, ésta se opone a su paso dispersando cada onda de forma distinta, por lo cual los colores se pueden ver por separado. La luz de color azul es dispersada más que las de color rojo, llegando con mayor facilidad a la superficie. Por esto el cielo se ve de color azul.

El fenómeno de **dispersión** consiste en el cambio de velocidad de las diferentes ondas que forman la luz solar. Cuando un rayo de luz se dispersa, geoméricamente cambia la dirección de su trayectoria, y las ondas que se perciben visualmente son captadas como colores individuales diferentes.



Planeta Tierra: el campo geomagnético

Inírida Rodríguez, Universidad Central de Venezuela, Caracas



Tiene su origen en el interior de la Tierra. En una primera aproximación, es el que produciría un enorme **imán** ubicado en su centro, alineado cercanamente con su eje de rotación, de allí su típica representación mediante líneas de fuerza que apuntan en todo lugar en la dirección del campo. Los puntos en los cuales esas líneas son verticales son los **polos magnéticos**. Éstos no coinciden exactamente con los polos geográficos de la Tierra, pero están muy cercanos entre sí.

Por su naturaleza vectorial, podemos expresar el campo magnético terrestre mediante la magnitud y dirección de sus componentes vertical (V), horizontal (H), por su resultante o total (F), y en términos de la declinación (D) e inclinación (I) magnéticas correspondientes. La medición de estos parámetros nos da información sobre la magnetización de los materiales en el interior de la Tierra, la cual depende de la susceptibilidad magnética o capacidad de las rocas para adquirir imantación. En realidad sólo unos pocos minerales son magnéticos, entre ellos los más importantes son la magnetita (Fe_3O_4) y la hematita (Fe_2O_3) y, por supuesto, las rocas que los contienen también se magnetizan. ¿Cómo? Al formarse rocas ígneas, producto del enfriamiento del magma que sale a la superficie de la Tierra, existe una fuerte tendencia de sus minerales a magnetizarse en la dirección del campo magnético presente en ese momento.

¿Qué nos dicen las variaciones del campo geomagnético sobre el interior de la Tierra? Nos dan información sobre la geometría (extensión, dimensión y potencia) de cuencas sedimentarias que pueden atrapar los hidrocarburos. Por su asociación con minerales magnéticos, permiten ubicar minerales no magnéticos como níquel, cobre y oro e, inclusive, diamantes que se encuentran en chimeneas volcánicas.

La dirección en la cual las rocas se magnetizan nos habla, además, de cuándo y en qué lugar de la superficie terrestre se formaron. Frente a esa interrogante, el **paleomagnetismo**, o estudio del magnetismo antiguo de las rocas, tiene la respuesta. Si medimos hoy I obtenemos la colatitud (θ) de origen de la roca correspondiente mediante la relación: $\tan I = 2 \cotg \theta$.

Las siete maravillas de la física

Los radio-interferómetros

Claudio Mendoza, IVIC/CeCalCULA

Uno de los problemas que siempre ha tenido la astronomía, cuando se usan telescopios para observar objetos que están más allá del Sistema Solar, es la dificultad de resolver espacialmente la estructura del objeto que en muchos casos se reduce a un punto. Una forma de aumentar la resolución es observar las ondas de radio que también emite el objeto mediante una gran antena parabólica, lo que ha permitido descubrir objetos exóticos como los pulsares, los cuásares y las radio-galaxias.

En busca de una mayor resolución espacial, y aprovechando los avances en computación y en las tecnologías de la información, se han inventado los **radio-interferómetros**. Esencialmente son arreglos de varias antenas parabólicas que observan el mismo objeto y, por medio de programas de computación, integran las imágenes individuales en una de mayor calidad y resolución. Un ejemplo es el arreglo en forma de "Y" de las 27 antenas del **Very Large Array** (VLA) en Nuevo México, EEUU. Cada antena tiene 25 m de diámetro, y colectivamente alcanzan la resolución equivalente a una parabólica de 36 km de diámetro y la sensibilidad de una de 130 m.

Si queremos ir a extremos, estamos logrando mayores resoluciones al integrar los telescopios de radio alrededor del mundo en un solo interferómetro, por ejemplo, el VLBA. ¿Se pueden imaginar la resolución y calidad de imágenes que se están obteniendo?



Arreglo de antenas parabólicas en forma de Y del Very Large Array, Nuevo México, EEUU.

Comparación de imágenes de la galaxia M87 del Hubble Space Telescope con las obtenidas por el VLA (resolución 4 000 años luz) y por el VLBA (resolución 0,1 años luz).

