

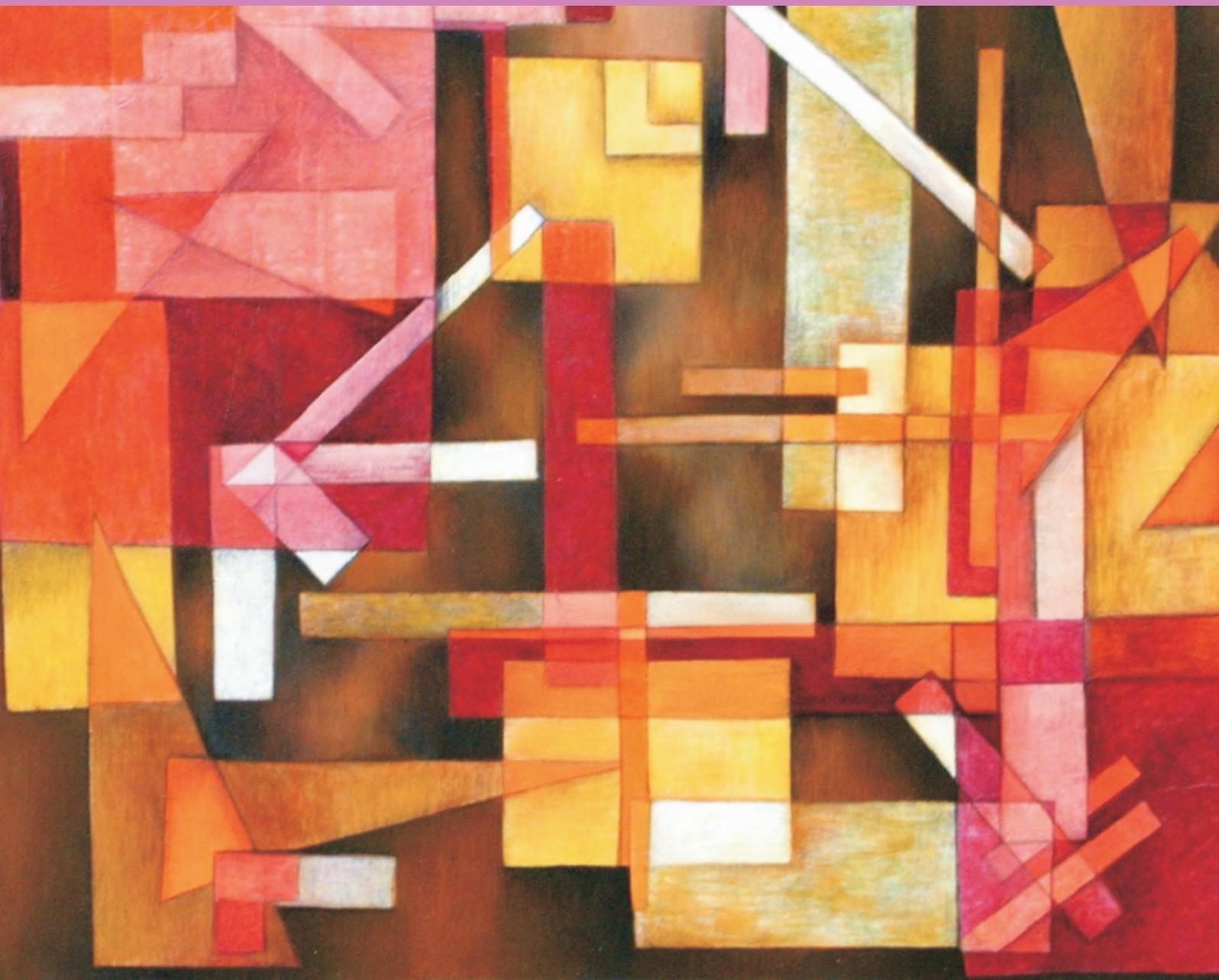
Universidad Nacional
de General Sarmiento



Revista

IDEÍtas

Enero - Marzo de 2010 - Año I - N° 2



Geométrico, Valeria Amado, 2003

Ingeniería Naturaleza física Matemática

Becas de formación en docencia para alumnos

Las actividades de investigación y docencia que se desarrollan en la UNGS están a cargo de investigadores-docentes de los cuatro institutos de la universidad: Instituto de Ciencias, Instituto de Industria, Instituto de Desarrollo Humano e Instituto del Conurbano. Para la UNGS es de gran relevancia la capacitación de estudiantes en esas áreas y que éstos puedan integrarse a los equipos formados. Una manera de promover esta capacitación e integración de los estudiantes a las cátedras y proyectos es a través del Programa de Becas en Formación de Docencia para Estudiantes. En 2009 se han presentado unos 50 alumnos y a comienzo de este año una Comisión Evaluadora ha dictaminado quiénes son los ganadores de las becas disponibles. Estos alumnos van a iniciar sus tareas en abril de 2010.

IDÉIAS entrevistó a dos de los nuevos becarios para conocer sus perfiles y para que relaten sus motivaciones para insertarse en las actividades de docencia e investigación.

Perfiles



Nombre: Anabel Vanina
Apellido: Laiolo
Le dicen: Ana
Edad: ...
Estudia: Ingeniería Industrial y Profesorado de Física

Le gusta: Leer, estudiar, la música (vocación oculta), la física (aunque dice que le cuesta)

No le gusta: planchar

Equipo de fútbol: Vélez Sarsfield, y le apasionan los autos de carrera

Sitio de internet: Portal de libros Taringa

Grupo de música: Led Zeppelin, Molotov, Santos Inocentes

Secundaria: E.E.M. N° 7 "Juan B. Justo", José C. Paz



Nombre: Eliseo Andrés
Apellido: Zeñuka
Le dicen: Eliseo o Eli
Edad: 19 años
Estudia: Ingeniería Electromecánica

Le gusta: Andar en bicicleta, leer, dibujar con carbonilla, el idioma portugués

No le gusta: El tiempo de parciales, ordenar su habitación

Equipo de fútbol: Boca Juniors, aunque no le presta atención

Sitio de internet: El blog de tecnología <http://www.fayerwayer.com>

Grupo de música: Logos

Secundaria: E.E.T N° 2 "Gendarmería Nacional", Moreno

Los becarios dicen...

¿Por qué te presentaste a la beca?

Ana: Principalmente para aprender. Y para ayudar, desde un rol de "no-profe" y "no-alumno", a que los nuevos alumnos se integren más a la materia en la que voy a estar, Química Industrial. Creo que van a verme como un par y se animarán más a preguntar.

Eliseo: Me presenté porque considero que estoy preparado para afrontar un nuevo desafío en el ambiente académico. Además, el plan de tareas de la beca promete aportarme experiencia y conocimiento que a lo largo de la cursada no podría adquirir, como lo es la docencia y la investigación. Para la beca opté por la materia Física I, con la cual me he llevado muy bien y que, además, presenta una física visible en lo cotidiano.

¿Qué esperás de la beca?

Ana: Que me forme como profesional.

Eliseo: Espero crecer en conocimiento, ya sea por la investigación o la docencia, y en carácter, al relacionarme con personas y situaciones diferentes a las que estoy acostumbrado.

¿Cómo vas en la carrera?

Ana: Por ahora súper bien. No tengo grandes problemas salvo los finales que se acumulan; la cantidad está creciendo exponencialmente.

Eliseo: Creo que la respuesta es muy bien. Estoy comenzando el tercer año de ingeniería y hace dos años que ingresé a la universidad. Esto quiere decir que voy a buen ritmo, y creo que esto, junto a mi buen promedio, me facilitó la obtención de la beca.

¿Cuál es la materia/tema que más te gusta?

Ana: Me fascina la química. Antes estudiaba medicina y nunca pensé que iba a sentir tanta pasión por otra disciplina.

Eliseo: Me gustan las materias que tratan la física aplicada a situaciones cotidianas y al uso industrial. Por la escuela secundaria me gusta también la automatización.

Rector de la UNGS
Lic. Silvio Feldman

Director del Instituto de Industria
Ing. Néstor Braidot

Revista IDEÍtas
Director
Eduardo Rodríguez

Redacción
María Llera
Pablo Nuñez
Néstor Olivieri
Eduardo Rodríguez

Colaboran en este número
Sebastián Guala
Guillermo Jorge
Leonardo Mingari

Diseño e ilustraciones
Gisela Ederle
Claudio Abrevaya
Fernando Santamarina

Corrección
Gabriela Laster

Agradecemos a:
Centro de Servicios de la UNGS

La elasticidad del acero

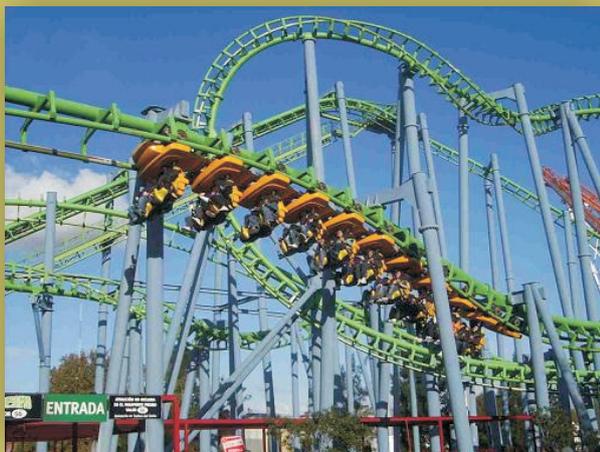


Foto: IDEÍtas

Índice **IDEÍtas**

Enero - Marzo de 2010

Universidad - Página 2

Para el aula - Página 4

Física - Páginas 5, 6 y 7

Desafíos - Página 8

Máquinas térmicas - Páginas 9, 10 y 11

Tecnología - Páginas 12 y 13

Retos matemáticos - Página 14

Astronomía - Páginas 15 y 16

Experimentos - Páginas 17 y 18

En la web - Página 19

Cámara
en mano



Foto: IDEÍtas

Astronomía



Foto: Skiwalker 79

Revista **IDEÍtas** es una publicación trimestral del Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento. Realizada con el apoyo del Fondo Estímulo al Fortalecimiento de los Servicios no Rentados y Acciones con la Comunidad de la UNGS. Se distribuye gratuitamente en escuelas secundarias.

Redacción: Oficina 4118, Módulo 4, Campus de la UNGS, Juan M. Gutiérrez 1150, (B1613GSX) Los Polvorines, Buenos Aires.
E-mail: ideitas@ungs.edu.ar

Experimentos copados

Agua que no cae

Tomemos una copa y llenémosla con agua. Coloquemos un cuadrado de cartulina a modo de tapa y demos vuelta lentamente la copa, sujetando la cartulina con una mano, y sin derramar. Cuando la copa queda invertida, observamos que el agua no cae. ¿Por qué?

El agua no cae porque la presión atmosférica actúa sobre la cartulina y la aprieta contra la copa. La presión atmosférica, al igual que la presión que ejerce cualquier fluido, actúa en todas las direcciones y en este caso empuja la cartulina desde abajo hacia arriba. Esta fuerza del aire sobre la cartulina contrarresta el peso del agua que tiene encima. También ayuda un poco la fuerza de la tensión superficial del agua que actúa sobre la cartulina en todo el borde de la copa.

Si queda aire en la copa, existe la posibilidad de que esta demostración no arroje el efecto deseado (sí, nos mojamos), puesto que el aire atrapado a la presión atmosférica empujará desde arriba a la cartulina en el mismo sentido que el peso del agua. Pero una cartulina flexible se combará un poco y eso dará lugar a que aumente el volumen que el aire ocupa en la copa. Al expandirse, el aire disminuye su presión, y así se puede mantener el equilibrio. Si todo sale bien, es de esperar que haya sorpresa en el aula para poder sugerir a los alumnos que prueben el experimento en la casa. Ojo, tampoco hay que exagerar con la duración de esta demostración: a la larga, la cartulina se moja, se ablanda y el agua finalmente cae, pero ésa es otra historia.



Foto: IDEÍtas

Un análisis de este experimento se puede ver en:
<http://www.cienciaredcreativa.org/ideitas/copa.pdf>.

Franjas de colores

En un plato hondo colocamos agua, agregamos unas gotas de lavavajillas y mezclamos. Apoyamos la boca de una copa en la superficie del líquido y la retiramos despacio. Vamos a ver que en la copa queda formada una película líquida muy fina (esto quiere decir que al menor soplo se rompe). Veámosla desde un costado en un lugar bien iluminado. Franjas amarillas, rojas, verdes, azules, van apareciendo desde arriba a medida que la película escurre. ¿Por qué se observan estos colores en una película líquida?

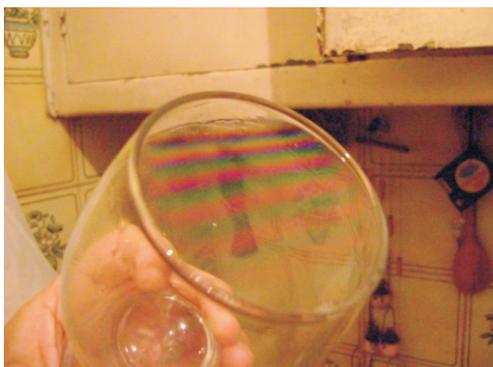


Foto: IDEÍtas

La luz incide sobre la película y en su superficie ocurren dos cosas: parte de la luz se refleja y vuelve al lado del que venía, y parte se refracta y pasa a la película. A su vez, la luz que pasa incide en la otra superficie de la película, la que da al interior de la copa, y desde allí una parte se refleja y vuelve a salir por el mismo lado por el que entró. Esta luz "se mezcla" o "sobrepone" con la que se refleja en la superficie exterior de la película. Se dice que estos haces de luz "interfieren" y este fenómeno de interferencia permite que algunas ondas de luz, correspondientes a ciertos colores, se superpongan de tal manera que sus efectos queden reforzados. Son esos colores los que vemos.

Las franjas aparecen en lugares de la película que tienen el mismo espesor. Como la película escurre y su espesor cambia, las franjas se mueven. Si el espesor de la parte superior se afina mucho, esto impide que las ondas correspondientes a colores visibles interfieran como para verlas, y la parte de arriba se verá oscura. Hay que probar y ver.



Planteo de un problema de física y una solución usando tecnologías disponibles.

Foto: Gallo

Luz, cámara... movimiento

Un caso con un tren urbano.

Al lado del paso a nivel de la estación de trenes de Haedo, vemos la partida de un tren eléctrico de la ex línea Sarmiento. Ésta es una buena oportunidad para tratar un caso real y averiguar qué tipo de movimiento tiene el tren en el tramo recto de la estación. Como el tren pasa de encontrarse quieto a desplazarse, a priori sabemos que se acelera. Pero ¿cómo es esa aceleración? ¿Cómo podemos hacer para medirla? ¡Chan! ¿Qué información puede darnos?

Como noteros de un programa de TV, nos dispusimos, cámara en mano, a filmar el tren cuando salía de la estación para analizar su (ruidoso) movimiento.

Repasemos

¿Qué significa que un cuerpo esté acelerado? Significa que su velocidad varía a medida que pasa el tiempo. En el caso especial de que la velocidad cambie su valor una misma cantidad en un mismo intervalo de tiempo, se dice que la aceleración es constante.

Esto quiere decir que si en un instante dado, la velocidad del tren o de un cuerpo cualquiera fuese, por ejemplo, de 2 m/s, al medirla a intervalos de tiempo regulares, supongamos una vez por segundo, observaríamos que la velocidad pasa de 2 m/s a

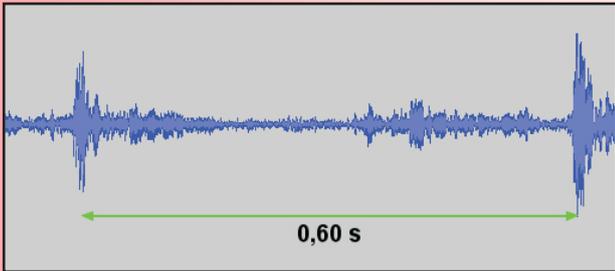
5 m/s en el primer segundo, de 5 m/s a 8 m/s en el siguiente segundo, un segundo después sería 11 m/s, etc. El cambio de velocidad por unidad de tiempo es la aceleración, y como la velocidad está variando 3 m/s por cada segundo que transcurre, el valor de la aceleración se expresa como 3 m/s^2 .

Análisis de la velocidad

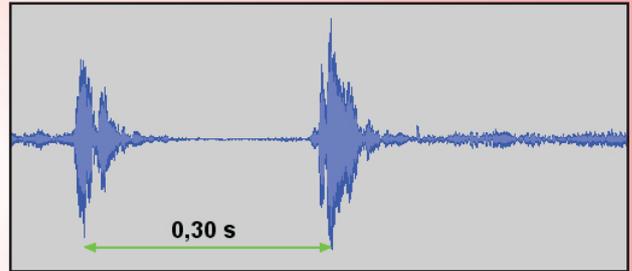
Una manera práctica de analizar el cambio de velocidad es haciéndolo de manera gráfica. Los gráficos dan una buena ayuda y el análisis consiste en representar los valores de velocidad en función del tiempo. Si el gráfico resultante es una recta, significa que la velocidad crece a ritmo constante, lo que es lo mismo que decir que la aceleración es constante, y entonces su valor está dado por la pendiente de la recta.

Volviendo al hecho concreto del tren que parte de la estación, el problema a resolver es cómo determinar los valores de su velocidad. Una forma posible de resolver este problema es usando una cámara digital (o un celular que tenga la posibilidad de filmar). Luego tendremos que tener a mano una computadora y un micrófono. Veamos una manera de usar la tecnología disponible.

Dos pares de chanes consecutivos



A siete segundos de la partida



A veintinueve segundos después de la partida

Playa de maniobras

Se procede a grabar una película con sonido para registrar el clásico “chan-chan... chan-chan... chan-chan”, producto del golpe de las ruedas en la unión de dos vías. Luego se reproduce el video y se graba el sonido con el micrófono conectado a la computadora. Imagen y sonido contienen toda la información necesaria.

Con un editor de audio como Audacity, el cual puede obtenerse gratis en internet (<http://audacity.sourceforge.net>), se mide el tiempo transcurrido entre golpe y golpe del siguiente modo: con el puntero del mouse se selecciona el pico de un chan y se lo arrastra hasta el pico del siguiente chan. El programa indica al pie de la pantalla el intervalo de tiempo transcurrido entre esos ruidos.

Dado que la velocidad del tren va aumentando, es de esperar que estos intervalos de tiempo vayan disminuyendo. Puede verificarse este cambio si se comparan los intervalos de tiempo entre los chanes a medida que el tren se mueve.

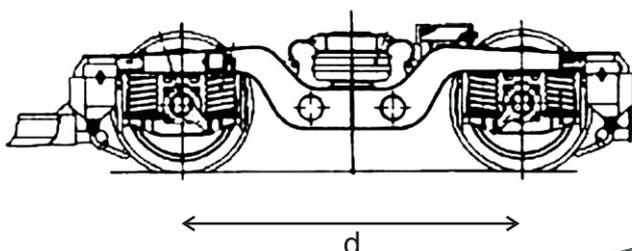
A partir de la medición de esos tiempos entre los sucesivos golpes de las ruedas del tren en la unión de las vías, el próximo paso es obtener la velocidad. Para ello, es necesario conocer la distancia entre las ruedas que producen el doble golpe. Esta distancia corresponde a la distancia entre

las ruedas de un vagón. Nuevo problema, ¿cómo obtener esta distancia?

Viaje al dato necesario

Para resolver esto, se puede tomar alguno de los siguientes caminos. Uno requiere navegar la página web de la empresa ferroviaria, www.tbanet.com.ar, y buscar allí las dimensiones de ese tipo de tren. Otro modo es por medio de una foto del tren en la que aparezca una marca de longitud conocida como referencia junto al bogie –el carro donde van las ruedas– del vagón que se fotografíe para, luego, usando una relación de proporcionalidad, hallar la distancia entre las ruedas.

Obtenidos los tiempos y la distancia entre rueda y rueda se puede determinar la velocidad media para cada uno de los intervalos entre dos “chanes” consecutivos, realizando el cociente entre la distancia y el intervalo de tiempo. Estas velocidades asociadas al tiempo en que ocurren permiten construir el gráfico de la velocidad del tren en función del tiempo. Para ello se puede emplear una planilla de cálculo, como Excel, donde se registren los valores del tiempo y de la velocidad correspondiente, y se los grafique sobre ejes cartesianos para obtener una ecuación que los represente.



Distancia que hace falta conocer para calcular la velocidad del tren.

Arribando al resultado

Como ejemplo, se muestra el gráfico de velocidad de un tren de doble piso cuando sale de la estación de Haedo. Se puede observar que la velocidad varía con una tendencia lineal, lo que indica que la aceleración del tren es constante, al menos para este tramo inicial de arranque del tren al salir de la estación. El valor de esa aceleración (pendiente de la recta) es aproximadamente de $0,2 \text{ m/s}^2$, lo que significa que el tren alcanza en 10 segundos unos 2 m/s o su equivalente de un poco más de 7 km/h . De continuar así, lograría su velocidad máxima de 65 km/h en un minuto y medio.

Nuevas estaciones

Hecha esta descripción del movimiento y habiendo obtenido el valor de la aceleración, una pregunta extra que podemos hacernos es: ¿cuál es la fuerza que empuja al tren para acelerarlo de esa manera? De acuerdo con la Segunda Ley de Newton, se puede calcular el valor de esta fuerza mediante el producto de la masa del tren por la aceleración. Sí, la popular

$$F = m \times a.$$

Tara ferroviaria

El valor de la masa del tren se puede obtener del dato de la tara de cada vagón, que suele estar indicada en la carrocería, o bien buscándolo en internet. Según la página de la empresa ferroviaria a la que pertenece el tren de doble piso, la masa del vagón vacío es de unos $50.000 \text{ kilogramos}$, por lo que una formación de ocho vagones como la estudiada tiene una masa de 400.000 kg . A esto se debe sumar la masa de los pasajeros. En el momento de la filmación, el tren estaba ocupado aproximadamente en un 50% de su capacidad dado que el horario no era el de mayor concurrencia. Si suponemos unos 150 pasajeros (¿cómodos?) por vagón, tenemos unos 1.200 pasajeros en todo el tren. Si cada pasajero tuviera una masa de unos 70 kg , esos 1.200 pasajeros reunirían una masa de 84.000 kg . Sumando la masa de los ocho vagones a la masa de los pasajeros, tenemos una masa total de 484.000 kg .

Finalmente, al multiplicar los valores de la masa por la aceleración, el valor de la fuerza es de casi 100.000 N . Esta fuerza es comparable con el peso de un colectivo. ¿Cuántos elefantes dice usted?

$$v = \frac{x}{t}$$

$$a = \frac{v}{t}$$

Gráfico de la velocidad del tren a partir del comienzo de la filmación.



Para leer sobre cinemática:

Física I, Mecánica, A. Rela y J. Sztrajman, Ed. Aique.
Física, L. Romanelli y A. Fendrik, Ed. Prentice Hall.

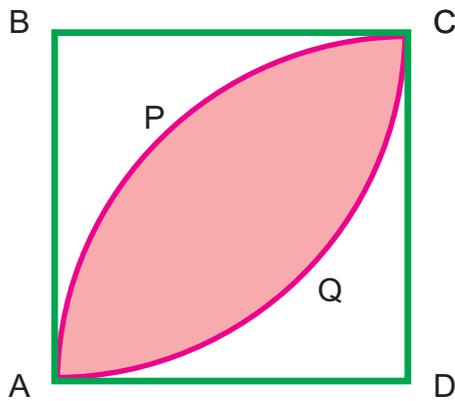
Última parada

Una más y no preguntamos más: ¿quién le hace esa fuerza al tren? Concierto de chanes y hasta la próxima.

Para alumnos y profesores

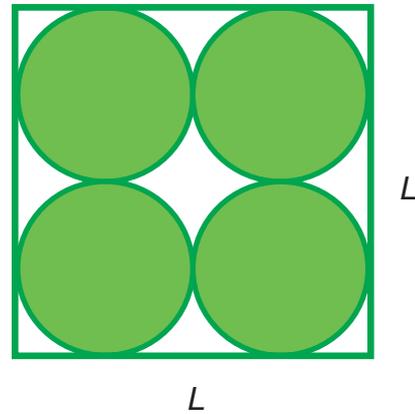
Área a descubrir

¿Cuál es el área de la parte sombreada? ABCD es un cuadrado de 10 centímetros de lado y APC y AQC son arcos de circunferencia con centros en B y D, respectivamente.



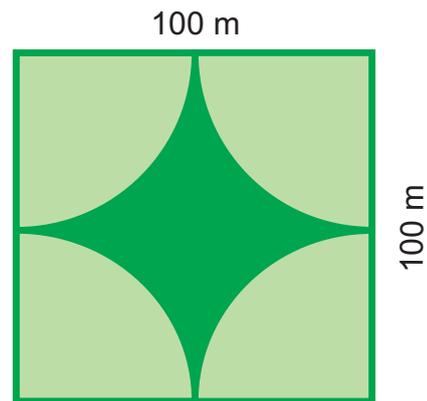
El quinto círculo

Cuatro círculos idénticos calzan apretados dentro de un cuadrado de lado L . ¿Cuál es el radio del círculo más grande que cabe en el agujero central?



El largo de la cuerda

En un prado cuadrado de 100 metros de lado hay cuatro cabras. Las cabras están atadas cada una a una esquina del prado con una cuerda de 50 metros, lo que les permite comer sólo una parte de la hierba del campo. En el centro del prado queda una zona que ninguna de las cabras puede alcanzar. Tras vender tres de las cabras, el propietario alargó la cuerda de la que quedaba, de tal forma que el área sobre la que puede pastar la cabra ahora es equivalente al área sobre las que pastaban anteriormente las cuatro. ¿Qué longitud le dio a la cuerda?



Para charlar sobre estos problemas o enviar las soluciones, los invitamos a escribir a ideitas@ungs.edu.ar.

Los resultados de los desafíos del número anterior están en:

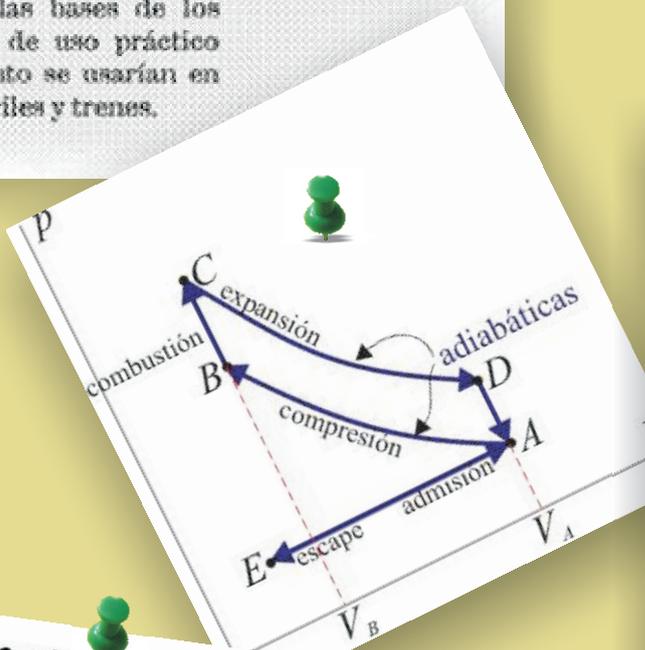
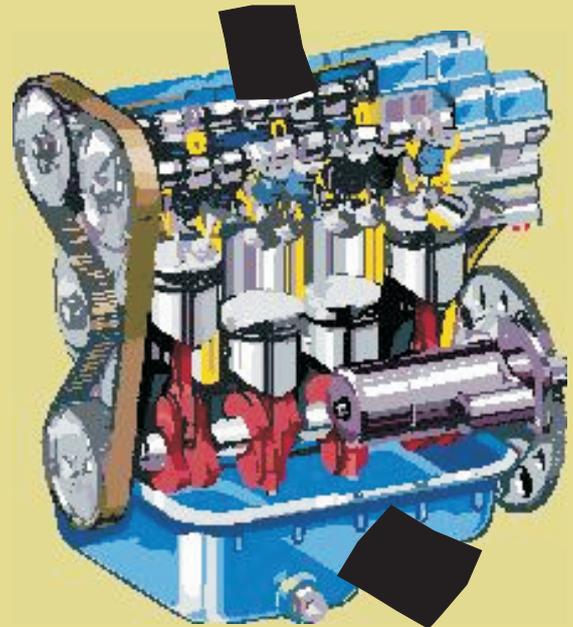
<http://www.cienciaredcreativa.org/ideitas/desafios.html>.

Ponemos primera

¿Cómo funciona un motor de combustión interna?

Monia, Alemania - 1876

El ingeniero alemán Nikolaus Otto y su equipo de colaboradores festejan con chucrut y cerveza el arranque de un primitivo motor que funciona con gas de alumbrado. Un triunfo de la técnica para un motor que combina variantes propias y algo del diseño que años atrás aportó Alphonse Beau de Rochas, con lo que se sientan las bases de los motores de uso práctico que pronto se usarían en automóviles y trenes.



Pilar, Buenos Aires - 2010

Azucena y Carlos van al cine a ver "Volver al futuro" para festejar que aprobaron la prueba de Máquinas Térmicas. Un triunfo de sus técnicas de estudio y empeños. Tuvieron que explicar el funcionamiento del motor de un auto. Mientras estudiaban se sorprendieron de que, pese al tiempo transcurrido y el avance de los desarrollos tecnológicos, los motores actuales conservan el mismo principio de funcionamiento que el que propuso Otto.



Recordar: enviar problemas a IDEÍtas
ideitas@ungs.edu.ar

Lo explica el ingeniero industrial Sebastián Guala, egresado de la Universidad Nacional de General Sarmiento y actual investigador y docente de la universidad.

Motores de combustión interna

Aunque también hayan aparecido autos movidos por motores que utilizan electricidad (sus baterías se cargan como las de un teléfono celular), energía solar o hidrógeno, los combustibles fósiles derivados del petróleo (gasoil, nafta, gas) siguen siendo la fuente de energía más utilizada en los autos debido a que desde hace un siglo es la energía más barata para mover un motor como el que posee actualmente cualquier automóvil, desde el que vemos pasar por casa hasta uno que corre en la Fórmula 1.

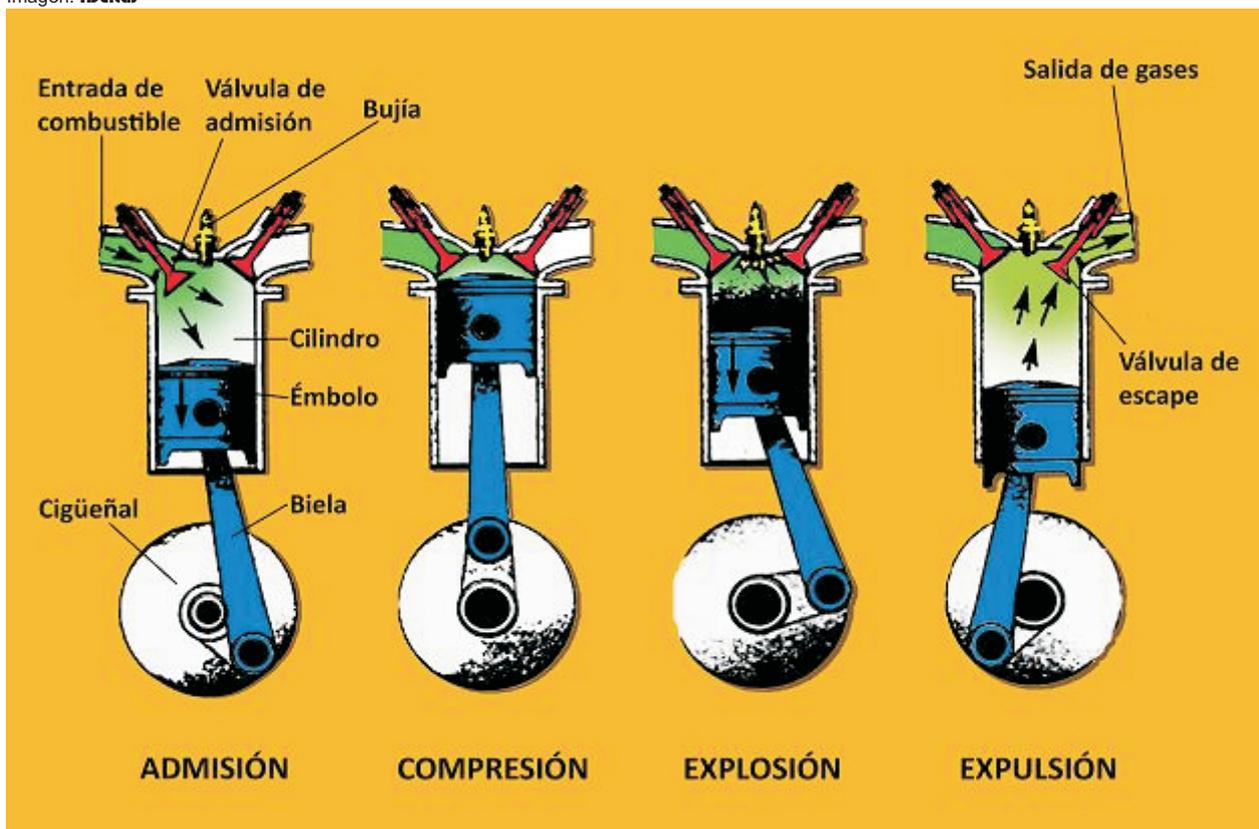
Este tipo de motor se llama *motor a explosión* o también *motor de combustión interna*. Ambos términos se deben a que el funcionamiento se basa en el impulso dado por una combustión explosiva en un recinto cerrado. No todos los motores funcionan así: las viejas locomotoras a vapor, por ejemplo, funcionaban con *motores de combustión externa* porque la combustión se usaba para calentar el agua y producir vapor a alta presión, que era el que movía la locomotora.

Cómo funcionan

Para describir el funcionamiento de un motor de explosión, imaginemos un *cilindro* al que entra por un pequeño orificio una *mezcla de aire y combustible* (gasoil, nafta o gas). El cilindro tiene en su interior un tapón móvil llamado *pistón* o *émbolo*. Este pistón ocupa toda la sección del cilindro y sólo se puede mover verticalmente, hacia arriba y hacia abajo. La parte inferior del pistón se encuentra conectada mediante un brazo móvil llamado *biela* a un eje descentrado llamado *cigüeñal*. La clave del funcionamiento del motor es convertir el movimiento vertical del pistón en un movimiento giratorio del cigüeñal (ver la figura).

El funcionamiento de un motor de auto de este tipo se puede dividir en etapas, por lo que se lo llama *motor de cuatro tiempos*, aunque también existe el *motor de dos tiempos* que se usa en los ciclomotores y antiguamente también se usaba en algunos autos.

Imagen: IDEÍtas



Vayamos por etapas

En un motor de cuatro tiempos, la primera etapa es la *etapa de admisión*, en la que el pistón desciende por el cilindro y se genera un vacío que es llenado por la mezcla de aire y combustible que ingresa al cilindro al abrirse una *válvula de admisión*.

En la segunda etapa, la *etapa de compresión*, la válvula de admisión se cierra y el pistón asciende por el cilindro y comprime y calienta la mezcla. Cuando el pistón llega a la parte superior del cilindro, la mezcla alcanza alta presión y alta temperatura. En ese instante, un chispero (como el que se usa para prender el horno de la cocina) llamado *bujía* hace una chispa que detona la mezcla, lo que genera una potente explosión producida por la violenta combustión (los motores gasoleros, inventados por Diesel, no necesitan bujías para la detonación ya que la mezcla detona por la alta temperatura que se alcanza en el cilindro al final de la compresión).

Esa explosión empuja el pistón hacia abajo e inicia la *etapa de explosión o expansión* de los gases que se produjeron en la combustión, principalmente dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua.

Finalmente, el pistón llega a la parte inferior de su recorrido y se inicia la *etapa de escape o expulsión*, una *válvula de escape* abre otro orificio en la parte superior del cilindro mientras el pistón vuelve a subir y se fuerza a los gases de la combustión a salir por ese orificio (conectado al caño de escape). Una vez que el pistón alcanza la parte superior del cilindro, la válvula de escape se cierra, la válvula de admisión se abre y se reinicia la etapa de admisión. El ciclo –de cuatro etapas, con dos giros del cigüeñal– vuelve a empezar.

Algunas cuestiones

Una pregunta es: ¿cómo hace el pistón para subir dos veces y bajar otras dos en cada ciclo? ¿Qué lo mueve? La respuesta es: el conjunto biela-cigüeñal. Dijimos que la biela es un brazo móvil que convierte el movimiento vertical del pistón en movimiento circular del cigüeñal. Durante la etapa de expansión, la explosión de la mezcla de aire y combustible empuja el pistón hacia abajo y el movimiento se transmite por la biela al cigüeñal. Pero también el cigüeñal puede convertir su

movimiento circular en movimiento vertical del pistón. Esto es posible porque la fuerza de la explosión es tan grande que el empujón que recibe el cigüeñal es suficiente para que por inercia continúe girando, llevando hacia arriba y hacia abajo el pistón en las otras tres etapas (escape, admisión y compresión), hasta volver a recibir el impulso de una nueva explosión en la siguiente etapa de expansión.

Una simulación de un motor en movimiento puede verse en:
<http://www.animatedengines.com/otto.shtml>

¿Qué tiene que ver todo esto con el movimiento de los autos?

El objetivo de convertir un movimiento vertical como el del pistón en uno rotatorio como el del cigüeñal se debe a que esa rotación, mediante una serie de mecanismos más o menos complejos de engranajes, ejes y cadenas, es lo que termina moviendo las ruedas. Es decir, la fuerza de la explosión de la mezcla no sólo es capaz de mover el cigüeñal, sino que puede mover todo el auto. Para establecer una comparación, pensemos en una bicicleta. La palanca de los pedales es el cigüeñal, nuestras piernas son las bielas, el movimiento del pedal mueve la corona (un engranaje) que a través de la cadena transmite el movimiento al piñón (otro engranaje) y nosotros somos el motor que funciona con la energía de nuestro cuerpo.

Última curva

Las cuatro etapas que describimos parecen bastante complejas. Sin embargo, los motores de los autos de calle repiten el ciclo entre 500 y 2.000 veces por minuto, un coche de Turismo Carretera llega a 4.000 y un auto de Fórmula 1 puede repetirlos más de 6.000 veces. Como si esto fuera poco, una sola explosión no basta para mover el vehículo. Es por eso que los motores no tienen un solo cilindro y un solo pistón sino que pueden tener 4 (un auto de calle), 6 (un auto deportivo, una camioneta) y hasta 10 o 12 (un Fórmula 1, un camión). El consumo de combustible y la potencia que desarrollan también son variables.

Una máquina térmica Stirling hecha en casa

Dos investigadores de la UBA nos cuentan cómo hacerla.

Si hay algo que resulta cada vez más necesario en el presente tecnológico en que vivimos es la búsqueda de nuevas fuentes de energía alternativas que puedan suplir a las fuentes disponibles, ya sea por su menor efecto contaminante o por ser económicamente sustentables o tener la posibilidad de renovación. También es claro que el uso de las fuentes de energía ya disponibles debe hacerse de la manera más eficiente posible.

En los albores de la revolución industrial, con sus marchas y contramarchas, las preocupaciones eran otras. La novedad de las máquinas térmicas estaba acompañada de graves peligros para los operarios, y el clérigo escocés Robert Stirling se puso a pensar en cómo evitar esos riesgos. Como resultado, en 1812 inventó un motor que, en vez de tener que soportar altas presiones, como la máquina de vapor, o quemar combustible en su interior, como lo hace un motor de combustión interna, funciona con energía térmica liberada por alguna fuente ubicada en su exterior.

Como toda máquina térmica, el motor de Stirling convierte la energía térmica de una fuente de calor en energía mecánica, que es la energía asociada con el movimiento. Lo interesante es que la energía térmica que necesita para funcionar puede provenir prácticamente de cualquier fuente. El principio de funcionamiento es la expansión y la compresión cíclicas de un gas en el interior de la máquina, que toma calor de una fuente externa. Esto hace mover los pistones con el fin de accionar un eje. Lo curioso es que el interés por perfeccionar este tipo de máquina decayó debido al rápido desarrollo del motor de combustión interna. Pero es notable que en los últimos años la idea ha vuelto a ganar fuerza debido a las características favorables que presenta.

Actualmente, se está trabajando en la generación de motores Stirling que proporcionen luz y calor a grupos de viviendas. El sistema *Dish Stirling* es una de las principales tecnologías para producir electricidad a partir de la energía solar, y rápidamente podría ganar posiciones en el ranking de los sistemas destinados a cubrir las demandas de "electricidad limpia" en este siglo. Este sistema consiste en un espejo parabólico que actúa como un gran concentrador de energía solar en su zona focal. Un motor Stirling, ubicado en

la zona donde se concentra el calor, se encarga de convertir ese calor en energía mecánica que, a su vez, es transformada en energía eléctrica por un generador acoplado directamente al eje del motor. Un generador de estas características está en construcción en la Universidad Nacional de General Sarmiento por el Grupo de Automatización y Control del Instituto de Industria. "Hemos resuelto la construcción del colector solar recubriendo con metal pulido una antena parabólica satelital", indica el ingeniero Daniel Zambrano, quien realizó el estudio de factibilidad del generador.

Dado que un motor Stirling es adaptable a una gran gama de fuentes de energía térmica para su operación, se han construido motores Stirling que usan como fuente de calor el producido mediante energía nuclear, energía solar, quemado de combustibles fósiles y calor remanente de otros procesos. Cuando usan el calor de combustión de un combustible fósil, el quemado se puede controlar muy bien fuera de la máquina, por lo cual pueden reducirse las emisiones contaminantes.

Para demostrar el principio de funcionamiento de este tipo de máquinas, el doctor en Física Guillermo Jorge, del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la Universidad Nacional de Buenos Aires (UBA), ha construido un "modelo casero" que se puede reproducir fácilmente. La imagen muestra el diseño de uno de estos prototipos.

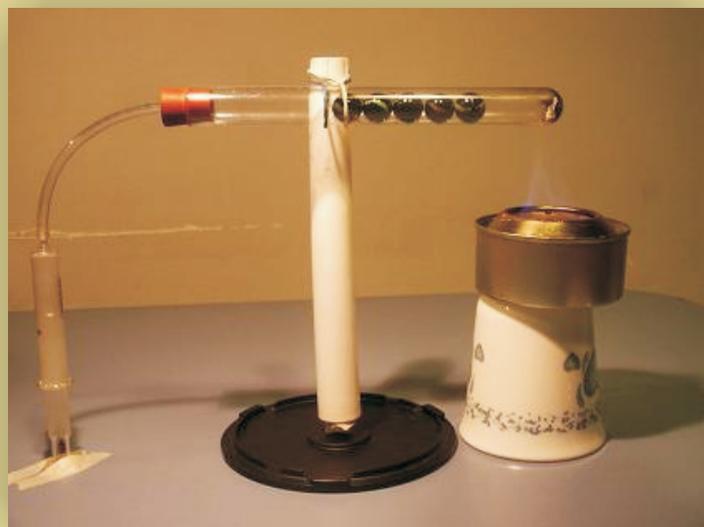
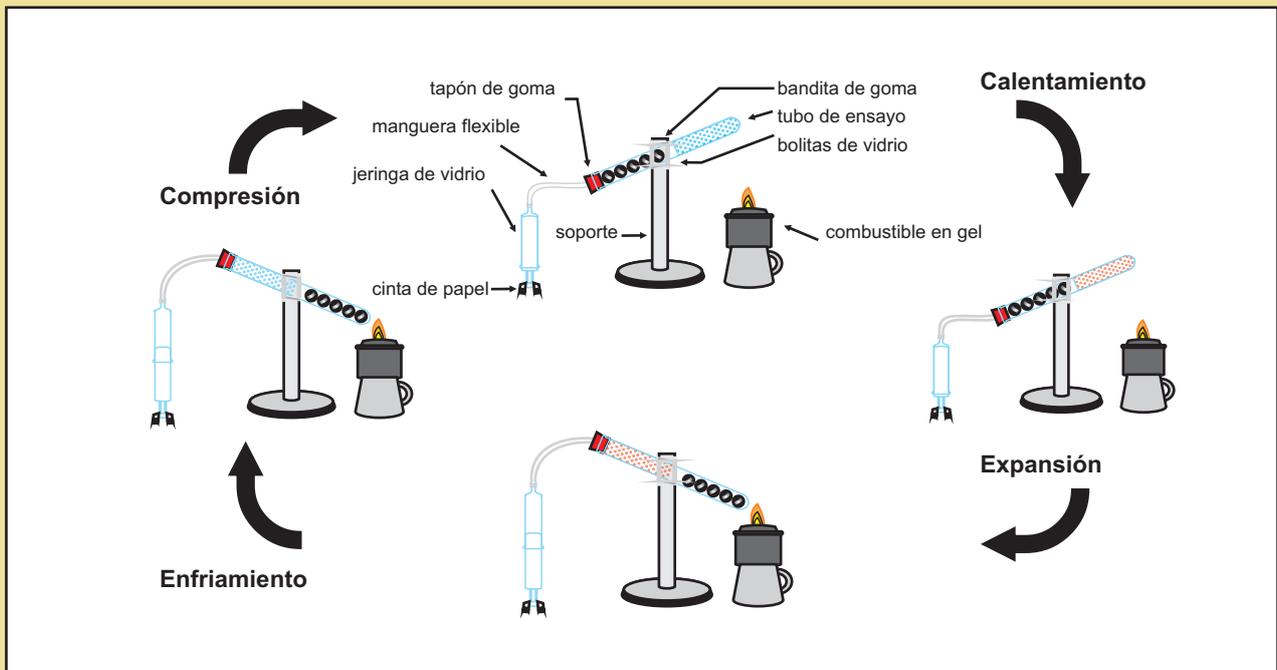


Foto: Jorge



La máquina consta de un soporte hecho con una base fabricada con un porta CD y con un cañito de plástico adosado para prolongar el eje central. Sobre este soporte está sostenido con una bandita elástica un tubo de ensayo, de manera que éste pueda pivotar sobre el soporte. El tubo contiene cinco bolitas de vidrio en su interior y está cerrado con un tapón de goma por el que pasa una manguera flexible conectada a una jeringa de vidrio. "Es importante que la manguera pase a través del tapón, de esta manera conecta el aire dentro del tubo de ensayo con el aire en la jeringa", dice Guillermo, quien indica también que de tener todos los elementos, la construcción no lleva más de dos horas.

"Conviene agujerear con cuidado el tapón con una mecha de diámetro levemente menor que el diámetro de la manguera, y luego forzar la manguera dentro del agujero. El pistón de la jeringa se puede fijar a la mesa con cinta de papel", explica Guillermo, y sin olvidar ningún detalle, como buen científico que quiere que otros puedan reproducir su trabajo, termina diciendo que "es importante que la jeringa sea de vidrio, ya que las de plástico poseen mucho rozamiento y no sirven para este prototipo". La fuente de calor que les ha dado buenos resultados a Guillermo y a su colaborador Leonardo Mingari es combustible en gel, del que viene en una latita para cocinar *fondue*.

La imagen de arriba muestra cómo funciona esta máquina. Si partimos de la posición que se observa en la parte superior de la figura, con el aire del interior del tubo frío y las bolitas del lado del tapón, y calentamos el extremo contrario del tubo con el combustible, el aire del interior se calienta y, al calentarse, se expande. Esto hace subir el émbolo de la jeringa y este movimiento hace que las bolitas

caigan –por efecto de la gravedad– hacia la parte caliente del tubo, desplazando entonces el aire hacia la parte fría del tubo (posición inferior en la figura). Cuando el aire se enfría en esta zona del tubo, se comprime, y de esta manera el pistón vuelve a su posición original y el ciclo comienza otra vez. "Luego de probar un poco, podemos hacerla funcionar sin parar un buen rato", aclara Leonardo. "Y explicar su funcionamiento a alumnos y docentes y al público en general", acota Guillermo, puesto que ambos tienen un laboratorio itinerante que trasladan a las escuelas para explicar aplicaciones de la termodinámica mediante demostraciones muy divertidas. Un video de sus presentaciones se puede ver en el sitio <http://www.difusion.df.uba.ar/joomla/>.

Volviendo a la máquina, hay que remarcar algunas de sus características. Primero, la combustión se produce en el exterior de ella, con lo cual se puede adaptar fácilmente a otras fuentes de calor. Segundo, el aire del interior de la máquina no sale ni entra, siempre es el mismo, sólo sigue un ciclo de expansión y compresión que es lo que la mueve. Tercero, la función de las bolitas es clave en el funcionamiento de este prototipo, ya que desplazan el aire de la zona fría a la caliente y viceversa. Las bolitas cumplen el papel de lo que en este tipo de máquina se llaman *desplazadores*.

"No está de más decir que hay que tener mucho cuidado con el manejo de la fuente de calor ya que puede producir quemaduras", indican a dúo Guillermo y Leonardo preocupados, como Stirling, por la seguridad de las personas. "Y si quieren invitarnos a la escuela para que hagamos las demostraciones de termodinámica, pueden mandarnos un mail a gjorge@df.uba.ar", indica Guillermo.

... con un poco de física

El corredor

Un corredor de larga distancia calculó que si corría 10 km en una hora, llegaría a la meta una hora después del mediodía, mientras que si su velocidad era de 15 km/h, llegaría una hora antes del mediodía. ¿A qué velocidad debe correr para llegar a la meta exactamente al mediodía?

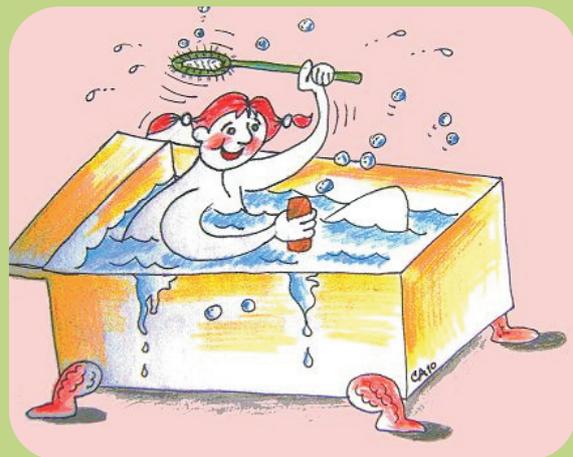


Los cuatro litros

Disponemos únicamente de una vasija de ocho litros llena de agua y de dos recipientes vacíos de cinco y tres litros. ¿Cómo podemos colocar exactamente cuatro litros en uno de los recipientes?

La bañera

Cecilia sabe que su bañera, de paredes verticales, se llena en 8 minutos y se vacía por medio de un desagüe (con la canilla cerrada) en 12 minutos. ¿Cuánto tiempo deberá mantener Cecilia la canilla abierta a fin de llenar la bañera si no le pone el tapón?



Quienes tengan una solución original para cualquiera de los problemas propuestos y quieran verla publicada en los próximos números de IDEÍtas tienen que enviarla a ideitas@ungs.edu.ar.

Cifras astronómicas reducidas a números cotidianos

Grandes valores

Cuando de astronomía se habla, tarde o temprano nos topamos con cifras que se nos escapan de la mente sin darnos una idea concreta de su significado. ¿Qué son cinco mil millones de kilómetros o 90 millones de años luz? Parece que más allá de ponernos en la tarea de contar ceros, estas cifras dicen muy poco. Quizá sólo los economistas que hablan de deudas externas estén familiarizados con números tan inmensos.

Una cosa que se puede hacer para tener una idea de los tamaños de los objetos celestes y de las distancias que los separan es imaginar que los reducimos millones de veces, de forma tal que podamos apreciar sus dimensiones relativas a tamaños que nos sean más familiares. Pongamos entonces esos números sobre la mesa.

El sistema solar

Empecemos por el sistema solar. Si suponemos que el Sol es un globo de 1,4 metros de diámetro, ¿qué hay de las distancias planetarias y sus tamaños en esta escala? En esta escala, a sólo 58 metros (media cuadra, no más) habría una bolita de 5 mm de diámetro que se llamaría Mercurio. Dos bolitas de unos 13 mm de diámetro a 100 y 150 metros serían Venus y nuestra ajetreada Tierra, respectivamente.

Veamos que pasa con algunos de los gigantes. Júpiter, a casi 800 metros, tendría un diámetro de 14 cm, más o menos como un buen pomelo. A unos 3.000 metros (30 cuerdas para seguir con números chicos, pero que cansan al caminarlas), una ciruela verde de 5 cm haría de Urano, y el degradado Plutón aparecería como una arveja de 3 mm a 6.000 metros.

Así, no resulta tan grande el sistema solar. ¿Y dónde se hallaría el sistema estelar más próximo en esta escala? Para contestar esto sin caer de nuevo en cifras gigantes, reduzcamos mil veces el sol anterior y veamos.

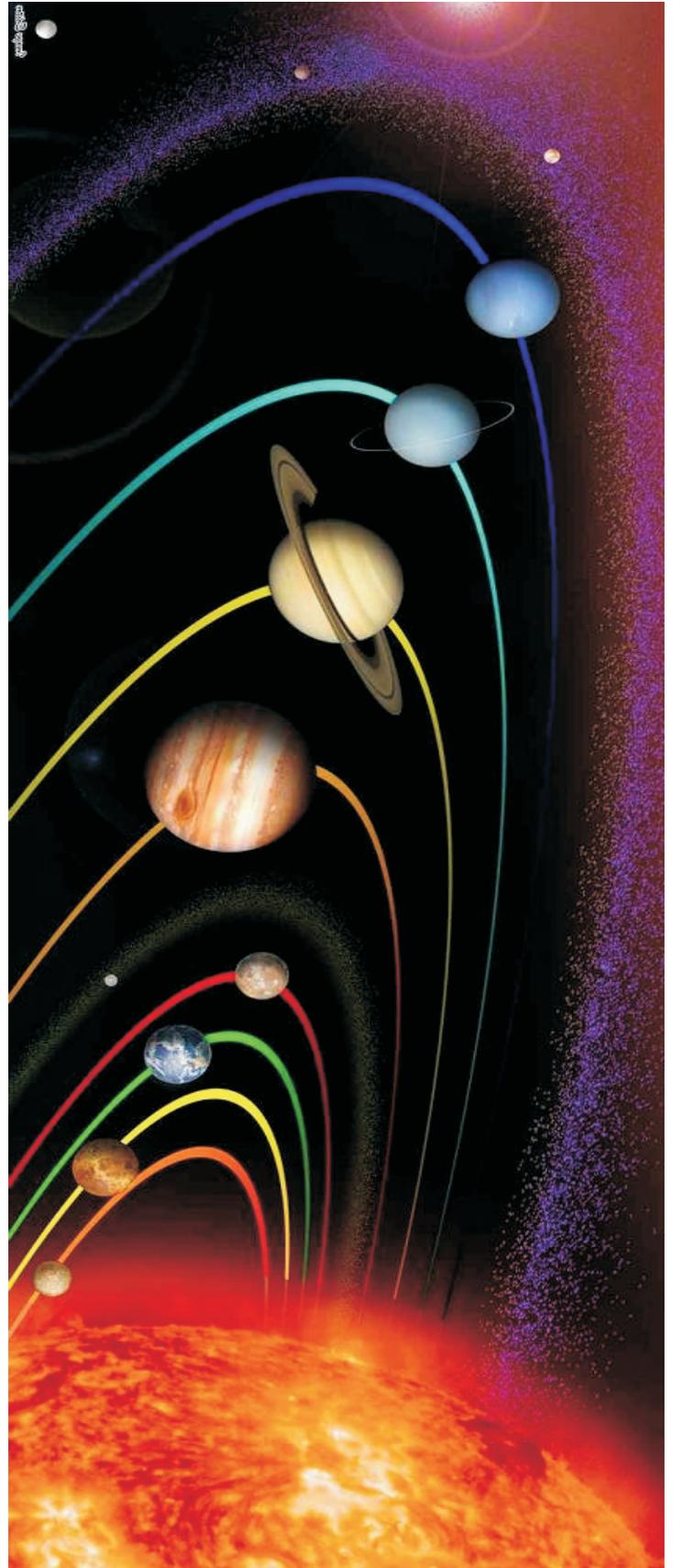


Foto: Image Editor

Las estrellas

Con esta nueva reducción, el Sol queda como un grano de arena de poco más de un milímetro. A 15 cm de él, la Tierra se vería como una mota de polvo de una centésima de centímetro, iluminada como una de esas partículas que vemos brillar y flotar en una habitación oscura cuando algún rayo de luz se filtra por la ventana.

¿Y la estrella más próxima dónde está? ¿Cómo es? En realidad no es una estrella simple: se trata del sistema triple Alfa Centauri. A esta escala, tendríamos los dos soles principales representados por dos granitos de sal orbitándose entre sí separados tres metros y, siguiéndolos, a unas cuerdas, el tercer componente se parecería a un mota de harina. Y nuestro sistema solar anda por ahí, a poco más de 40 km de distancia, y el inconmensurable año luz tiene a esta escala unos 10 km.

De esta forma, muchas de las estrellas que forman la Vía Láctea serían como granos de arena separados entre sí por decenas de kilómetros. Hay excepciones: la roja Antares, que adorna cenitalmente el firmamento invernal, aparecería como un globo de un metro de diámetro volando a 6.000 km.

Nuestra galaxia

Poniendo las estrellas como el Sol (que son muy abundantes) del tamaño de granos de arena, cabe preguntarse sobre el tamaño de la estructura de la cual forman parte, la Vía Láctea. Este remolino aplanado de estrellas tiene por lo menos 120.000 años luz de diámetro y a la misma escala anterior esta distancia sería 1.200.000 km, es decir el triple de la distancia Tierra-Luna. ¡Hay que imaginárselo! Dentro de ese disco se desperdigarían unos 200.000 millones de estrellas "granos de sal", ciertamente una cantidad difícil de visualizar. Pero si aceptamos que un grano de sal puede ocupar más o menos un milímetro cúbico, tendríamos que en una caja cúbica de un metro de lado cabrían 1.000 millones de esos granos. Un aula de 6 metros de ancho por 10 metros de largo y 3,5 metros de alto tiene un volumen de 210 metros cúbicos. Esto significa que si por cada estrella que hay en la galaxia ponemos un grano de sal, el aula se convertiría en un salero gigante completamente lleno.

Más allá de la Vía Láctea

Los 200.000 millones de estrellas, representadas por tantos granos de sal como los que caben en un aula, están desparramados en un disco con brazos en espiral de 1.200.000 km, y se sabe que no es único. Hay por lo menos 100.000 millones de estas estructuras estelares o galaxias. Otra vez, números grandes.

De todos modos, nuestra espiralada Vía Láctea, aun reducida, resulta muy grande. Si la achicáramos hasta que quede de unos 12 cm de diámetro, más o menos del tamaño de las espirales que usamos contra los mosquitos, ¿por dónde andarían las otras galaxias y cómo se verían? A diferencia de las estrellas, cuyas distancias son "infinitamente" más grandes que sus tamaños, las galaxias se hallan a distancias no mucho mayores que sus diámetros. Por ejemplo, la gran espiral de Andrómeda sería otra espiral como la que representa a nuestra galaxia y estaría a sólo dos metros y medio de distancia. La galaxia M83 aparecería como una espiral más chica y a unos 15 metros de distancia. Las galaxias del cúmulo de Virgo serían unas 200 espirales situadas en un sector de 10 o 20 metros de lado, distante 65 metros de nuestra Vía Láctea.

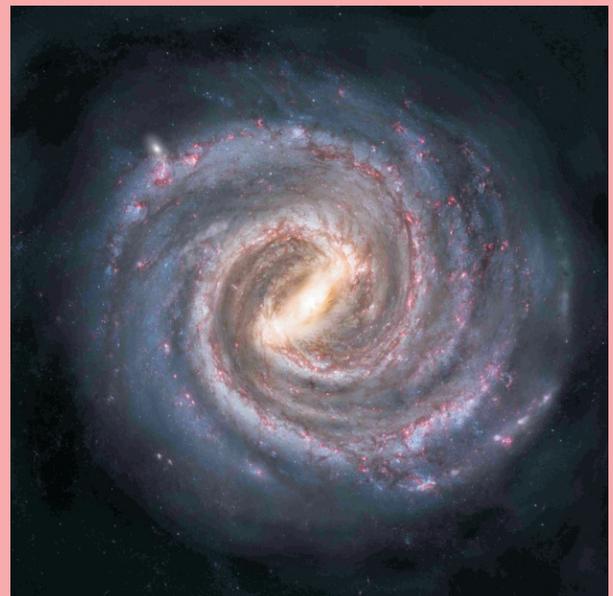


Imagen: Nick Risinger

Por último, los telescopios más potentes estarían captando las galaxias más lejanas, el final del universo observable, a unos 10 o 12 km. Dado que ya no hay nada más que reducir, también ponemos fin a estas líneas.

La elasticidad del acero

Con una experiencia sencilla y utilizando materiales accesibles, analizamos la deformación de una barra de acero en voladizo y determinamos el módulo de elasticidad del material.



Foto: IDEÍAS

Todos los materiales son elásticos y se deforman en cierto grado. Un cuerpo completamente rígido es una ilusión. Y estos hechos importan a la hora de construir estructuras. Por ejemplo, para construir una montaña rusa hay que usar materiales fuertes, pero a la vez flexibles, para que la estructura no se derrumbe con el movimiento. Lo indispensable a considerar es la geometría de los elementos a usar y las propiedades elásticas de los materiales con que están hechos. Para este tipo de aplicaciones, los ingenieros cuentan con métodos no destructivos que aportan datos sobre la elasticidad y la resistencia de los materiales.

Además de por sus dimensiones, el comportamiento de un material que se estira, flexiona o dobla está determinado por su grado de elasticidad. La facilidad que tiene un material para estirarse o

comprimirse se mide con lo que se denomina módulo de Young, cuyo símbolo es E . El nombre es en honor a Thomas Young (1773-1829), el científico inglés que propuso cómo medir la elasticidad de diferentes materiales. Este "módulo de elasticidad" está asociado con los cambios de longitud que experimenta una varilla o barra cuando está sometida a esfuerzos de tracción o de compresión.

Por otra parte, no es difícil darse cuenta de que cuando se flexiona una barra, ésta experimenta un alargamiento en un lado y un acortamiento en otro. Estas deformaciones dependen de su elasticidad.

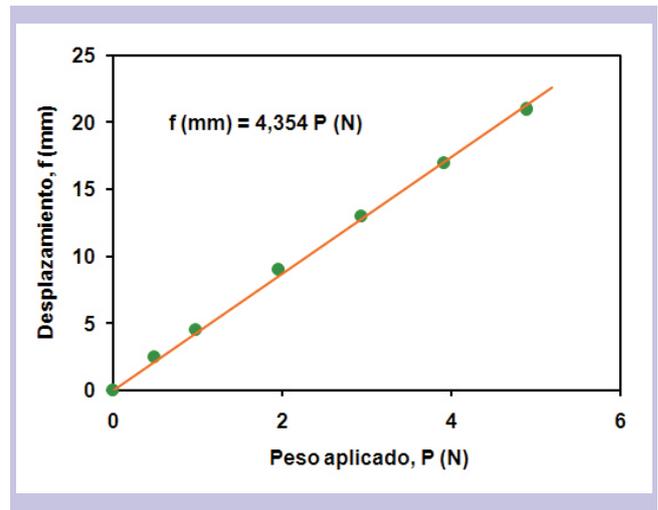
Un experimento sencillo para medir E consiste en usar una barra homogénea en voladizo, con uno de sus extremos fijos y el otro libre, a la que se le añaden pesos conocidos. Si la forma de la barra tiene una geometría que se opone mucho a la rotación de la barra, y además el módulo

de elasticidad es grande, el desplazamiento del extremo libre, al que llamaremos f , será pequeño. Si, por el contrario, el módulo es débil y la geometría no resiste demasiado, f será grande. El valor de la deformación del extremo libre responde a la expresión:

$$f = \frac{L^3}{3JE} P.$$

Aquí, P es el peso que la barra tiene aplicado en el extremo libre, L es la longitud de la barra que sobresale del extremo fijo, J es el momento de inercia de la sección transversal de la barra respecto de la línea central que no se estira y que se llama "fibra neutra": $J = (a \cdot b^3)/12$, donde a y b son los lados del área transversal de la barra. Algunos de estos datos se obtienen de forma sencilla utilizando una balanza y una regla común y corriente con precisión de 1 mm.

A medida que aplicamos más peso, la deformación de la barra aumenta. El desplazamiento vertical f del extremo libre es directamente proporcional al peso. Si graficamos f para distintos pesos, esperamos una relación lineal entre ambas varia-



bles, y la pendiente de la recta que se encuentre (que llamaremos C) será:

$$C = \frac{L^3}{3JE}.$$

Una vez conocido el valor de la pendiente de la recta, es sencillo despejar el valor del módulo E (ver gráfico).

Este valor es característico de cada material en un régimen de comportamiento en el que las deformaciones no son permanentes. Esto se puede verificar observando que tras aplicar una carga al extremo libre y retirarla, el material recupera su posición original. Finalmente, es bueno comparar los valores de los módulos E obtenidos por este método con los que están en las tablas de datos para el mismo material.

En síntesis, una propiedad física del acero, como su módulo de elasticidad, puede ser medida con un ensayo no destructivo, fácil de realizar y barato.

Si podés reproducir este experimento o desarrollás alguna variante, te invitamos a compartirlo escribiendo a la cuenta de correo ideitas@ungs.edu.ar.

Para tener una referencia: en un experimento hecho con una planchuela de acero, de 55 cm de largo y sección rectangular de $7/8'' \times 1/8''$ (2,22 cm x 0,32 cm), anclada a una mesa con una mordaza, se obtuvo el resultado del gráfico que se muestra. La pendiente de la recta incluida en el gráfico es $C = 4,354$ mm/N, y se deduce un módulo de Young $E = 2,10 \times 10^{11}$ N/m², que es bastante parecido al valor que se encuentra en tablas, $E = 2,0 \times 10^{11}$ N/m², para el mismo material.



► Poesía y ciencia



Para que no queden dudas de los vínculos que siempre han existido entre las expresiones poéticas y la ciencia, el sitio MADRI+D (<http://www.madrimasd.org>) ofrece en su sección Ciencia y Sociedad una colección de poemas que aluden a temas científicos. Se pueden leer sonetos de Edgar Allan Poe, cánticos de Ernesto Cardenal y poesías de Miguel de Unamuno, dedicados a describir galaxias, ecuaciones, el cosmos, la ciencia misma. Homenajes a científicos y sus obras, al principio de Arquímedes, a la termodinámica, al cero y a la geometría, también tienen lugar en una amplia recopilación que puede ser útil para llevar a debate la alianza de la belleza de las palabras con la histórica utilidad de la ciencia.

► Tabla periódica interactiva

Tabla Periódica de los

Wikipedia Propiedades Orbitales Isótopos Weight N

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1 H Hidrogeno 1.00794	2 He Helio 4.002602	3 Li Litio 6.941	4 Be Berilio 9.012182	5 B Boro 10.811	6 C Carbono 12.011	7 N Nitrógeno 14.007	8 O Oxígeno 15.999	9 F Flúor 18.998	10 Ne Neón 20.180	11 Na Sodio 22.990	12 Mg Magnesio 24.305						
13 Al Aluminio 26.982	14 Si Silicio 28.086	15 P Fósforo 30.974	16 S Azufre 32.06	17 Cl Cloro 35.45	18 Ar Argón 39.948	19 K Potasio 39.098	20 Ca Calcio 40.078	21 Sc Escandio 44.956	22 Ti Titanio 47.88	23 V Vanadio 50.942	24 Cr Cromo 51.996	25 Mn Manganeso 54.938	26 Fe Hierro 55.845	27 Co Cobalto 58.933	28 Ni Níquel 58.693	29 Cu Cobre 63.546	30 Zn Zinc 65.38
31 Ga Gallio 69.723	32 Ge Germanio 72.63	33 As Arsénico 74.922	34 Se Selenio 78.96	35 Br Bromo 79.904	36 Kr Kriptón 83.80	37 Rb Rubidio 85.468	38 Sr Estroncio 87.62	39 Y Itrio 88.906	40 Zr Zirconio 91.224	41 Nb Níobio 92.906	42 Mo Molibdeno 95.96	43 Tc Tecnecio (98)	44 Ru Rutenio 101.07	45 Rh Rodio 102.906	46 Pd Paladio 106.42	47 Ag Plata 107.868	48 Cd Cadmio 112.411
55 Cs Cesio 132.905	56 Ba Bario 137.327	57-71 Lantánidos	72 Hf Hafnio 178.49	73 Ta Tantalio 180.948	74 W Wolframio 183.84	75 Re Renio 186.207	76 Os Osmio 190.23	77 Ir Iridio 192.222	78 Pt Platino 195.084	79 Au Oro 196.967	80 Hg Mercurio 200.59	81 Tl Talio 204.38	82 Pb Plomo 207.2	83 Bi Bismuto 208.98	84 Po Polonio 209	85 At Astatino 210	86 Rn Radón 222
87 Fr Francio 223	88 Ra Radio 226	89-103 Actínidos	104 Rf Rutherfordio 261	105 Db Dubnio 262	106 Sg Seaborgio 263	107 Bh Bohrio 264	108 Hs Hassium 265	109 Mt Meitnerio 266	110 Ds Darmstadtio 271	111 Rg Roentgenio 272	112 Cn Copernicio 285	113 Nh Nihonio 286	114 Fl Flerovio 289	115 Mc Moscovio 290	116 Lv Livermorio 293	117 Ts Teneso 294	118 Og Oganesson 294

Imagen: Salida de pantalla de PTABLE

¿A qué temperatura funde el hierro? ¿Qué propiedades tiene el cobre? ¿Quién descubrió el litio que se usa en las baterías? En el sitio PTABLE (<http://www.ptable.com>) estas preguntas y muchas más tienen una respuesta precisa. El sitio presenta una tabla periódica interactiva y con un clic sobre el nombre de cualquier elemento se despliega información sobre sus propiedades físicas y químicas, su historia y rarezas contadas desde WIKIPEDIA, y detalles y curiosidades de lo más interesantes. Un sitio infaltable en tu *bookmark* y especial para estudiar química.

► Matemática por doquier

"La Matemática, la más noble y la más abstracta de todas las ciencias, por más etérea que sea, tiene sus raíces profundas en esta tierra en la que vivimos", supo decir el matemático francés Evariste Galois en una carta a su padre. El sitio MATEMÁTICAS EN TU MUNDO (http://catedu.es/matematicas_mundo) muestra las diversas conexiones de la matemática con el arte, la naturaleza, la publicidad, la historia, el cine, la sociedad y el humor, y con un fin educativo y cultural resalta la presencia de la matemática en nuestra vida.



Foto: Ryan Somma

Se invita a los docentes y alumnos de escuelas secundarias interesados en publicar en IDEÍtas sus proyectos e innovaciones realizados en el aula a enviar sus propuestas a ideitas@ungs.edu.ar.



¿Cuántos cubos hay?



Revista **IDEÍAS**
Algunos derechos reservados.



Esta obra está liberada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Derivadas Igual 2.5 Argentina](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar), que permite copiar, distribuir, exhibir y ejecutar la obra, hacer obras derivadas, sin hacer usos comerciales de la misma, bajo las condiciones de atribuir el crédito correspondiente al autor original y compartir las obras derivadas resultantes bajo la misma licencia.

Más información sobre esta licencia en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar>.

Las imágenes que ilustran los artículos de este número son de producción propia o bien tienen la autorización de sus autores o una licencia Creative Commons que permite copiar, exhibir y distribuir la obra.

Las imágenes de este número y las referencias a sus autores se pueden ver en:
<http://www.cienciaredcreativa.org/ideitas/ideitas2.html>.

La versión digital de este número está en:
<http://issuu.com/ideitas/docs/ideitas2>.