

PROYECTO FÉNIX

Vehículo suborbital
para experimentos
de microgravedad

INMEU

SEstrada

Instituto de Física- UASLP

CABO TUNA



A través de varios experimentos, indicados de forma general y dejando abiertas las explicaciones y extensiones de los mismos, recorreremos conceptos muy básicos asociados a la propulsión de cohetes, así como al principio de microgravedad; con ello abrimos la puerta para que los niños y jóvenes puedan introducirse al campo de experimentación en microgravedad y puedan hacer planteamientos que eventualmente se realicen en los vehículos suborbitales en su modalidad de Laboratorio de Microgravedad, en el ***Puerto Espacial Cabo Tuna***.

© Instituto Mexicano del Espacio Ultraterrestre, 2018

© Sociedad Científica “Francisco Javier Estrada”, 2018

© Instituto de Física de la UASLP, 2018

J. R. Martínez Mendoza
Gerardo Saucedo Zárate
Hernán González Aguilar

J. A. de la Cruz Mendoza
José Luis Arauz Lara
Gerardo Ortega Zarzosa

El 28 de diciembre de 1957 se lanzaba, por primera vez en México, un cohete con fines científicos; ese día el cohete **Física I** surcó los cielos del altiplano potosino y abrió el gran camino en el área aeroespacial en nuestro país. El cohete fue diseñado y construido por profesores y estudiantes del, en aquel entonces, naciente Departamento de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí que tenía a su cargo la carrera de física y el Instituto de Física.

Esta aventura de diseño, construcción y lanzamientos de cohetes se desarrolló a lo largo de quince años, lanzándose cohetes de sondeo de una y dos etapas, en diversas series de cohetes que llevaron los nombres de Física, Zeus, Olímpicos, Filoctetes, entre otros. En 1972 se interrumpió este esfuerzo y declinaba igualmente el esfuerzo nacional en materia espacial al desaparecer años

después la Comisión Nacional del Espacio Exterior, creada en principio, para unir esfuerzos en el país con el grupo potosino y el de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) que en 1959 lanzara desde la Hacienda de la Begoña en el estado de Guanajuato el cohete de combustible líquido SCT-1, así como de otros grupos que comenzaban a gestarse; uno de los primeros objetivos era instalar una base nacional de lanzamiento que estaría instalada en la zona desértica del municipio de Charcas, San Luis Potosí.

El lugar donde se lanzaban estos cohetes fue bautizado como Cabo Tuna y en la actualidad se conoce a este histórico programa como Cabo Tuna.

Después de 1972, participantes de la última etapa de Cabo Tuna continuaron trabajando

en el tema y recientemente se ha reiniciado el programa de Cabo Tuna continuando en el punto técnico en que se suspendiera, tanto en San Luis como en la SCT, iniciando con el Proyecto Fénix, donde participan el Instituto Mexicano del Espacio Ultraterrestre, A.C., depositario de Cabo Tuna, la Sociedad Científica Francisco Javier Estrada y el Instituto de Física de la UASLP, cuna del programa de lanzamiento de cohetes.

Detalles de esta apasionante historia pueden ser consultadas en el video *Cabo Tuna* que puede encontrarse en la dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=wYM4QLdSoLk&t=17s>, así como en el programa *Más Allá de las Nubes*, de la serie *Trastornando el Universo* con dirección en: https://www.youtube.com/watch?v=C_ZfrCGl1tI

El Proyecto Fénix contempla en su primera etapa la construcción de los cohetes de sondeo Fénix-I- (1 y 2), los cuales se encuentran en su etapa de pruebas finales para su eventual lanzamiento en el lugar donde se pretendía establecer la base nacional de lanzamiento en Charcas, San Luis Potosí. Estos cohetes constituyen el establecimiento de un *Laboratorio de Microgravedad (LM-Tuna)* ubicado en estos vehículos suborbitales, donde estudiantes de los niveles básicos, medio superior y superior de México podrán utilizar para plantear sus experimentos escolares.

En el presente cuaderno introducimos a los alumnos en conceptos y principios básicos de mecánica y conceptos asociados al tema de microgravedad, con el fin de orientarlos a plantear posibles experimentos en el *LM-Tuna*.

1. Para mover un carrito de juguete debemos empujarlo, de esta manera interaccionamos con el carrito produciendo una fuerza sobre él provocando el movimiento. Podemos probar diversas formas de interacción sin tocarlo, por ejemplo, si soplamos sobre él. Una manera de hacerlo es colocar una especie de vela con papel y soplar sobre ella moviendo así al carrito. Otra manera es usar un globo como propulsor, al dejar salir el aire del globo, el carrito se moverá.

La intensidad de la interacción que tenemos con el carrito puede controlarse soplando sobre la vela, ya sea fuerte o suave, produciendo una aceleración sobre el carrito, que nos mide esta interacción; soplamos fuerte entonces la aceleración aumenta. Soplamos suave la aceleración es entonces menor. En el caso del globo

dependerá de que tanto lo inflamos, que será equivalente a soplar fuerte o suave.

¿Qué sucede si usamos el globo y la vela al mismo tiempo, aprovechando el aire expelido del globo?

Haz tus conjeturas, y realiza las pruebas experimentales.

A manera de problema:

El 28 de diciembre de 1957 se lanzó en San Luis Potosí un cohete con fines científicos, en un paraje que fue llamado Cabo Tuna. Este lanzamiento fue el primero que se realizó en nuestro país. El principio físico para lograr su lanzamiento, tiene que ver en cómo suministrar una fuerza que pueda impulsarlo. En la siguiente situación mostramos una posibilidad. Considera un

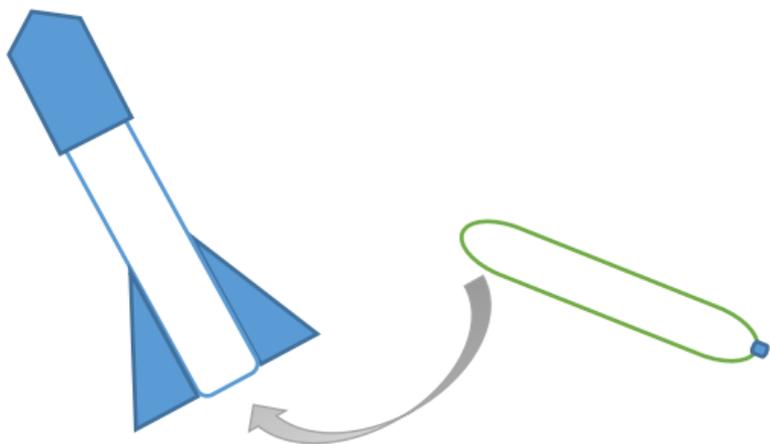
carrito de juguete que deseas moverlo. Una forma de lograrlo es instalar un globo con aire en el carrito y dejar que el aire escape del mismo, así el carrito se moverá como consecuencia. Otra forma, es instalarle una especie de vela con un pequeño cartón y entonces soplar sobre él. Ambas situaciones se muestran en la figura. ¿Qué sucederá si instalamos ambas al mismo tiempo, en un diseño como el mostrado en la figura?



2. Si llenamos un globo con aire (lo inflamamos) y lo soltamos dejando escapar al aire, su salida propiciará un movimiento del globo en dirección contraria a la dirección de salida del aire. Realiza la experiencia y notarás que el movimiento del globo es caótico, se mueve en direcciones aleatorias, debido a que el aire se expelle de manera irregular y en diferentes direcciones en la boca del globo.

Existen cierto tipo de globos que suelen usar los payasos o magos y con los cuales pueden hacer figuras, como perritos, espadas, en fin. Estos globos son largos y tienen la peculiaridad de que al inflarlos y luego soltarlos dejando salir el aire, éste se expelle de manera regular saliendo así en una sola dirección produciendo que el globo se mueva de manera recta y no caótica como el globo normal.

3. Con las experiencias anteriores podemos construir un pequeño cohete usando el globo largo. Una opción es convertirlo en cohete pegándole aletas en la parte inferior, por donde sale el aire, otra forma es simulando el combustible del cohete alojado en la cámara de combustión, con el globo. De esta manera el globo hace las veces del cartucho de combustible; para lo cual debemos hacer el cuerpo del cohete con algún material ligero. Puedes pensar e idear otras formas para construir tu cohete con uno de estos globos largos.



4. Sabemos que si soltamos un objeto, este caerá al piso debido a la fuerza producida por la Tierra sobre el objeto como consecuencia de la interacción gravitacional; a esta fuerza suele denominársele peso.

Podemos contrarrestar el peso sí colocamos el objeto sobre la mano; pero no es la única forma. Si invertimos la posición de la mano quedando la mano arriba del objeto éste caerá, pero si hacemos girar el objeto posado en una superficie es posible evitar que el objeto caiga, contrarrestando así el peso.

Puedes probar con el siguiente experimento: coloca una moneda sobre la base de un gancho para colgar la ropa de tal manera que la moneda no se mueva. En este momento el gancho hace las veces de la mano imponiendo una restricción al movimiento

de caída vertical de la moneda debida a su peso. Si giramos levemente el gancho podemos observar que la moneda caerá. Sin embargo, si hacemos girar rápidamente el gancho, de tal manera que describa continuamente círculos, la moneda no caerá sino que seguirá el movimiento descrito por el gancho, el cual es circular, pero no caerá en forma vertical.

Una variación es hacer girar una pequeña tina que contenga agua; sí se gira a velocidad en que ésta pueda describir un círculo, el agua contenida se mantendrá dentro de la tina.

5. La intensidad de la interacción gravitacional puede estimarse por la aceleración producida, en el caso de un objeto que cae, la aceleración, que suele denotarse por ***g***, es la intensidad debida a la interacción gravitacional.

Este valor depende de varios factores, como la altura respecto al nivel del mar, pero un valor característico puede considerarse como $9,8 \text{ m/s}^2$ (metros sobre segundo al cuadrado), valor que bajo ciertos mecanismos puede hacerse variar. De esta manera al dejar caer un objeto, este caerá con una aceleración de ***g***, valor que puede ser aumentado o disminuido. Si lo disminuimos a fin de tener fracciones del valor ***g*** y, como consecuencia el peso aparente del objeto disminuye, de esta manera estaríamos produciendo procesos de interacción de microgravedad.

Un ambiente de microgravedad es aquel en el cual el peso aparente de un objeto es pequeño comparado con el peso del objeto debido a la interacción gravitacional.

En la experiencia anterior (4) tenemos un ambiente donde, en determinado momento, el peso aparente de la moneda es sumamente pequeño; se comporta muy parecido a los objetos que se encuentran orbitando en vehículos espaciales en torno a la Tierra.

¿Cómo podemos obtenerlos, además de órbitas terrestres?; existen varias posibilidades.

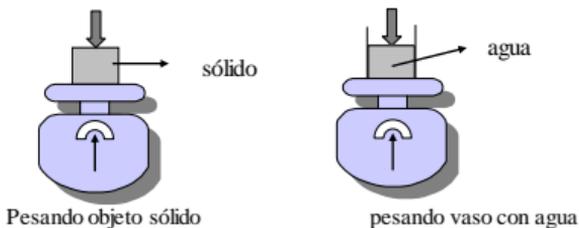
6. Un ambiente de microgravedad puede conseguirse en sistemas donde un objeto caiga libremente, en este caso conseguimos que el peso aparente del objeto se vea reducido.

En las siguientes experiencias puedes probar cómo cambia el peso aparente de un objeto, ya sea aumentándolo o reduciéndolo, esto último, a fin de tener un ambiente de microgravedad.

A manera de problema:

Considera que tienes dos objetos, uno de ellos sólido y el otro un vaso al que le agregas cierta cantidad de agua. Supón que los pesas en una balanza y pesan lo mismo, como indica el dibujo. Posteriormente empujas ligeramente con tu dedo, indicado con la flecha, hacia abajo en ambos casos,

con la misma intensidad. ¿Qué le sucede a la flecha que indica el peso en cada caso?, ¿se mueve o no se mueve? Y, en dado caso, ¿hacia dónde y qué tanto?



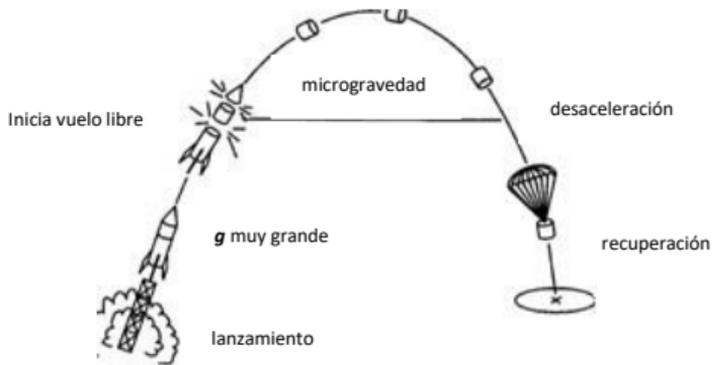
Realiza la siguiente experiencia. Coloca un objeto en una balanza a fin de medir su peso. ¿Qué sucede con la flecha que indica el peso si sostienes la balanza y lo subes? ¿Qué sucede si ahora lo bajas?



A reserva de que realices el experimento. Te adelantamos que en el caso en que lo bajas rápidamente, reduces el peso aparente del objeto; creas ambiente de microgravedad.

7. Otra manera de crear estos ambientes de microgravedad es utilizando un cohete de sondeo, los cuales siguen una trayectoria parabólica suborbital.

Considera un objeto en el cohete. Al lanzarse el cohete la aceleración que experimenta este objeto, de acuerdo a la experiencia anterior, es una situación de una ***g*** con valor muy grande, el peso aumenta mucho; al llegar al punto donde el combustible se termina ya no existe una fuerza de empuje y el cohete sigue un vuelo “libre” iniciando una trayectoria parabólica en este momento la aceleración sobre el objeto es prácticamente cero, del orden de diez a la menos seis, o sea **0,000001*g***; esta trayectoria dura unos cuantos minutos y el objeto experimenta un ambiente de microgravedad, el cual termina cuando el cohete retorna a la altura donde inicio su vuelo libre e inicia la desaceleración.



Los Cohetes Fénix I-1 y 2, presentarán este comportamiento; son cohetes suborbitales cuya bahía de carga se convierte en un laboratorio de microgravedad, donde pueden realizarse experimentos escolares, así como experimentos de investigación científica.

Estos cohetes se estarán lanzando en el Campo de Experimentación Espacial Nuevo Cabo Tuna, el primer campo de experimentación en el país, cristalizando aquella iniciativa planteada a principios de la

década de los sesentas de crear un campo nacional de lanzamiento de cohetes.

Los siete puntos presentados líneas arriba han sido planteados de manera muy general, en torno a ellos se requiere profundizar y realizar cálculos analíticos a fin de contar con explicaciones certeras. Sin embargo, este planteamiento cualitativo permite, a grandes rasgos, entender principios físicos que explican la propulsión de objetos, como puede ser un cohete, así como cuestiones asociadas a ambientes de microgravedad.

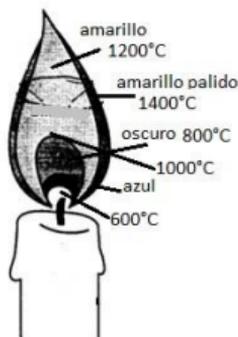
Como último punto de este breviarío presentamos el comportamiento de una vela encendida sujeta a ambientes de microgravedad, lo que puede ilustrar el comportamiento diferente de sistemas y objetos a los que estamos acostumbrados a observar en ambientes gravitatorios.

8. Experimento de microgravedad. *Anatomía de una vela.* Si deseas realizar experimentos con vela encendida debes tomar las precauciones debidas; si eres menor de edad, hazlas acompañado de un adulto que supervise tus experimentos, o solo sigue mentalmente la descripción de los mismos.

Al encender la vela se produce un fenómeno de combustión produciéndose una luz muy característica. Para comenzar la forma de la vela se extiende hacia arriba siendo ancha en la parte baja y muy delgada en la parte superior, terminando en una punta afilada.

Otra característica son los colores asociados, que se relacionan con las temperaturas en la flama. Se pueden notar cuatro zonas que van del color azul al amarillo, distribuidos de forma excéntrica; en el centro se observa una zona oscura con temperaturas que van

de 800°C en su parte inferior a 1000 °C en su parte superior; alrededor una zona de color amarillo con temperatura de 1200 °C; y en la parte externa dos zonas una superior y otra inferior, en la superior se encuentra un amarillo pálido y en la inferior con color azul, sus temperaturas son las más altas llegando en esta zona externa a los 1400°C.



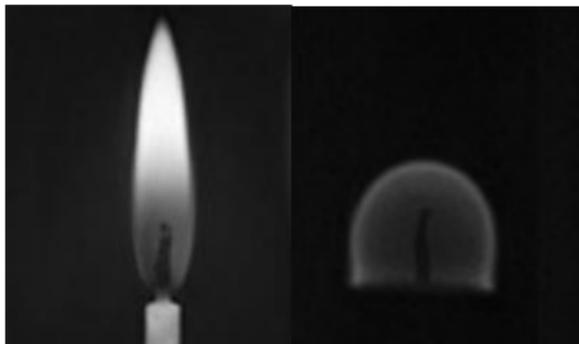
Estas características de forma, color y temperatura están asociadas al proceso de interacción gravitacional, así como el medio que rodea a la vela, la composición atmosférica. Las partículas que participan en

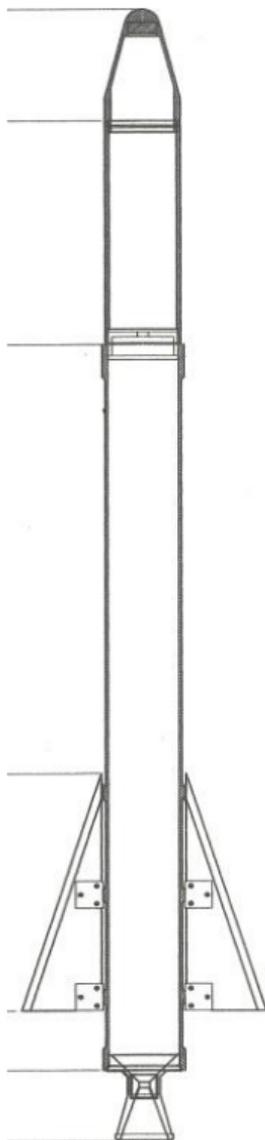
la combustión son ligeras y la temperatura que alcanzan producen que estas avancen hacia arriba, podemos observarlas si apagamos la vela soplando sobre ella, el humo oscuro y gris está constituido por estas partículas que podemos apreciar si acercamos el cerillo encendido en la parte superior de esta columna de humo, observamos que entran en combustión desde las partículas que se encuentran arriba hacia las que se encuentran abajo propiciado que la vela se vuelva a encender.

¿Cómo se comporta la vela encendida en gravedad reducida o microgravedad?, es decir, en sistemas donde el valor de g se vuelve muy pequeño, cercano a cero.

Trata de diseñar un sistema de caída libre, en el cual la vela encendida caiga, de tal forma que tengas un ambiente de microgravedad.

En experimentos realizados en el espacio ha sido posible observar el comportamiento de la vela, el cual, ante la ausencia de gravedad terrestre, modifica su forma y los colores asociados. En cuanto a su forma la característica imagen de la flama de la vela se transforma a una esfera y los colores descritos anteriormente se convierten sólo en azul, como se muestra en las siguientes fotografías de la flama de la vela obtenidas en ambiente de gravedad y en ambiente de gravedad reducida.





En una primera etapa se cuenta con dos Cohetes de sondeo de la Serie Fénix. El Cohete Fénix I-1 “Candelario Pérez Rosales” y el Cohete Fénix I-2 “Alejandro Pedroza Meléndez”; los cuales son similares.

El esquema de los cohetes, se muestra en la imagen. Consisten de 5 partes: la tobera, aletas, el cuerpo del cohete (cámara de combustión), la bahía para carga útil y el paracaídas, y, la punta.

Los cohetes se encuentran en la etapa de prueba final, que consiste en pruebas hidrostáticas y estática; esta última a realizarse en la plataforma de lanzamiento, para que posteriormente pueda realizarse, con todos los requerimientos de seguridad, el lanzamiento del cohete Fénix I-1, cuya misión es probar el sistema de lanzamiento.

Las pruebas estáticas y lanzamiento del cohete Fénix I-1 se realizarán en la **Plataforma de Lanzamiento No.1 Cabo Tuna**, en el semidesierto potosino, lugar donde históricamente, la extinta Comisión Nacional del Espacio Exterior, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en conjunto con el Instituto de Física de la UASLP, establecerían la proyectada base nacional de lanzamientos a principios de la década de los sesenta del siglo pasado.

Lugar donde abunda la gobernadora y la planta de sotol (*Dasyliirion palaciosii*), endémica de San Luis Potosí, cuya flor es de uso tradicional en las festividades donde se cultiva el son o huapango arribeño, tradición popular potosina, donde cobra vida la música y la palabra a través de los poetas campesinos; quienes, ahora, podrán tener como tema de fundamento a Cabo Tuna.



Cohete Fénix I-1 “Candelario Pérez Rosales”

Dedicado a uno de los pioneros de la experimentación con cohetes en México. Participó en la elaboración del cohete **Física I**, primer cohete lanzado en México con fines científicos y que diera inicio a la historia de Cabo Tuna.

Cofundador del Instituto de Física y Escuela de Física de la UASLP en 1955 y 1956, respectivamente. Nació en Peotillos, S.L.P. en 1930 y murió en San Luis Potosí en el 2016. Estudio la licenciatura en física en la Universidad de Purdue en los Estados Unidos siendo compañero de Neil Armstrong.

Una reseña de su vida y obra puede consultarse en el libro: *Una vida dedicada a la ciencia*, Ed. Sociedad Científica Francisco Javier Estrada.

Cohete Fénix I-2 “Alejandro Pedroza Meléndez”

Dedicado al Dr. Alejandro Pedroza Meléndez, por su contribución al desarrollo del área aeroespacial en México, así como a la tecnología mexicana.

Fue director del programa de desarrollo del primer satélite experimental mexicano SATEX-I, donde participaron más de setenta investigadores de once instituciones de educación superior del país. Fue el creador del Robot Pianista “Don Cuco el Guapo” desarrollado con un microprocesador construido en México.

Nació en Villa de Arriaga, San Luis Potosí, y ha recibido reconocimientos en su estado natal: Trayectoria de Éxito en el 2015 y Científicos Potosinos en 1994.

Breviario de guía para introducir a los niños y jóvenes, así como público en general, a los conceptos asociados con propulsión de cohetes y su uso para la realización de experimentos en ambientes de microgravedad.



Cohete de Sondeo **Fénix I-1**
"Candelario Pérez Rosales"

flash@ciencias.uaslp.mx

