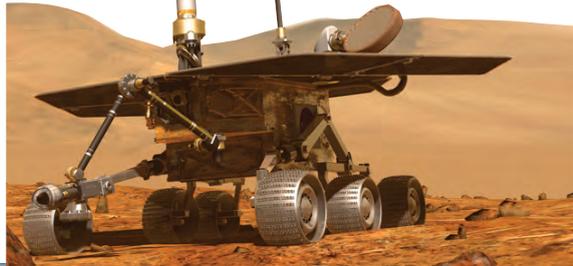


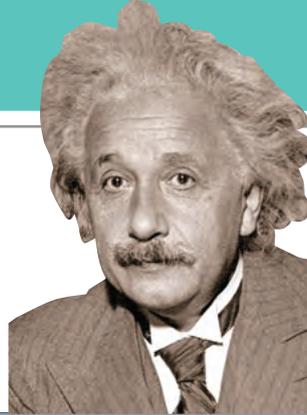
Dos tractorcitos gemelos potenciados por energía solar se mueven por la superficie del planeta Marte como si fueran dos geólogos humanos.

Página 8.



El tiempo y el espacio y la gravitación no tienen una existencia separada de la materia.

Albert Einstein
(Alemania, 1879-1955)



La gravitación universal



Cuando observamos a estos paracaidistas caer estamos presenciando una de las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza. La **fuerza de atracción gravitacional** permite explicar por qué los cuerpos caen...

Página 4.



Reto

¿Por qué suenan los dedos al tronarlos? ¿Qué produce el chasquido?

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

Fisicasas

Los huecos negros

Isbelia Martín (Universidad Simón Bolívar, Caracas)

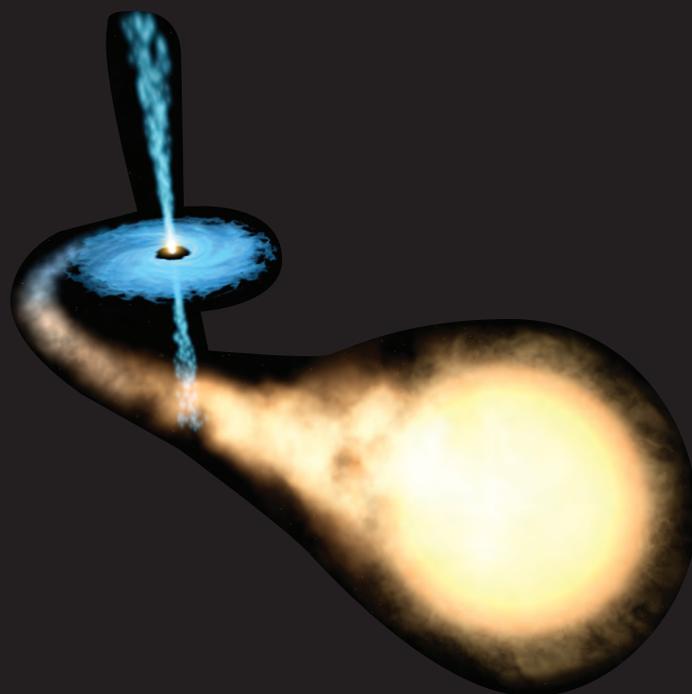
Claudio Mendoza (IVIC/CeCaCULA)

Un hueco negro es una región del espacio con una fuerza gravitacional tan fuerte que ni siquiera la luz puede escapar.

Cuando, desde la superficie de la Tierra, lanzas una pelota hacia arriba, generalmente regresa atraída por la fuerza de gravedad, pero si le dieras una velocidad inicial mayor a 11 km/s, la pelota escaparía hacia el espacio. Ahora, si la pelota despegara desde un hueco negro, aunque tuviera una velocidad de 300 000 km/s (velocidad de la luz), nunca podría escapar y nos daría una idea de la increíble atracción gravitacional de estos objetos.

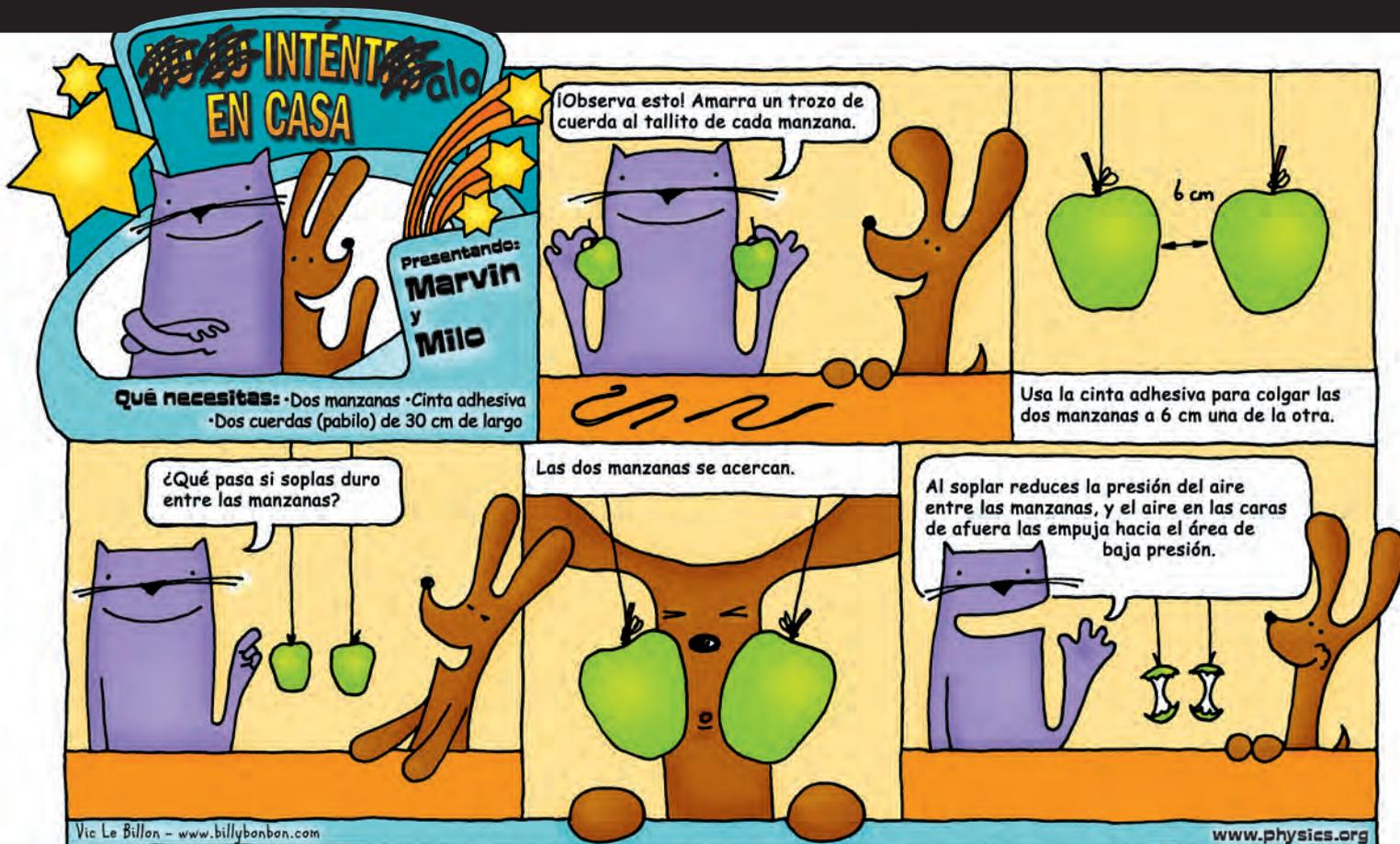
Las estrellas se iluminan por reacciones nucleares en su interior. La luz que sale del centro hacia afuera genera una presión que balancea la atracción gravitacional del gas que la compone manteniéndola en equilibrio y conservando su volumen. Pero cuando se acaba el combustible nuclear y se debilita la necesaria radiación, la fuerza de gravedad produce un colapso inevitable que en una estrella muy masiva, por ejemplo con 20 veces la masa del Sol, puede terminar en un hueco negro. Por otra parte, en el centro de la mayoría de las galaxias, continentes con cientos de millardos de estrellas, se pronostica también que las estrellas forman un hueco negro muy masivo, con masas del orden de varios millones de masas solares.

Aunque no podemos verlos directamente, cuando la materia cae en un hueco negro genera señales particulares. Si el hueco negro tiene una estrella acompañante, le succiona materia que antes de ser tragada genera un disco rotante que emite luz a altas energías (rayos X). Los campos magnéticos del disco también obligan a que la materia salga expulsada a altas velocidades perpendiculares a su superficie formando unos chorros bipolares característicos.



Representación artística de un hueco negro y su estrella acompañante GRO J16555-40.

Fuente: ESA/NASA



Prueba y verás

Columna redonda vs cuadrada

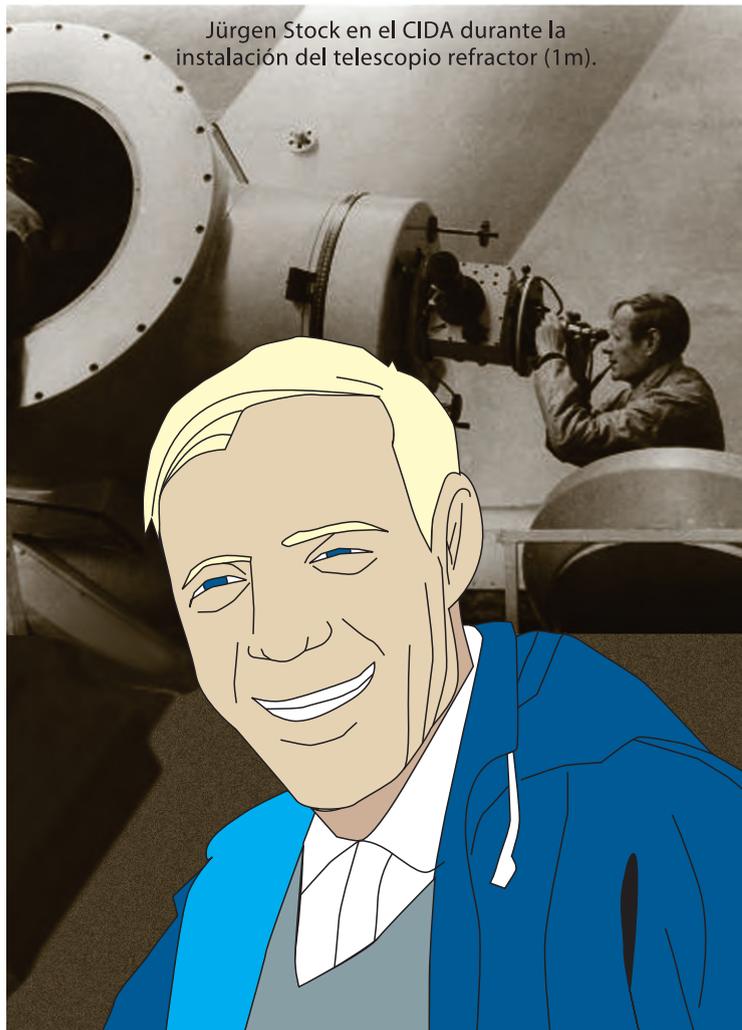


Parque Tecnológico de Mérida

Construye con papel cuatro columnas cuadradas y cuatro cilíndricas como se indica en el dibujo. Ahora coloca las cuatro columnas redondas y las cuatro cuadradas sobre una mesa, en posiciones similares (rectangular o cuadrada), y empieza a apilar libros sobre ellas.

Te sorprenderá cuántos libros más soportan las columnas redondas. ¿Por qué?

Aunque las columnas son hechas del mismo material (papel), las columnas redondas son muchas veces más resistentes que las cuadradas. Una columna es sólo tan fuerte como su parte más débil, y las columnas cuadradas tienen cuatro líneas débiles: los dobleces o esquinas. En cambio las columnas redondas, al no tener dobleces, no tienen puntos débiles, y así pueden soportar mayor carga (que la distribuyen equitativamente a través de toda la superficie del cilindro).



Jürgen Stock en el CIDA durante la instalación del telescopio refractor (1m).

La física en la historia

Jürgen Stock y el CIDA

Yajaira Freites, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas

Jürgen Stock (1923-2004) –ilustración–, nacido en Hamburgo (Alemania), tuvo una vida dedicada a la astronomía en Latinoamérica y, desde 1971, asumió la organización, instalación de equipos y la puesta en marcha del Centro de Investigaciones de Astronomía “Francisco José Duarte” (CIDA) en el estado Mérida. Años antes, Stock había recorrido la América del Sur en busca de un sitio para que los europeos instalaran un observatorio en la región. Trabajó en el Observatorio de Cerro Tololo, en Chile, y en ese entonces formó familia al casarse con una dama chilena.

Al llegar a Venezuela se encargó de sacar de las cajas el equipo adquirido en la década de 1950 por Eduardo Röhl, y establecer si todas sus partes estaban completas. Luego coordinó el traslado del equipo –cúpulas, tubos, espejos y otros accesorios– por tierra y a través de los pueblitos andinos hasta su instalación en las edificaciones del Observatorio del Hato, estado Mérida.

Paralelamente, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicit), bajo cuya acción se creó el CIDA, becó a jóvenes venezolanos para que se entrenaran en el exterior en astronomía. Luego se estrecharon las relaciones con la Universidad de Los Andes, la cual también había contribuido al comprar el terreno donde se erigió el Observatorio. En 1975, cuando se funda el CIDA, Stock fue nombrado director, cargo que ocupó hasta 1982, llevando siempre a la par su programa de investigación en astrometría. Radicado en Venezuela, murió recientemente en Mérida

La gravitación universal

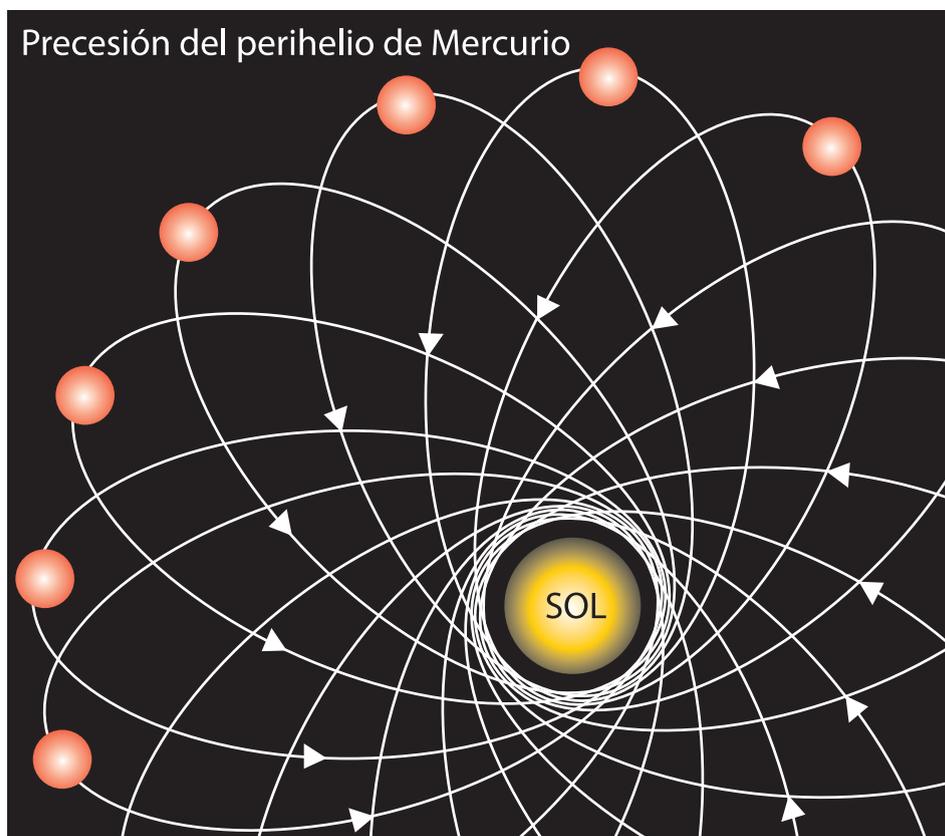
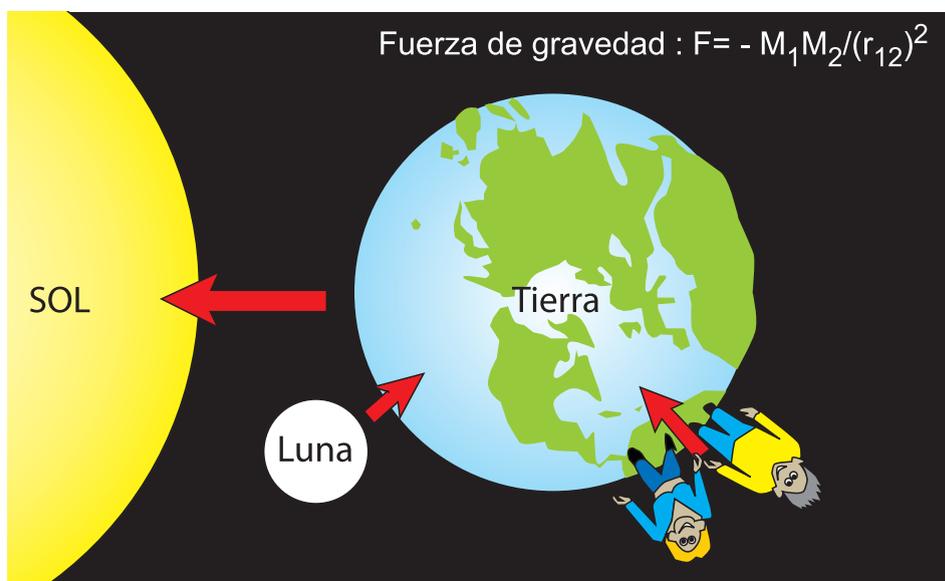
Víctor Villalba, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas

Cuando observamos un objeto caer estamos presenciando una de las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza. La **fuerza de atracción gravitacional** permite explicar por qué los cuerpos caen, las oscilaciones de un péndulo, las mareas, la naturaleza elíptica de las órbitas de los planetas alrededor del Sol, la expansión del Universo y muchos fenómenos más.

Isaac Newton enunció en el siglo XVII la **ley de gravitación universal**, la cual especifica que la fuerza con que se atraen dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Para poder formularla, Newton se basó en las leyes empíricas que había deducido Johannes Kepler a partir de las observaciones del astrónomo Tycho Brahe sobre el movimiento planetario; también se apoyó en los trabajos realizados por Galileo Galilei. En la época de Galileo se pensaba que los cuerpos pesados caían más rápido que los ligeros. Después de realizar un gran número de experimentos en los cuales dejaba rodar cuerpos de distintas masas sobre planos inclinados, Galileo obtuvo como resultado que todos los cuerpos caían libremente con la misma aceleración, la cual en el Ecuador tiene un valor aproximado de $g = 9,78 \text{ m/s}^2$.

La gravedad es una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza junto al electromagnetismo, la interacción fuerte y la interacción débil, estas dos últimas actúan únicamente a distancias comparables con el tamaño del núcleo atómico. Por lo tanto, a distancias más grandes, son las fuerzas gravitacionales y electromagnéticas las interacciones más importantes. A diferencia de la fuerza eléctrica, que puede ser atractiva o repulsiva dependiendo del signo de las cargas eléctricas, la gravedad es siempre atractiva, y es la interacción más relevante en el estudio del movimiento de los astros y del Universo a gran escala.

La gravitación de Newton es incompatible con el **principio de relatividad especial** de Albert Einstein, que nos dice que la información no se puede transmitir en el vacío más rápido que la velocidad de la luz. Para entender mejor este punto basta con apreciar que, de acuerdo con la ley de gravitación universal, la fuerza de atracción que ejerce un cuerpo sobre otro es instantánea sin importar la distancia entre ellos.



La inconsistencia de la gravedad de Newton reside en el concepto de simultaneidad y en la noción del tiempo absoluto, conceptos que dejan de tener sentido en la teoría de la relatividad de Einstein.

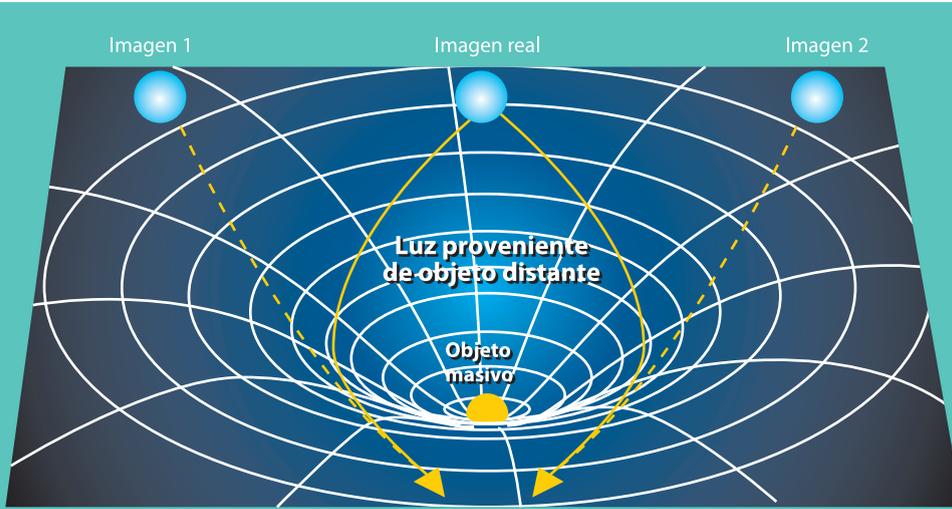
Einstein propuso en 1915 la **teoría de relatividad general**, una teoría de gravitación compatible con los principios de relatividad que generalizaba la gravedad de Newton. La relatividad general de Einstein

considera que la materia le da curvatura al espacio-tiempo y que éste entonces determina cómo se mueve la materia, una idea revolucionaria que ha sido verificada por observaciones astronómicas. La primera evidencia que demostró la validez de la relatividad general fue hecha en 1919 por el astrónomo inglés Arthur S. Eddington, quien durante un eclipse pudo medir la desviación por el Sol de la luz proveniente

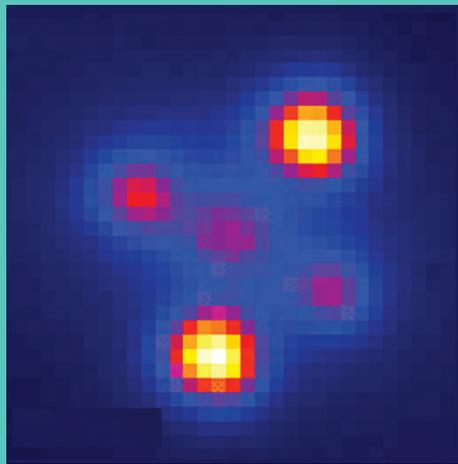


La teoría de relatividad me pareció entonces, y todavía hoy, el logro más grande del pensamiento humano sobre la naturaleza. La combinación más sorprendente de penetración filosófica, intuición física y destreza matemática. Pero sus conexiones con la experiencia eran tenues. Tenía el mismo encanto que una gran obra de arte, para ser disfrutada y admirada a distancia.

Max Born (Alemania, 1882-1970)

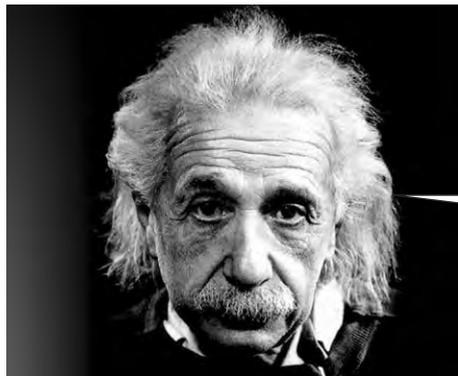


A la Tierra



La Cruz de Einstein

Es uno de los patrones ópticos que se observan en el telescopio de las imágenes de objetos lejanos por el efecto de los **lentes gravitacionales**. Como se indica en la figura, un objeto masivo tuerce el camino óptico de un cuerpo astronómico distante resultando en la observación de tres imágenes. Este efecto confirma la teoría de relatividad general de Einstein.



Una vez que la hayas estudiado, quedarás convencido de la teoría general de relatividad. Por lo tanto, no la voy a defender ni con una sola palabra.

Albert Einstein (Alemania, 1879-1955)

de una estrella. Una segunda evidencia fue la explicación de la precesión del perihelio del planeta Mercurio. De acuerdo con la gravitación de Newton, la órbita de Mercurio debería ser una elipse, pero los astrónomos han observado que la órbita de Mercurio alrededor del Sol rota ligeramente de forma tal que en un siglo la elipse que conforma su órbita ha girado 43 segundos de arco, tal como predice la

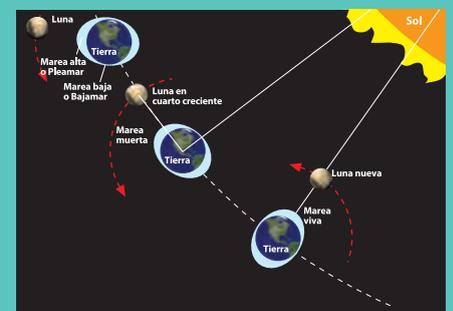
teoría de relatividad general de Einstein. La cosmología y la astrofísica han proporcionado en los últimos años pruebas adicionales sobre la validez de la teoría de Einstein. Ésta describe, por ejemplo, la naturaleza expansiva del Universo (el *Big Bang*), los lentes gravitacionales, los huecos negros y muchos otros fenómenos que ocurren en el Universo a gran escala.

Hoy en día la teoría de gravitación de Einstein ha encontrado una utilidad práctica que para muchos es desconocida: los **sistemas de posicionamiento global** (GPS). Los GPS nos permiten localizar con exactitud las coordenadas geográficas de cualquier objeto sobre la Tierra, y requieren, para poder efectuar con precisión dicho posicionamiento, que los relojes de los satélites estén sincronizados con los de la Tierra. Los satélites poseen relojes atómicos muy precisos que en principio no se atrasan ni se adelantan, pero como especifica la teoría de relatividad general de Einstein, se adelantan con respecto a los que se encuentran en la Tierra. A diario, los relojes de los satélites se adelantan 38 microsegundos (38×10^{-6} s), cantidad que debe ser corregida para que los GPS funcionen como es debido.

Uno de los grandes retos teóricos del siglo que está comenzando es desarrollar una teoría de interacciones fundamentales que unifique a la gravedad con la interacción electromagnética y con las nucleares (fuerte y débil), tema apasionante que seguramente otros de mis colegas tendrán la oportunidad de desarrollar en uno de estos fascículos.

Sabías que...

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 en regresar aproximadamente a la misma posición (una vuelta de 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 en que ella se encuentre, alejando el agua de la Tierra. Sin embargo, al mismo tiempo también ejerce una fuerza sobre la Tierra alejándola del agua que que se halla del lado opuesto. Así pues, las dos mareas se producen en sitios diametralmente opuestos y casi en línea con la posición de la Luna.



Mide la gravedad

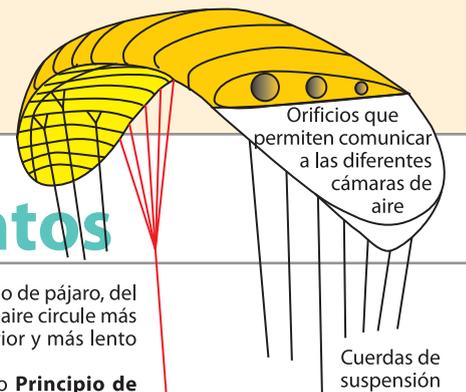
Un cuerpo cae libremente cerca de la superficie terrestre con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$

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

Materiales. Clavo y martillo (palito de naranja opcional), pabito (cuerda), cuerpo pesado comparado con la cuerda (tuerca por ejemplo), cronómetro.

Procedimiento

- Coloca un clavo fijo en la pared. En caso de no disponer de él, puedes encontrar la disposición requerida para la experiencia detrás de cuadros decorativos de tu casa.
- Utiliza aproximadamente 50 cm de longitud para la cuerda del péndulo. Esta distancia debe ser medida desde el punto de suspensión (atadura en el clavo) hasta el centro del cuerpo pesado (masa).
- Desplaza la masa hacia la derecha 10 cm desde su punto de equilibrio y suéltala. Una oscilación completa ocurrirá cuando la masa haya regresado al punto desde el cual la soltaste.
- Verifica que la masa no roce con la pared, ensaya hasta conseguir oscilaciones limpias. En caso de no lograrlo, sustituye el clavo por un palito de naranja, así el sistema quedará un poco más alejado de la pared.
- Con el cronómetro mide el tiempo que le lleva a tu péndulo hacer 40 oscilaciones. Para encontrar el período de oscilación del sistema, divide el tiempo cronometrado entre el número de oscilaciones.
- Utiliza la siguiente expresión para calcular el valor de la aceleración de la gravedad, $g = 4\pi^2 L/T^2$, donde g es el valor de la gravedad, $\pi = 3.1416$, L es la longitud de la cuerda y T es el período de oscilación.



Deportes

El parapente, gravedad y vientos

Rogelio F. Chovet

El parapente ha evolucionado a partir de los paracaídas direccionales. Se compone de una estructura flexible, la cual adquiere su forma y configura su perfil aerodinámico a partir de la presión del aire que pasa a través de él. Una estructura de tubos de tela unidos uno al lado del otro logra darle la forma de un ala de avión o de pájaro. Esta estructura está fijada al deportista mediante unos finos cordones específicamente diseñados, que hacen posible el desplazamiento controlado.

La acción de la gravedad hace el resto. Para lograr contrarrestar la gravedad que atrae hacia la Tierra al parapentista, éste debe localizar masas de aire que se desplacen en sentido vertical ascendente para superar la "caída" y, por tanto, poder así prolongar el tiempo de vuelo.

Estas masas ascendentes las encontramos de dos formas.

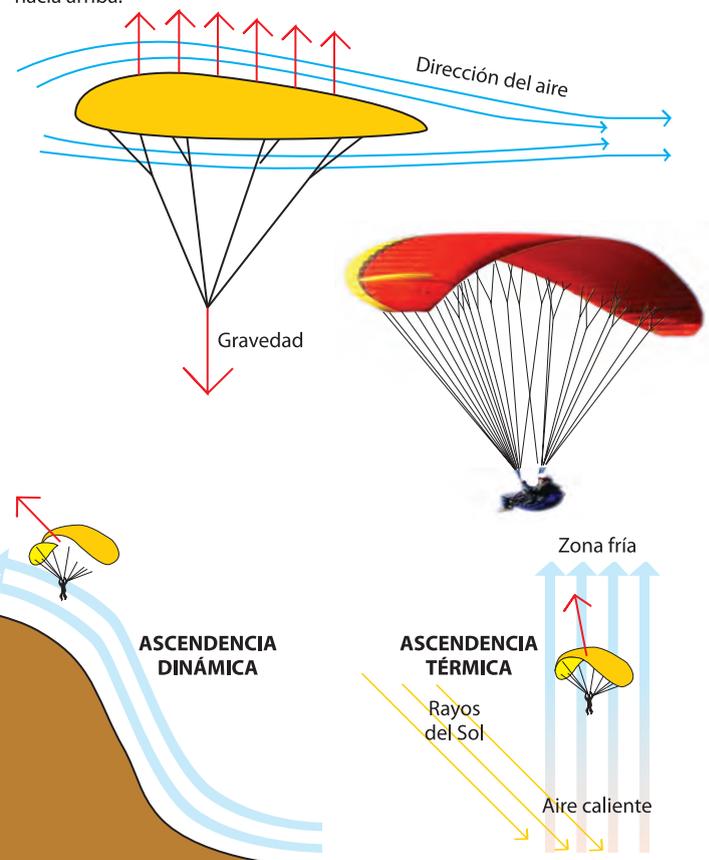
1. **Ascendencias dinámicas.** Producidas por el choque de la masa de aire en movimiento (viento) contra un relieve orográfico. El aire, como cualquier otro fluido, se desplaza junto a la corteza terrestre, yendo cuesta abajo donde encuentra un bache y subiendo por las laderas cuando se encuentra con una montaña.

2. **Ascendencias térmicas.** Resultado del calentamiento del Sol sobre una zona de la Tierra. Esta zona va calentándose y, por tanto, transmitiendo ese calor a la masa de aire situada justo encima de ella. Cuando alcanza suficiente temperatura como para diferenciarse del resto del aire circundante, se desprende y comienza a ascender. Normalmente, por el camino, va uniéndose a otras burbujas terminando por conformar una columna de aire ascendente.

El piloto trata de mantenerse el mayor tiempo posible dentro de esas masas de aire ascendente. En el caso de las ascendencias dinámicas, su intensidad ascendente dependerá de la velocidad del viento que, unido a la forma de la ladera en la que se apoya, incidirá en la altura hasta la cual podrá subir el piloto y mantenerse en esa franja ascendente.

En el caso de las ascendencias térmicas, la potencia y amplitud de las mismas determinará si pueden ser aprovechadas, y esto dejará de ser así cuando la temperatura de la corriente se iguale con la del aire circundante y, por tanto, deje de ascender. También puede encontrar su techo al llegar a la frontera con otra gran masa de aire a distinta temperatura, produciéndose lo que se conoce como **capa de inversión**.

La forma del ala de avión, o de pájaro, del parapente permite que el aire circule más rápido por la parte superior y más lento por su parte inferior. Este efecto, denominado **Principio de Bernoulli**, hace que la presión bajo el ala sea mayor que encima de ella y, por lo tanto, que el parapente reciba un empujón hacia arriba.



Retos del siglo XXI

Educación científica

Claudio Mendoza, IVIC/CeCalCULA

A pesar del impresionante desarrollo científico y tecnológico del siglo XX, y de todo el entusiasmo y perspectivas que se proyectan para las próximas décadas, existe un problema que tiene a todos muy preocupados, ¿quiénes y cuántos van a ser los científicos y tecnólogos del mañana? Debemos analizar esta pregunta primeramente desde el punto de vista propio de los procesos de generación del conocimiento, pero también dentro de las nuevas economías donde las monedas son ahora la información y los productos de alto contenido tecnológico.

La situación es alarmante por el escaso interés del ciudadano común por la ciencia; por la indiferencia de la gente joven hacia las posibilidades que abren carreras de investigación, desarrollo y docencia, y porque el enfoque educativo actual en las materias científicas ni motiva ni prepara adecuadamente al estudiantado. Debo aclarar que éstos no son problemas sólo de Venezuela sino de una gran mayoría de países que incluye a las grandes potencias.

Nos parece curioso que ya comenzado el siglo XXI se cuestione, por ejemplo, la incorporación de la teoría de evolución en los programas de biología a nivel de secundaria, o que se tenga que discutir en el salón de clase a la par con teorías pseudo-científicas como el "diseño inteligente". Más aún, pretender enmarcar la enseñanza de la ciencia dentro de ideologías, o aprovechar las demostraciones y prácticas en las escuelas para inculcar, son recetas condenadas al fracaso y a comprometer seriamente la competitividad de un país. Cada uno de quienes trabajamos en la actividad científica, sea como investigador, académico, empresario o docente, podemos relatar con nostalgia la influencia que algún profesor nos despertó dada la afinidad y pasión por su vocación. Creo que aquí está el punto de partida para enrumbarlos en la dirección correcta. Debemos preparar y actualizar a los profesores para que sean sobre todo mentores, y recordar que el contacto del estudiante con la ciencia debe empezar a temprana edad.

Ese contacto hay que cultivarlo en la participación del (de la) muchacho(a) en equipos que colaboren en proyectos de relevancia científica, donde se manejen datos que puedan conducir a algún tipo de descubrimiento, por pequeño que sea. Esos descubrimientos son realmente el elixir que encanta a una persona para dedicarse de por vida a una disciplina científica, y no debemos esperar a llegar al postgrado para que nos den un poquito de él.

Hoy en día el desarrollo y disponibilidad de las tecnologías de la información y comunicación facilitan enormemente el establecimiento de este tipo de colaboraciones, donde participen activamente tanto investigadores como docentes y estudiantes de secundaria. El compromiso debe ser de toda la comunidad, y las políticas de Estado deben promoverlo a una escala que se compagine con la preparación que necesita de su fuerza de trabajo para competir a nivel global.

Fotografías del Proyecto Ciencia en la Escuela de Fundación Empresas Polar en Caracas.



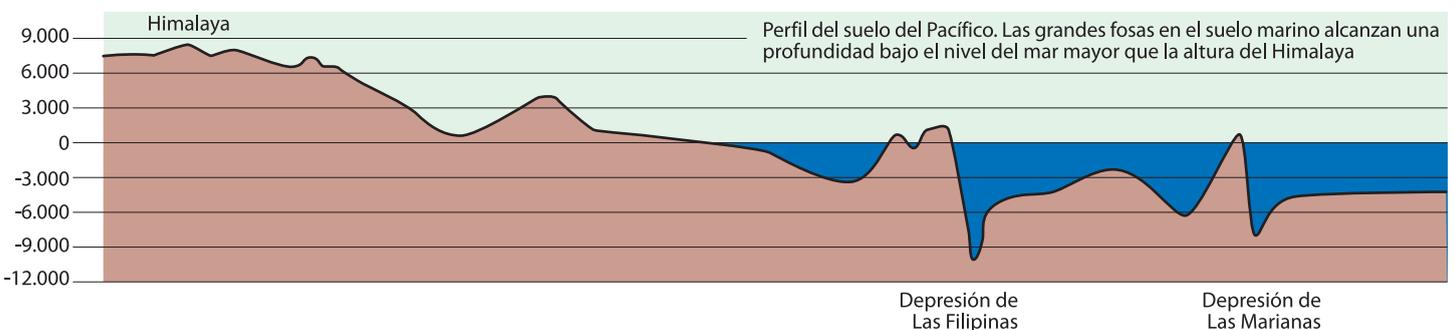
Curiosidades

La montaña más alta

Ángel Delgado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas

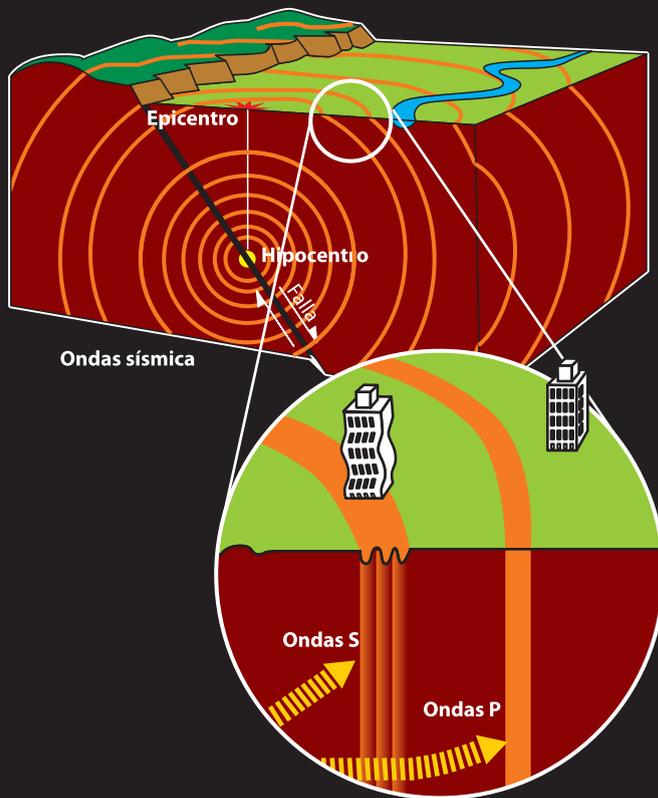
La altura de las montañas se puede medir desde el nivel del mar o desde el fondo del mar, según donde se encuentre su base. Pero, ¿hay límites para la altura de las montañas? ¿Pudiera haber una montaña más alta que el Everest?

La altura de las montañas no es ilimitada ya que nunca puede exceder la llamada **altura crítica** que es de aproximadamente 30 kilómetros desde su base. Si una montaña fuera más alta que la altura crítica, la presión en su base sería suficiente para licuar el material del fondo a consecuencia del peso y, con esto, la montaña tendría que bajar hasta una altura menor a la crítica.



Planeta Tierra: terremotos

Inírida Rodríguez, Universidad Central de Venezuela, Caracas



Las masas de rocas se mueven lenta, muy lentamente... De pronto y súbitamente, la energía acumulada en el interior de la Tierra es liberada en el foco, hipocentro o región focal, y se propaga a través del subsuelo en forma de ondas o distorsiones elásticas que deforman la parte sólida de la Tierra a su paso. ¡Está temblando, es un terremoto! En la superficie, directamente sobre el punto inicial de ruptura está el epicentro. ¿Cómo lo describimos? Por su intensidad en la **escala de Mercalli modificada**, una medida de cómo se siente el terremoto en términos de los daños causados. Y por su magnitud en la **escala de Richter**, expresión de la energía liberada en el foco.

¿Cómo se propaga esa energía? Un tren de ondas que comprende **ondas de cuerpo P** (Primarias) de compresión-dilatación con velocidad ≈ 5 km/s, y **ondas de cizalla S** (Secundarias) con velocidad ≈ 3 km/s, las cuales no atraviesan medios líquidos. Las **Ondas superficiales, Love y Rayleigh**, son más lentas, con profundidad de penetración dependiente de su longitud de onda. En general causan mucho daño. Desde el origen de la civilización, el hombre ha tratado de predecir los terremotos para anticipar sus efectos, y tomar las previsiones que mitiguen o impidan los daños que puedan afectar tanto su vida como sus propiedades. Predecir significa conocer con precisión las zonas de mayor riesgo sísmico, tener mapas detallados con indicaciones de las más probables zonas de ruptura (fallas geológicas), llevar registros de las variaciones de cualquier parámetro geográfico, geológico o geofísico de la región y, finalmente, tener la responsabilidad para tomar medidas que pudieran inclusive llevar a solicitar la evacuación de una zona bajo amenaza sísmica en un momento crítico.

Los **Tsunamis**, como fenómenos asociados con los terremotos, son olas inducidas por un movimiento vertical súbito del fondo marino afectado por un sismo o evento volcánico. En alta mar pueden ser imperceptibles, pero incrementan sustancialmente su amplitud al acercarse a la costa y pueden llegar a causar graves daños.

Exploraciones planetarias Robots gemelos en Marte

Claudio Mendoza, IVC/CeCalCULA

Las investigaciones de la geología del planeta Marte y, sobre todo, la búsqueda de trazas que sugieran la existencia previa de agua como requisito para la vida, se intensificaron con la llegada al planeta rojo, en enero de 2004, de dos robots "geólogos" gemelos, el **Spirit** y el **Opportunity** (en las imágenes simulaciones del Spirit sobre Marte), que hasta la fecha todavía están activos. Estudian dos locaciones situadas en lados opuestos del planeta que parece que tuvieron agua en el pasado: el Cráter Gusev, el cual podría haber sido un lago, y el Plano Meridiani que tiene depósitos de hematita, un mineral asociado con medios húmedos.

Estos sofisticados tractorcitos (en inglés *rovers*), potenciados por energía solar, se mueven por la superficie abrupta y rocosa de Marte como si fueran dos geólogos humanos. Tienen una cámara estereoscópica en un mástil a una altura de 1,5 m que toma fotos de 360°, y un brazo robótico con una camarita que hace la veces de una lupa y una herramienta abrasiva que imita el martillito del geólogo. Han recorrido kilómetros tomando muestras, analizándolas y enviando los datos por radio a la Tierra.

Uno de los descubrimientos más significativo del *rover* Spirit ha sido un sector de casi puro sílice, el componente principal del vidrio, que se asocia con ambientes de aguas termales y fumarolas, estas últimas son chorros de vapor ácido que salen de las grietas y que en la Tierra (por ejemplo, Islandia) sostienen una abundante variedad de microbios.

