

DESQBRE  
EL CINE CIENTÍFICO

FÍSICA  
EN EL CINE

CUADERNILLO DE RESPUESTAS

# UN TRABAJO EN ITALIA

## RESPUESTAS A LAS CUESTIONES



a

Una onza es igual a 28,35 gramos, lo que significa que un kilogramo de oro valía  $1.000\text{g} \cdot (1 \text{ onza}/28,35 \text{ g}) \cdot 41\$ = 1.446$  dólares por kilogramo. Cuatro millones de dólares de oro serían  $4.000.000/1.446 = 2.766$  kilogramos, casi tres toneladas.

Discuta con los alumnos cuál es la causa del error: demasiada cantidad de oro o muy escasa valoración.



b

Descontando rozamientos, la fuerza que ejerce la gravedad en la dirección de la rampa es igual a  $m \cdot g \cdot \sin\theta$ , donde  $\theta$  es el ángulo de la rampa. En presencia de rozamientos, dicha fuerza es  $m \cdot g \cdot (\sin\theta + \mu\cos\theta)$ , donde  $\mu$  es el coeficiente de rozamiento entre los neumáticos y el suelo. Supóngase un valor de  $\mu$  igual a 0,4, una masa de 1.100 kg (incluido el oro), y calcúlese la fuerza necesaria. Para que el vehículo no derrape hacia la base, debe cumplirse la relación  $\mu > \text{tg}\theta$ . Mida con sus alumnos el ángulo aproximado de la rampa y determine si se cumple esa relación.



c

Si la densidad del oro es de 19.300 kilogramos por metro cúbico, el volumen de media tonelada sería de  $0,5/19,3 = 0,026$  metros cúbicos, o 26 litros. Un cubo con ese volumen tendría una arista de  $(0,026)^{1/3} = 30$  centímetros, bastante menor que el volumen de oro que se muestra en la película.



d

El efecto peralte indica que una curva con un radio  $r$  por el que circule un vehículo a velocidad  $v$  debería tener una inclinación tal que  $r = v^2 / (g \cdot \text{tg}\theta)$ . Discuta con los alumnos qué valores debería tener la inclinación (o bien el radio) de una curva para velocidades diversas.

Un vehículo que salte una distancia  $h$  en horizontal a una velocidad  $v$  deberá hacerlo en un ángulo ascendente  $\theta$  tal que  $\sin(2\theta)=gh/v^2$ . De otro modo, caería y no podría alcanzar la altura inicial.

Maniobras similares son efectuadas por aviones de reabastecimiento y cazas a centenares de kilómetros por hora; un satélite artificial y un transbordador tenían velocidades aún mayores. Lo importante es que la velocidad relativa entre los dos cuerpos sea la menor posible.



La web donde se anunciaron el ganador y los finalistas ha sido retirada (quizá por un fallo técnico). Hay copias en Internet, por ejemplo en Archive .org (inglés):

<https://web.archive.org/web/20120119233826/http://prospect.rsc.org/blogs/rsc/in-pictures-italian-job-entries/>

Aun teniendo en cuenta esto, lo mejor es NO mostrar la solución a los alumnos. En lugar de ello, ¡es mucho mejor dejar que ellos piensen su propia solución!



# EL DÍA DESPUÉS DE MAÑANA

## RESPUESTAS A LAS CUESTIONES

a

Las cuestiones a) b) c) d) y e) son propias para un debate en clase. Es preferible que los alumnos exploren las cuestiones y saquen sus propias conclusiones.

b

e

c

d



---

### Un tornado es una masa de aire que gira muy rápidamente.

El origen y desarrollo de un tornado es complejo, pero se debe al movimiento de grandes masas de aire a diferentes temperaturas: aire caliente en superficie que se eleva, y aire frío en las nubes que desciende. Este movimiento de aire crea capas inestables de aire, y si las diferencias de temperatura son lo bastante grandes, el descenso de aire frío se hace en forma de remolino. Hay lugares especialmente idóneos para la formación de tornados, como el llamado `callejón de los tornados´ (`tornado alley´), una amplia región de las Grandes Llanuras de EEUU donde el aire frío de Canadá choca con el aire cálido del Golfo de Méjico. En el Cono Sur se extiende el Pasillo de los Tornados (fundamentalmente, Argentina, junto con regiones de Brasil y Uruguay).



# g

Los datos sobre el agujero de la capa de ozono se publicaron en los años 80 (Farman, J. C.; Gardiner, B. G.; Shanklin, J. D. (1985). "Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction". Nature 315 (6016): 207. doi:10.1038/315207a0). Hasta entonces, su existencia era desconocida. Los alumnos pueden buscar en Internet información sobre la historia de este descubrimiento, como trabajo de documentación y búsqueda bibliográfica.

El estudio de los diferentes tipos de modelación climática está por encima del nivel pre-universitario, pero los alumnos pueden buscar información en Internet (y debe animárseles a que lo hagan). Tres buenos lugares para comenzar pueden ser estos:

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_clim%C3%A1tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_clim%C3%A1tico) (Wikipedia)
- [http://www.aemet.es/es/idi/clima/evaluacion\\_modelos\\_climaticos](http://www.aemet.es/es/idi/clima/evaluacion_modelos_climaticos) (AEMET)
- [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2009/06/08/185806.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2009/06/08/185806.php) (Consumer.es)



La rotación de las masas de aire en la atmósfera terrestre viene regulada por la llamada fuerza de Coriolis. Se trata de una fuerza no inercial (ficticia, no real) que aparece en los sistemas de referencia en rotación como el planeta Tierra. El sentido de rotación varía según estemos en el Hemisferio Norte o en el Sur.

# J

Sistemas como el papel, los forros polares o los edredones aíslan del frío por un motivo común: engloban grandes cantidades de aire, una sustancia altamente aislante. En las ventanas aislantes, no es el doble acristalamiento lo que aísla, sino la capa de aire que hay en su interior.

# k

En las altas capas de la atmósfera, el aire se encuentra a muy bajas temperaturas. Si descendiese a la superficie terrestre, su presión aumentaría, lo que afectaría a su temperatura.







Las cuestiones l) - m) son propias para un debate en clase. Es preferible que los alumnos exploren las cuestiones y saquen sus propias conclusiones.

# REGRESO AL FUTURO III

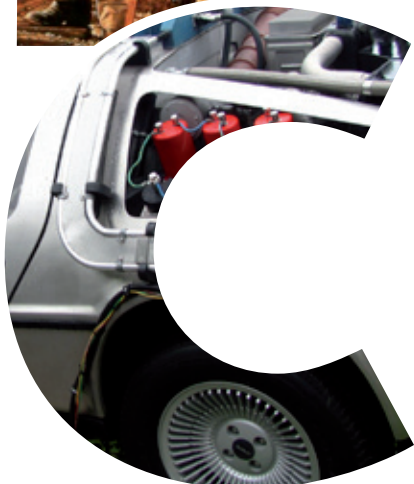
## RESPUESTAS A LAS CUESTIONES




Si el profesor quiere que los alumnos y alumnas dejen volar su imaginación, este punto de debate es excelente. Aprovéchelo para que piensen en las paradojas de la historia contrafactual (con preguntas del tipo `¿Qué habría sucedido si Estados Unidos no hubiese intervenido en la Segunda Guerra Mundial?')



Una casa típica tiene una potencia eléctrica máxima del orden de 10 kilovatios. La potencia requerida por Doc sería cien mil veces superior. Esa potencia (1,24 givavatios), utilizada en una décima de segundo, significaría una energía de unos 34 kilovatios-hora, bastante inferior al consumo mensual de una casa. Los alumnos pueden traer una factura de la luz a clase y comparar los respectivos datos de consumo eléctrico y término de potencia.



El Segundo Principio de la Termodinámica nos indica la cantidad máxima de calor que, procedente de una fuente caliente, puede transformarse en trabajo. El resultado depende, esencialmente, de las temperaturas de la fuente caliente y de la fuente fría (a la cual se vierte el calor sobrante). Funcionando a la inversa, puede utilizarse trabajo para pasar calor de un lugar a otro más caliente. El resultado puede aprovecharse bien para enfriar una zona (frigorífico, aire acondicionado), bien para calentarla (aire acondicionado `inverter´ con bomba de calor). En 1885, las fuentes de energía accesibles se basaban en las calderas de vapor donde se quemaba leña o carbón. En teoría, sería posible construir un refrigerador en aquella época, aunque las prestaciones de los materiales dejaban mucho que desear, sobre todo en lo relativo a aislantes térmicos.



En ausencia de rozamientos, un cuerpo podría acelerar indefinidamente y alcanzar cualquier velocidad por alta que sea (al menos, en un universo no relativista). En la práctica, el rozamiento con el aire y el suelo limitaría la velocidad máxima de un cuerpo. Doc aumenta inteligentemente la temperatura de la caldera, lo que afecta positivamente al rendimiento termodinámico (porcentaje del calor generado que se convierte en trabajo). Reducir los rozamientos (mediante, por ejemplo, una forma aerodinámica) y eliminar peso muerto (¡ese tónder lleno de pesado carbón, Doc!) son buenas tácticas para aumentar la velocidad del tren.

El motor eléctrico se basa en la ley de inducción de Faraday: cuando en una región del espacio cambia el flujo del campo magnético, se crea un campo eléctrico. Los motores usan electricidad para girar, en tanto que los generadores de corriente hacen justo lo contrario (se les hace girar para producir electricidad).



Como se indica en el apartado c), el rendimiento de un motor depende de las temperaturas de los focos frío y caliente. Alcanzar un rendimiento del 100% exigiría un foco frío al cero absoluto, o un foco caliente a temperatura infinitamente alta, lo que en ambos casos es una imposibilidad matemática.



El Sistema Internacional (SI) tiene las siguientes unidades fundamentales: metro (longitud), kilogramo (masa), segundo (tiempo), amperio (corriente eléctrica), Kelvin (Temperatura), mol (cantidad de sustancia), candela (intensidad luminosa).



Una distancia de un cuarto de milla (400 metros) recorrida en 72 segundos es una velocidad de  $400/72 = 5,56$  m/s, o 20 kilómetros por hora; muy lejos de los 130 km/h que aparece en la película. A 130 kilómetros por hora (36,1 m/s), recorrer un cuarto de milla hubiera requerido tan sólo  $400/36,1 = 11$  segundos.

Despreciando rozamientos, la distancia recorrida en horizontal depende de la distancia caída en vertical, el ángulo inicial de caída y la aceleración de la gravedad. No depende de la masa del cuerpo.

# SPACE COWBOYS

## RESPUESTAS A LAS CUESTIONES

ba

El concepto de **barrera del calor** alude al problema que tienen los aviones en relación a la fricción con el aire a altas velocidades. No hay una velocidad asociada a ella, al contrario que en el caso de la barrera del sonido.

b

Un avión requiere **sustentación** y eso depende de la **densidad del aire**. A altitudes elevadas, el aire está enrarecido y la sustentación disminuye hasta el punto de que es incapaz de soportar el peso del avión. Además, tener menos aire significa que los motores no pueden quemar el combustible, con lo que tampoco habría empuje.

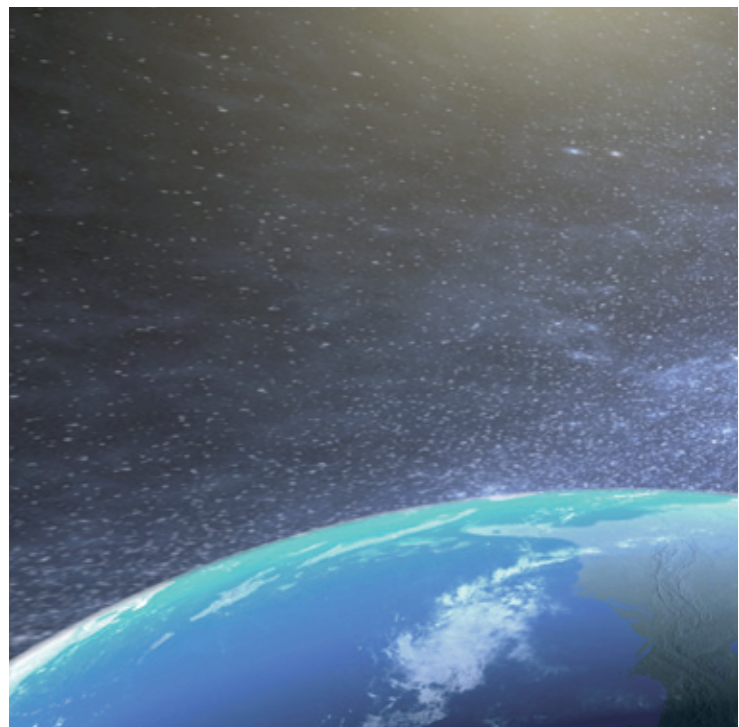
c

Estas son algunas de las **páginas web** donde puede encontrarse información sobre el salto Baumgartner:

- <http://naukas.com/2012/10/14/analisis-de-urgencia-del-salto-baumgartner/>
- <http://fisicadepelicula.blogspot.com.es/2012/10/la-caida-libre-o-casi-de-felix.html>
- [http://noticias.lainformacion.com/ciencia-y-tecnologia/fisica/por-que-felix-baumgartner-no-batio-el-record-de-tiempo-en-caida-libre\\_uR-XA0EMm4yacmC396GOIo/](http://noticias.lainformacion.com/ciencia-y-tecnologia/fisica/por-que-felix-baumgartner-no-batio-el-record-de-tiempo-en-caida-libre_uR-XA0EMm4yacmC396GOIo/)
- <http://naukas.com/2012/10/21/el-salto-baumgartner-paso-a-paso/>

d

El rozamiento con el aire depende de su densidad, así como de la velocidad y forma del objeto. Jugando con esos tres parámetros podremos aumentar o disminuir el rozamiento.



Este punto puede aprovecharse como trabajo de investigación y documentación para los alumnos.

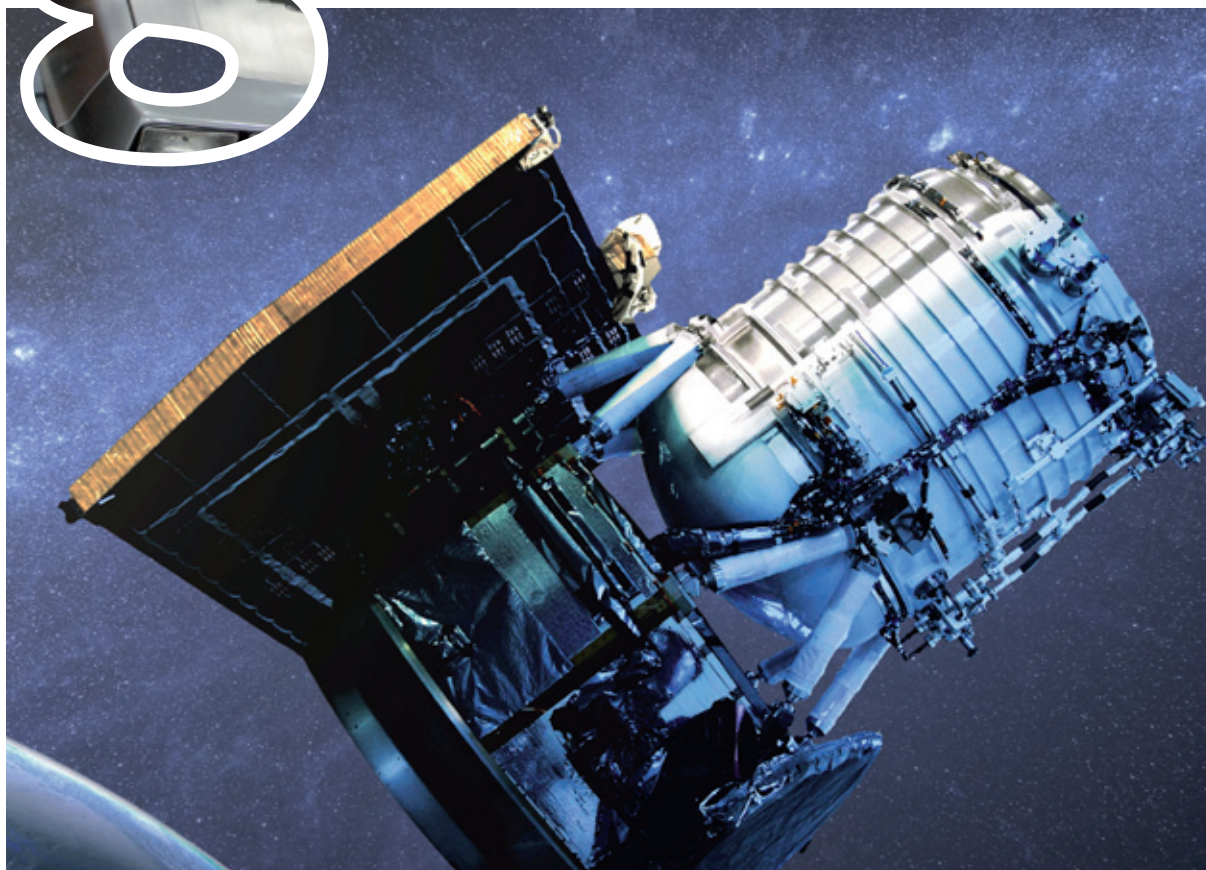


Las montañas rusas se construyen para crear fuertes aceleraciones centrífugas. Puede aprovecharse para explicar a los alumnos el concepto de fuerzas no inerciales, sus diferencias con respecto a las fuerzas `reales` y qué diferencia hay entre la fuerza centrífuga y la fuerza centrípeta.

f



El mecanismo por el que un avión se mantiene en vuelo ha sido mal entendido incluso por los expertos. Puede verse una buena explicación del fenómeno de vuelo en: <http://naukas.com/2013/05/20/asi-vuela-un-avion-y-ojala-que-por-fin-se-aclare-el-tema-de-una-vez-por-todas/>



# SPACE COWBOYS

## RESPUESTAS A LAS CUESTIONES



El punto de equilibrio será aquél donde la fuerza gravitatoria terrestre iguala a la lunar. Si  $M_t$ ,  $M_l$  son las masas de la Tierra y la Luna, y la distancia  $H$  entre la Tierra y el punto de equilibrio vendrá dada por la ecuación:

$M_t/H^2 = M_l/(R-H)^2$ , donde  $R$  es la distancia Tierra-Luna.

Tras buscar los parámetros, los alumnos podrán comprobar que  $H$  es aproximadamente un 90% de  $R$  y que el punto de equilibrio se encuentra a unos 39.000 kilómetros del centro de la Luna.

Los satélites y sondas espaciales han de lanzarse en el momento justo para que lleguen al punto de destino. En ocasiones, el momento de lanzamiento puede establecerse dentro de un intervalo de tiempo llamado 'ventana de lanzamiento'.

La órbita geosincrónica, o geoestacionaria, es aquella para la cual un satélite gira una vez al día, igual que la Tierra. Un satélite en esa órbita parecerá fijo en el cielo y una antena podrá fijarse en una dirección fija sin que haya que moverla. Muchos satélites se encuentran en dicha órbita, como los principales de comunicaciones, meteorológicos, etc. La órbita geoestacionaria se encuentra a unos 42.000 kilómetros del centro de la Tierra.



CLINT EASTWOOD  
DONALD SUTHERLAND



k) Véase apartado f)



Entrenarse en agua permite 'flotar', lo que se asemeja a las condiciones de ingravidez aparente del espacio. Podría hacerse en otros líquidos, pero el agua tiene ventajas evidentes: es barata, tiene la densidad aproximada del cuerpo humano y es transparente.



NEIL ARMSTRONG CON EL X-15 ROCKET • NASA



m

Un satélite artificial y un transbordador tendrían velocidades enormes, pero lo importante es que la velocidad relativa entre los dos cuerpos sea la menor posible.

DESQBRE

FUNDACIÓN ANDALUZA PARA LA DIVULGACIÓN  
DE LA INNOVACIÓN Y EL CONOCIMIENTO

[www.fundaciondescubre.es](http://www.fundaciondescubre.es)