

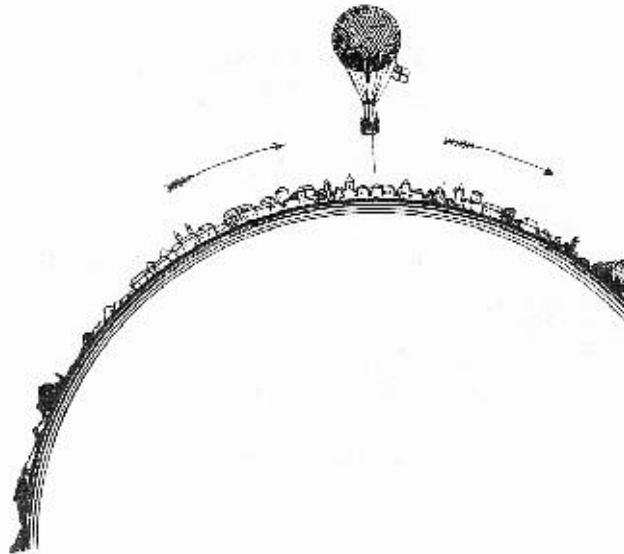
Capítulo 1

LEYES FUNDAMENTALES DE LA MECANICA

El Procedimiento mas Barato de Viajar

El ingenioso escritor francés del siglo XVII Cyrano de Bergerac cuenta en su "Historia Cómica de los Estados e Imperios de la Luna" (1652), entre otras cosas, un caso sorprendente que, según dice, le ocurrió a él mismo. Un día, cuando estaba haciendo experimentos de Física, fue elevado por el aire de una forma incomprensible con sus frascos y todo. Cuando al cabo de varias horas consiguió volver a tierra quedó sorprendido al ver que no estaba ni en Francia, ni en Europa, sino en América del Norte, ¡en el Canadá!

Fig. 1. ¿Se puede ver desde un aeróstato cómo gira la Tierra? (El dibujo no se atiene a escala)



No obstante, el escritor francés consideró que este vuelo transatlántico era completamente natural. Para explicarlo dice que mientras el "viajero a la fuerza" estuvo separado de la superficie terrestre, nuestro planeta siguió girando, como siempre, hacia oriente, y que por eso al descender sentó sus pies no en Francia, sino en América.

¡Que medio de viajar más fácil y económico! No hay más que elevarse sobre la superficie de la Tierra y mantenerse en el aire unos cuantos minutos para que al descender nos encontremos en otro lugar, lejos hacia occidente. ¿Para qué emprender pesados viajes por tierra o por mar, cuando podemos esperar colgando en el aire hasta que la misma Tierra nos ponga debajo el sitio a donde queremos ir?

Desgraciadamente este magnífico procedimiento es pura fantasía. En primer lugar, porque al elevarnos en el aire seguimos sin separarnos de la esfera terrestre; continuamos ligados a su capa gaseosa, es decir, estaremos como colgados en la atmósfera, la cual también toma parte en el movimiento de rotación de la Tierra alrededor de su eje. El aire (o mejor dicho, su capa inferior y más densa) gira junto con la Tierra y arrastra consigo todo lo que en él se encuentra: las nubes, los aeroplanos, los pájaros en vuelo, los insectos, etc., etc. Si el aire no tomara parte en el movimiento de rotación de la Tierra sentiríamos siempre un viento tan fuerte, que los huracanes más terribles parecerían ligeras brisas comparadas con él (La velocidad del huracán es de 40 m por segundo o 144 km por hora. Pero la Tierra, en una latitud como la de Leningrado, por ejemplo, nos arrastraría a través del aire con una velocidad de 240 m por segundo, es decir, de 828 km por hora, y en la región ecuatorial, por ejemplo, en Ecuador, esta velocidad sería de 465 m por segundo, o de 1.674 km por hora).

Porque lo mismo da que estemos nosotros fijos en un sitio y que el aire pase junto a nosotros o que, por el contrario, sea el aire el que está quieto y nosotros los que nos

movemos dentro de él; en ambos casos el viento será igual de fuerte. Por ejemplo, un motociclista que avance a una velocidad de 100 km por hora sentirá un viento fuerte de frente aunque el aire esté en calma.

En segundo lugar, aunque pudiéramos remontarnos hasta las capas superiores de la atmósfera o la Tierra no estuviera rodeada de aire, el procedimiento de viajar económicamente ideado por el satírico francés sería también irrealizable. Efectivamente, al separarnos de la superficie de la Tierra en rotación *continuaríamos por inercia moviéndonos con la misma velocidad que antes*, es decir, con la misma velocidad a que se movería la Tierra debajo de nosotros. En estas condiciones, al volver a la Tierra nos encontraríamos en el mismo sitio de donde partimos, de igual manera que cuando damos saltos dentro de un vagón de ferrocarril en marcha caemos en el mismo sitio. Es verdad que por inercia nos moveremos en línea recta (tangencialmente a la superficie terrestre), mientras que la Tierra seguiría un arco debajo de nosotros, pero tratándose de lapsos de tiempo pequeños esta diferencia no se nota.

[Volver al Inicio](#)

"¡Detente Tierra!"

El popular escritor inglés Herbert Wells tiene un relato fantástico sobre cómo un oficinista hacía prodigios. Este era un joven de no mucha inteligencia, pero que por un capricho de la suerte tenía la virtud sorprendente de que en cuanto expresaba cualquier deseo, éste se cumplía en el acto. Sin embargo esta virtud, tan seductora al parecer, no le trajo a su poseedor ni a sus semejantes más que disgustos. Para nosotros es bastante instructivo el final de esta historia.

Después de una prolongada juerga, el oficinista de los prodigios, que temía llegar a su casa de madrugada, pensó aprovechar su poder para alargar la noche. Pero, ¿cómo hacerlo?

Había que mandar a los astros que se parasen en el firmamento. El oficinista no se decidió a realizar esta hazaña de golpe. Entonces su amigo le aconsejó detener la Luna. El la miró atentamente, lo pensó y dijo:

- Me parece que está demasiado lejos para esto ... ¿qué piensa?
- Por probar nada se pierde - insistió Mading (que así se llamaba el amigo. Y.P.). - Si no se para, haga usted que deje de girar la Tierra. No creo que esto perjudique a nadie.
- Verdaderamente - dijo Fotheringay (el oficinista. Y.P.) Puedo probar.

Adoptó una postura imperativa, alzó los brazos sobre el mundo y dijo solemnemente:

- ¡Detente, Tierra! ¡Deja de girar!

No llegó a terminar la frase, cuando él y su amigo volaban ya en el espacio a una velocidad de varias docenas de millas por minuto.

Esto no le impedía seguir pensando. En menos de un segundo razonó y se dijo a sí mismo:

- Pase lo que pase, lo que hace falta es que yo salga vivo y sano.

Hay que reconocer que este deseo fue expresado a tiempo, porque unos segundos después cayó sobre tierra recién removida y junto a él, sin causarle daño, pasaban piedras, trozos de casas, objetos metálicos ... ; pasó volando hasta una pobre vaca, que se destrozó después al chocar contra la tierra.- El viento soplaba con una fuerza terrible, él no podía ni levantar la cabeza para mirar a su alrededor.

- No comprendo - exclamó Fotheringay con voz entrecortada -, ¿qué habrá ocurrido? ¿Una tempestad? - Por lo visto he debido hacer algo mal.

Después de mirar lo que el viento y los batientes faldones de su chaqueta le dejaron, continuó:

- En el cielo me parece que todo está en orden. Allí está la Luna. Lo demás también está. Pero, ¿dónde está la ciudad? ¿dónde las calles y las casas?; ¿de dónde viene este viento? Yo no he mandado que haga viento.

Fig. 2. ¿Qué ocurriría si la Tierra dejara de repente de girar alrededor de su eje?



Fotheringay intentó ponerse en pie, pero no pudo: por eso iba andando a gatas, sujetándose a las piedras y a los salientes del terreno. La verdad es que no había a dónde ir, puesto que todo lo que se podía ver por debajo de los faldones de la chaqueta, que el viento la había puesto por montera, era un cuadro de completa desolación.

"En el mundo algo se ha descompuesto, pensó, pero no sé lo que es".

Y efectivamente, algo se había descompuesto. No se veían casas, ni árboles, ni seres vivientes, no se veía nada. Sólo ruinas deformes y restos heterogéneos yacían por doquier y apenas se podían distinguir en medio del huracán de polvo.

El culpable de todo esto no podía comprender lo ocurrido, aunque todo tenía una explicación bien sencilla. Al parar la Tierra de improviso, Fotheringay no pensó en la inercia, que fue precisamente la que al cesar la rotación del planeta lanzó fuera de su superficie todo cuanto sobre ella había. Por eso las casas, la gente, los árboles, los animales y todo aquello que no estaba unido de forma inquebrantable con la masa fundamental de la esfera terrestre, salió volando tangencialmente a su superficie con la velocidad de un proyectil. Después todo volvió a caer sobre la Tierra haciéndose mil pedazos.

Fotheringay comprendió que el prodigio que acababa de hacer le había salido mal. Sintió una profunda repulsión por todo hecho semejante y se prometió a sí mismo no hacer más prodigios en su vida. Pero antes tenía que reparar el mal que había causado, y que no era pequeño. La tempestad seguía desencadenada, nubes de polvo eclipsaban la Luna y se oía ruido de agua que se acercaba. Brilló un relámpago y a su luz pudo ver Fotheringay cómo un muro de agua avanzaba hacia él vertiginosamente.

Cobró valor, y dirigiéndose al agua gritó:

- ¡Alto! ¡Ni un paso más!

Después repitió órdenes semejantes a los truenos, a los relámpagos y al viento.

Por fin se hizo la calma.

Fotheringay se puso en cuclillas y pensó: "Hay que obrar con cuidado, no vayamos a hacer otro desaguisado". Siguió meditando un poco y luego dijo: "Es mi deseo que, en cuanto se realice lo que ahora voy a ordenar, pierda yo el poder de hacer prodigios que hasta ahora he tenido y me convierta en un hombre como todos los demás. ¡Basta de prodigios! No quiero jugar más con cosas tan peligrosas. Ahora, mi última orden: que todo vuelva a ser como antes, que sean lo mismo las ciudades, las gentes, las casas, todo, y que yo también sea igual que antes".

[Volver al Inicio](#)

Una Carta Desde un Avión

Figurémonos que vamos viajando en un avión que vuela rápido sobre la tierra. Abajo se ven lugares conocidos. Ahora vamos a pasar por encima de la casa de un amigo nuestro. "No estaría mal mandarle un saludo" - pensamos de repente. Escribimos apresuradamente unas cuantas palabras en una hoja de papel, la atamos a cualquier objeto pesado (que en adelante llamaremos "peso") y, en cuanto nos encontramos exactamente encima de la casa, lo dejamos caer.

Fig. 3. Un peso dejado caer desde un avión en vuelo no cae verticalmente, sino siguiendo una curva



¿Caerá la carta en casa de nuestro amigo? No, no caerá, aunque su huerto y su casa estaban exactamente debajo cuando soltamos el peso.

Si hubiéramos podido observar su caída desde el avión hubiésemos visto un fenómeno extraño: el peso cae, pero sigue encontrándose durante todo el tiempo debajo del avión, lo mismo que si fuera resbalando por un hilo invisible. Por eso, cuando el peso llega a tierra, el sitio donde cae está mucho más adelante que el que elegimos al soltarlo.

Aquí volvemos a encontrarnos con la ley de la inercia que nos impidió viajar por el método de Bergerac. Mientras el peso estaba en el avión se movía a la misma velocidad que él. Al soltarlo, comenzó a caer y a separarse del avión, pero como no perdió la velocidad que tenía, siguió avanzando en el aire en la misma dirección que antes. En estas condiciones el peso tenía dos movimientos, uno hacia abajo y otro horizontal hacia adelante. Estos dos movimientos se suman y, como resultado, el peso cae siguiendo una curva y permaneciendo siempre debajo del avión (si este último no cambia de dirección o de velocidad).

El peso se comporta en este caso lo mismo que cualquier objeto lanzado horizontalmente, por ejemplo, como una bala disparada con un fusil en posición horizontal: el objeto describe una trayectoria en forma de arco que acaba en la superficie de la tierra.

Todo lo que acabamos de decir sería completamente justo si no existiera la resistencia del aire. Pero en realidad esta resistencia frena tanto el movimiento vertical del peso como el horizontal, por lo que en vez de encontrarse, durante todo el tiempo que dura la caída debajo del avión, se retrasa un poco con respecto a él.

La desviación de la vertical de lanzamiento puede ser muy considerable, sobre todo si el avión vuela alto y a gran velocidad. Si no hace viento, un peso soltado desde un avión que se ha-

lleva a 1.000 m de altura y que vuela con una velocidad de 100 km por hora, caerá 400 metros más allá del sitio que se encontraba exactamente debajo del avión cuando se dejó caer (fig. 3).

Si se desprecia la resistencia de aire el cálculo no es difícil.

Por la fórmula del camino recorrido con movimiento uniformemente acelerado

$$S = \frac{gt^2}{2}$$

de donde tenemos que el tiempo que tarda en caer el peso

$$t = \sqrt{\frac{2S}{g}}$$

siendo g la aceleración de la gravedad, igual a $9,8 \text{ m/seg}^2$. Por lo tanto, si el objeto cae desde 1.000 m de altura, tardará

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000}{9,8}}$$

en llegar al suelo

es decir 14 segundos.

Durante este tiempo avanzará en dirección horizontal

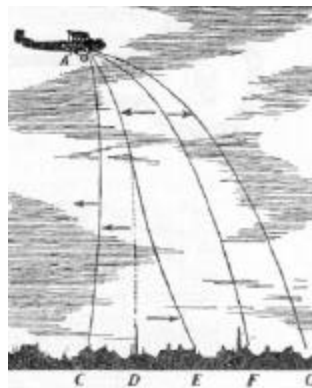
$$\frac{100.000}{3.600} * 14 = 390 \text{ m}$$

[Volver al Inicio](#)

Lanzamiento de Bombas

Después de lo que acabamos de decir está claro que cuando un piloto ha de lanzar una bomba en un sitio determinado, tiene que resolver un problema difícil, puesto que ha de tener en cuenta la velocidad del avión, la resistencia del aire y la velocidad del viento.

Fig. 4. Trayectorias que siguen las bombas lanzadas desde un avión: AF, cuando no hace viento; AG, con viento favorable (de cola); AD, AC, con viento contrario (de proa); EA, con viento contrario arriba y favorable abajo,



cuenta la velocidad del avión, la resistencia del aire y la velocidad del viento.

En la fig. 4 se representan esquemáticamente las trayectorias que describe una bomba según las condiciones en que se realice el lanzamiento. Si no hace viento, la bomba seguirá la curva AF; en el ejemplo anterior dijimos ya por qué esta curva precisamente. Si hace viento favorable (de cola) arrastrará la bomba hacia adelante y ésta describirá la curva AG. Si el viento es contrario (de proa) y de poca fuerza, la bomba caerá siguiendo la curva AD (si el viento sopla con la misma fuerza y en la misma dirección en las capas superiores y en las inferiores); si el viento, como suele ocurrir, tiene abajo una dirección y arriba otra (por

ejemplo, arriba en contra y abajo a favor), la trayectoria de caída cambiará de forma y tomará el aspecto representado por la curva AE.

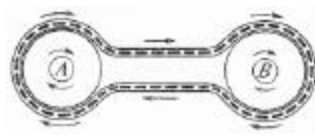
[Volver al Inicio](#)

Un Ferrocarril Sin Paradas

Cuando estamos en el andén de una estación y junto a nosotros pasa un tren expreso, a nadie se le ocurre montarse en uno de sus vagones en marcha. Pero figurémonos que la plataforma del andén se mueve en el mismo sentido y con la misma velocidad que el tren, ¿sería difícil entrar en un vagón en marcha en estas condiciones?

En absoluto; entraríamos en él con la misma tranquilidad que si estuviera parado. Porque si el tren y nosotros nos movemos en el mismo sentido y con la misma velocidad resultará que dicho tren se encontrará en reposo con respecto a nosotros. Es verdad que sus ruedas continuarán girando, pero nos parecerá que lo hacen sin moverse del sitio.

Fig. 5. Esquema de un ferrocarril sin paradas entre dos estaciones A y B. El esquema de las estaciones se muestra en la figura siguiente.



Hablando estrictamente, todos los objetos que generalmente consideramos inmóviles, por ejemplo, un tren parado en la estación, se mueven al mismo tiempo que nosotros alrededor del eje de la Tierra y en torno al Sol; pero podemos considerar que este movimiento no existe prácticamente, puesto que no nos molesta en absoluto.

Por consiguiente, es perfectamente realizable la idea de que los pasajeros tomen el tren y se apeen de él a toda marcha, sin necesidad de que se pare.

Dispositivos de este género se instalan frecuentemente en las exposiciones, para que el público pueda contemplar cómoda y rápidamente todas las curiosidades que se muestran en sus grandes territorios. Los puntos extremos del territorio de la exposición se unen entre sí por medio de un ferrocarril que tiene la forma de cinta sin fin; los pasajeros pueden entrar y salir de los vagones en cualquier otro sitio y en plena marcha.

Un ingenio de este tipo se muestra esquemáticamente en las figuras que insertamos.

En la fig. 5 las estaciones finales se señalan con las letras A y B. En cada una de estas estaciones existe una plataforma circular fija, alrededor de la cual gira otra en forma de disco. Rodeando los discos giratorios de ambas estaciones pasa el cable a que se enganchen los vagones. Cuando los discos giran, los vagones se mueven en torno a ellos con una velocidad igual a la que tienen los bordes exteriores de las plataformas en rotación; por consiguiente, los pasajeros, sin el menor peligro, pueden pasar desde los discos a los vagones y viceversa. Al bajarse del vagón el pasajero se dirige al centro de la plataforma giratoria. Cuando llega a la plataforma fija que hay en dicho centro, pasa a ella desde el borde interior de la giratoria sin la menor dificultad, puesto que aquí, como el radio de la circunferencia es pequeño, la velocidad circular también es pequeña (No es difícil comprender que los puntos que se encuentran en el borde interior del disco se mueven mucho más despacio que los del exterior, puesto que en el mismo tiempo recorren un camino circular mucho menor). Una vez que se encuentra en la plataforma interior fija, el pasajero sale del ferrocarril pasando por un puente (fig. 6).

Fig. 6. Estación de un ferrocarril sin paradas



La supresión de las paradas frecuentes reporta una gran economía de tiempo y de energía. En los tranvías urbanos, por ejemplo, una gran parte del tiempo y casi las dos terceras partes de la energía se gastan en la aceleración paulatina del movimiento al salir de las paradas y en retardar dicho movimiento al llegar a ellas (Las pérdidas de energía al frenar pueden evitarse conmutando los motores eléctricos del tranvía de forma que funcionen como dínamos y devuelvan corriente a la red. En Charlottenburg, (distrito de Berlín) por este procedimiento se consiguió reducir en un 30% el gasto de energía en las líneas de tranvías. Este mismo procedimiento se utiliza en los ferrocarriles eléctricos de la URSS entre ellos en la línea electrificada Moscú-Vladivostok).

En las estaciones de ferrocarril se podría incluso prescindir de las plataformas móviles especiales para tomar y apearse de los trenes en marcha. Supongamos que por una estación ordinaria pasa un tren expreso y que queremos que sin pararse recoja nuevos pasajeros. Para esto no hay más que hacer que dichos pasajeros se monten en otro tren que se encuentre parado en una vía de reserva paralela y que este tren se ponga en marcha y alcance la misma velocidad que el expreso. Cuando ambos trenes marchen el uno junto al otro estarán en reposo relativo entre sí. Entonces, entre ellos se pueden tender unas pasarelas por las que los viajeros podrán pasar tranquilamente desde el tren auxiliar al expreso. De esta forma se pueden suprimir las paradas.

[Volver al Inicio](#)

Aceras Móviles

En el principio del movimiento relativo se basa también otro dispositivo que hasta ahora se utiliza únicamente en las exposiciones; nos referimos a las llamadas "aceras móviles". Por primera vez se emplearon en la exposición de Chicago del año 1893 y después en la Exposición Universal de París del año 1900.

En la fig. 7 se representa un esquema de este dispositivo. En este esquema se pueden ver cinco bandas-aceras cerradas que se mueven unas dentro de otras, a diferentes velocidades, por medio de un mecanismo especial.

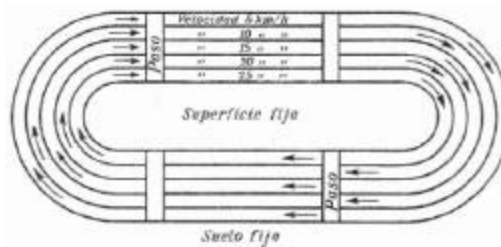


Fig. 7. Aceras móviles

La banda exterior se mueve bastante despacio, a 5 km por hora: esta es la velocidad ordinaria de un peatón y, por consiguiente, no es difícil subirse a ella. Junto a ésta se mueve una segunda banda a 10 km por hora. Poner el pie directamente en ella desde el suelo fijo de la calle sería peligroso, pero pasar desde la primera banda no cuesta ningún trabajo. En realidad, con respecto a la primera banda, cuya velocidad es de 5 km, la segunda, que marcha a 10 km por hora, solamente tiene una velocidad relativa de 5 km por hora; por lo tanto, pasar desde la primera a la segunda banda es tan sencillo como pasar desde el suelo fijo a la primera. La tercera banda se mueve a 15 km por hora, pero el paso a ella desde la segunda no presenta dificultad. Con la misma facilidad se puede pasar desde la tercera a la cuarta, cuya velocidad es de 20 km por hora, y desde ésta a la quinta, que se desliza a 25 km por hora. Esta última banda es la que transporta a los viajeros hasta el punto que deseen, donde para salir a tierra firme irán pasando sucesivamente y en sentido contrario de banda en banda.

[Volver al Inicio](#)

Una Ley Difícil de Comprender

Ninguna de las tres leyes fundamentales de la Mecánica da lugar a tantas incomprensiones como la "tercera ley de Newton", es decir, la ley de la acción y reacción. Todo el mundo conoce esta ley y hasta sabe aplicarla en algunos casos, pero son raros los que pueden considerarse exentos de ciertas dudas. Es posible que nuestro lector haya tenido la suerte de comprender perfectamente esta ley desde el primer momento, pero yo tengo que reconocer que sólo llegué a conseguirlo diez años después de estudiarla por vez primera. En mis conversaciones con diversas personas he podido convencerme de que la mayoría de ellas estaban dispuestas a reconocer esta ley como cierta, pero haciendo algunas objeciones substanciales. Todo el mundo admite que esta ley es justa cuando se trata de cuerpos en reposo, pero, por lo general, no comprende cómo es posible aplicarla a las relaciones entre los cuerpos en movimiento. La acción, dice la ley, es siempre igual y contraria a la reacción. Esto quiere decir, que si un caballo tira de un carro, el carro tira del caballo hacia atrás con la misma fuerza. Pero en este caso, ¿por qué se mueve el carro? Si las fuerzas son iguales, ¿por qué no se equilibran entre sí?

Estas son las dudas que suele despertar la ley a que nos referimos. ¿Quiere esto decir que la ley no es justa? No, la ley es justa indudablemente, lo que ocurre es que la comprendemos mal. Las fuerzas no se equilibran entre sí porque están aplicadas a diferentes cuerpos: una de ellas al caballo y la otra al carro. Las fuerzas son efectivamente iguales, pero, ¿acaso las fuerzas iguales producen siempre los mismos efectos? ¿es que las fuerzas iguales comunican la misma aceleración a todos los cuerpos?; la acción de una fuerza sobre un cuerpo, ¿no depende acaso del propio cuerpo y de la "resistencia" que opone a la fuerza?

Si se recapacita sobre todo esto queda claro por qué el caballo arrastra al carro a pesar de que éste tire de él hacia atrás con la misma fuerza. Las fuerzas que actúan sobre el carro y sobre el caballo son iguales entre sí en cada momento; pero como el carro se mueve libremente sobre sus ruedas, mientras que el caballo se apoya en el suelo, está claro por qué aquél avanza hacia éste. Si el carro no opusiera reacción a la acción de la fuerza motriz del caballo ... se podría prescindir del caballo, puesto que cualquier fuerza, por pequeña que fuera, bastaría para hacer que el carro se moviese. El caballo hace falta precisamente para eso, para vencer la reacción del carro.

Todo esto se comprendería mucho mejor y daría lugar a menos dudas si la ley se formulara, no de la forma abreviada de costumbre: "la acción es igual a la reacción", sino así, por ejemplo: "siempre que un cuerpo ejerce sobre otro una fuerza. (acción), éste ejerce sobre él otra fuerza igual y directamente opuesta a la primera (reacción)".

Porque las únicas que son iguales son las fuerzas, ya que los efectos que producen (sobre todo si éstos se miden, como de ordinario, por la traslación de un cuerpo) son, por regla general, diferentes, debido a que cada una de las fuerzas está aplicada a un cuerpo distinto. De la misma forma, cuando los hielos polares presionaban sobre el casco del "Cheliuskin", (el barco soviético "Cheliuskin" fue aprisionado por los hielos árticos en el estrecho de Bering, arrastrado hacia el norte y finalmente aplastado en febrero del año 1934. N. del T.) las bordas de éste presionaban a su vez sobre el hielo con igual fuerza. La catástrofe ocurrió porque el hielo pudo aguantar esta presión sin romperse, mientras que el casco del buque, que aunque de acero no era macizo, cedió a esta fuerza y fue aplastado (en "Causa Física de la Catástrofe del Cheliuskin", más adelante, trataremos más detenidamente las causas que motivaron la catástrofe).

La caída de los cuerpos también cumple la ley de la acción y reacción, aunque no es fácil distinguir las dos fuerzas. Cuando una manzana se cae al suelo es porque la atrae la Tierra, pero esta última es atraída a su vez, con la misma fuerza, por la manzana.

Hablando estrictamente, la manzana cae en la Tierra y la Tierra en la manzana, pero las velocidades con que caen una y otra son distintas. Las fuerzas de atracción, siendo iguales, comunican a la manzana una aceleración de 10 m/seg^2 , mientras que la que le comunican a

la Tierra es tantas veces menor como la masa de esta última es mayor que la de la manzana. Y como la masa de la Tierra es enormemente mayor que la de la manzana, la aceleración que recibe es tan insignificante que puede considerarse igual a cero. Por esto decimos que la manzana cae en la Tierra, en lugar de decir que caen mutuamente la una en la otra.

[Volver al Inicio](#)

Como Murió el Bogatir Sviatogor

Entre los cantares épicos rusos existe uno en que se relata la hazaña del bogatir Sviatogor, (personaje dotado de fuerza y valor extraordinarios, héroe de las canciones épicas rusas N. del T.) que quiso levantar la Tierra.

Arquímedes, según cuenta la tradición, también estaba dispuesto a hacer lo mismo si le daban un punto de apoyo para su palanca. Pero Sviatogor era fuerte y sin palanca. A él sólo le hacía falta encontrar un sitio de donde cogerse, algo donde poder aferrar sus manos poderosas. "Si yo encontrara un tirante levantaría la Tierra". Y se presentó el caso: el bogatir encontró en el suelo unas alforjas que "ni se inclinaban, ni se movían, ni se podían levantar".

Sviatogor se bajó del caballo
Y aferrándose con brío a las alforjas
De un tirón las subió hasta las rodillas,
Pero en tierra clavóse hasta las corvas.
No lágrimas bañaron su semblante,
Sino, sangre, intensamente roja.
Y se hundió el bogatir, sin repararlo,
Y acabose su vida valerosa.

Si Sviatogor hubiera conocido la ley de la acción y reacción habría comprendido que su colosal fuerza aplicada a la Tierra tenía que provocar otra fuerza igual y, por lo tanto también colosal, opuesta a la suya, capaz de hundir a él mismo en la tierra.

En todo caso, por la canción épica se ve que el pueblo, con su capacidad para observar y analizar los hechos, había descubierto hacía ya mucho tiempo la reacción que presenta la tierra cuando sobre ella se apoyan. Las gentes aplicaban de manera inconsciente la ley de la reacción millares de años antes de que el gran físico inglés del siglo XVII, Isaac Newton, la enunciara por vez primera en su libro inmortal "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" (Principios matemáticos de la filosofía natural, es decir, Física).

[Volver al Inicio](#)

¿Puede Haber Movimiento sin Apoyo?

Al andar tomamos impulso empujando el suelo con los pies; si este último es demasiado liso o está cubierto de hielo, el pie no encuentra apoyo y no podemos andar. Cuando se mueve una locomotora empuja hacia atrás los raíles con sus ruedas "motrices". Si los raíles se engrasan con aceite, la locomotora "patinará" y no podrá moverse. A veces (cuando hay escarcha) para que los trenes puedan arrancar del sitio en que están parados se echa arena en los raíles, delante de las ruedas motrices, con un dispositivo especial. En los ferrocarriles primitivos las ruedas y los raíles tenían dientes, para que al engranar pudieran empujar las ruedas y recibir a su vez el empuje de los raíles. Los barcos reciben el empuje necesario para avanzar apoyando las palas de sus hélices en el agua. Los aviones hacen lo mismo, pero apoyándolas en el aire. Es decir, cualquiera que sea el medio en que se mueve un objeto, se apoya en él para moverse. Pero, ¿puede un cuerpo moverse si carece de todo apoyo fuera de sí?

Pretender conseguir este movimiento parece algo así como querer levantarse a sí mismo tirándose de los pelos. No obstante, que sepamos, esto último sólo pudo realizarlo el

fabuloso barón Münchhausen. Y sin embargo este tipo de movimiento, al parecer imposible, se produce frecuentemente ante nuestros ojos. Es ver dad que un cuerpo, con sólo sus fuerzas internas, no puede ponerse totalmente a sí mismo en movimiento, pero puede hacer que una parte de su materia se mueva en un sentido y la restante en el opuesto. Cuántas veces hemos visto volar cohetes. Pero, ¿por qué vuelan? Los cohetes son un ejemplo gráfico del tipo de movimiento que ahora nos interesa.

[Volver al Inicio](#)

¿Por qué Vuelan los Cohetes?

Incluso entre personas que han estudiado Física es frecuente oír explicaciones completamente falsas del vuelo de los cohetes, como ésta, por ejemplo: vuelan porque los gases que se forman dentro de ellos al quemarse la pólvora empujan al aire.

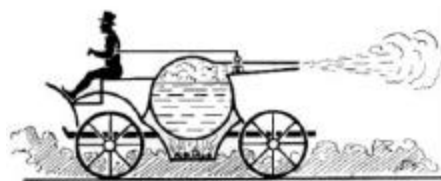
Fig. 8. La máquina (turbina) de vapor más antigua, llamada "eolípila", que se atribuye a Herón de Alejandría.



Así se pensaba antiguamente (los cohetes son un invento antiquísimo) y hasta ahora hay muchos que siguen pensando igual. Pero si un cohete se lanza en el vacío volará aún más de prisa que en el aire. La causa verdadera del movimiento de los cohetes es otra totalmente distinta. El revolucionario ruso Kibalchich describió esta causa con mucha claridad y sencillez en unas notas escritas antes de ser ejecutado, en las cuales daba a conocer una máquina volante inventada por él. He aquí cómo explicaba Kibalchich la forma y manera de funcionar del motor cohete que debía servir de propulsión al aparato, capaz de transportar pasajeros y carga:

"Dentro de un cilindro de hojalata, cerrado por una de sus bases y abierto por la otra, se coloca una carga cilíndrica de pólvora prensada en cuya parte central, a lo largo de su eje, hay un canal hueco. La combustión de la pólvora comienza por la superficie de este canal y se propaga durante un tiempo determinado, hasta que llega a la superficie exterior de la pólvora prensada. Los gases producidos por la combustión presionan en todas las direcciones; pero mientras las presiones laterales de estos gases se equilibran entre sí, la presión sobre el fondo de la envoltura de hojalata en que se encuentra la pólvora no tiene presión contraria que la equilibre (puesto que por este lado los gases pueden salir libremente) y empuja al cohete hacia adelante, en la dirección en que éste se colocó en el banco de lanzamiento antes del encendido".

Fig. 9. Automóvil de vapor, que se atribuye a Newton.



Aquí ocurre lo mismo que cuando dispara un cañón: el proyectil sale disparado hacia adelante, mientras que el cañón sufre un empuje hacia atrás. Este es el conocido retroceso o "culatazo" de las escopetas y de todas las armas de fuego. Si el cañón estuviera colgado en

el aire, sin apoyarse en el suelo, después del disparo se movería hacia atrás con cierta velocidad, que sería tantas veces menor que la del proyectil como la masa de este último es menor que la del cañón. Julio Verne, en su novela fantástica "Boca Abajo", cuenta cómo los norteamericanos proyectaron aprovechar la fuerza del retroceso de un cañón colosal para realizar una empresa grandiosa, la de "enderezar el eje de la Tierra".

Un cohete también es un cañón, con la única diferencia de que en vez de proyectiles lanza los gases de la combustión de la pólvora. Este mismo principio es el que se aplica en la "rueda china" o rueda de los fuegos artificiales, en la cual, cuando arde la pólvora contenida en unos tubos sujetos a la rueda, los gases escapan hacia atrás y los tubos (junto con la rueda) se mueven hacia adelante. En realidad esto no es más que una variante del aparato físico que todos conocen con el nombre de rueda de Segner.

Es interesante señalar que antes de la invención del barco de vapor existió un proyecto de barco mecánico basado en el principio de la reacción. Según este proyecto el barco estaría provisto de una potente bomba impelente que expulsaría el agua por la popa, como resultado de lo cual el barco debería moverse hacia adelante, lo mismo que las latas flotantes que en los gabinetes de Física de las escuelas sirven para demostrar este principio. El proyecto no llegó a realizarse, pero desempeñó un papel importante en la invención del barco de vapor, puesto que sugirió esta idea a Fulton.

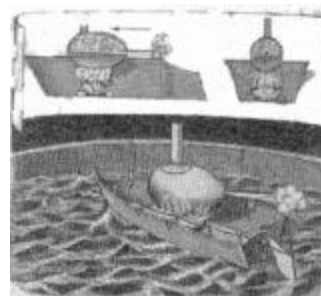
También sabemos que la máquina de vapor más antigua, es decir, la eolípila de Herón de Alejandría, construida en el siglo II, funcionaba por el mismo principio, es decir, el vapor de una caldera (fig. 8) llegaba a una esfera hueca, sujeta a un eje horizontal, y desde ella salía por unos tubos acodados, con lo cual empujaba a estos tubos en sentido contrario y la esfera comenzaba a girar. La turbina de vapor de Herón no sirvió en la antigüedad más que como juguete ingenioso, ya que el trabajo de los esclavos era tan barato que nadie se preocupó de encontrarle una aplicación práctica a la máquina. Pero el principio en que se funda no fue olvidado por la técnica. En nuestros días este principio se utiliza en las turbinas a reacción.

A Newton, autor de la ley de la acción y reacción, se le atribuye uno de los proyectos más antiguos de automóvil de vapor (fig. 9). Este automóvil debía constar de una caldera, montada sobre ruedas, de la que el vapor salía por una tobera posterior, mientras que la propia caldera, debido a la fuerza de retroceso, avanzaba sobre las ruedas en sentido contrario.

Los automóviles cohete son una variante moderna del carro de Newton.

A continuación ofrecemos a los aficionados a construir modelos el dibujo de un barquito de papel muy parecido al carricoche de Newton. En la caldera del barquito, que se hace con un cascarón de huevo vacío, se calienta agua. Para esto se emplea un trozo de algodón empapado en alcohol que se coloca en un dedal. El vapor que se forma sale por el agujero de la base del huevo, hacia atrás, y hace que el barquito se mueva hacia adelante.

Fig. 10. Barquito de papel con "caldera de vapor". La caldera es el cascarón de un huevo vacío. Para calentarla se emplea un trocito de algodón empapado en alcohol que se coloca en un dedal. El vapor que sale por el orificio de la "caldera" hace que el barquito se mueva en sentido contrario.

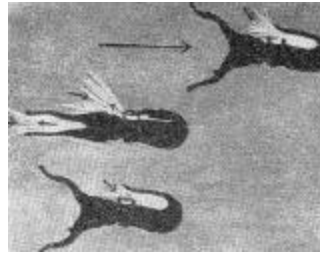


[Volver al Inicio](#)

¿Como se Mueve la Jibia?

Quizá parezca extraño oír que hay muchos animales para los que el presunto "levantarse a sí mismos tirándose de los pelos" es el procedimiento ordinario de trasladarse en el agua.

Fig. 11. Así nada la jibia



La jibia, lo mismo que la mayoría de los moluscos cefalópodos, se mueve en el agua de la forma siguiente: el agua entra en su cavidad bronquial, a través de una abertura lateral y de un embudo especial que tienen en la parte delantera del cuerpo, y después es expulsada enérgicamente, en forma de chorro, a través de este mismo embudo (sifón). Al ocurrir esto, debido a la ley de la reacción, el animal recibe un empuje en sentido contrario que es suficiente para que pueda "nadar" bastante de prisa hacia atrás, es decir, con la parte posterior del cuerpo hacia adelante. La jibia puede también dirigir el sifón hacia un lado o hacia atrás, en cuyo caso, al expeler rápidamente el agua, se mueve en cualquier dirección. En esto mismo se basa el movimiento de las medusas. Estas últimas contraen sus músculos y de esta forma expulsan de su cuerpo acampanado el agua, con lo que reciben el empuje en dirección contraria. Procedimientos análogos emplean para trasladarse las salpas, las larvas de las libélulas (caballitos del diablo) y otros animales acuáticos.

¡Y nosotros dudábamos de que fuera posible moverse así!

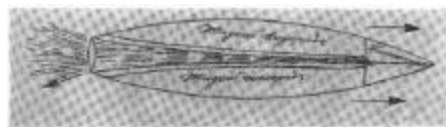
[Volver al Inicio](#)

En Cohete Hacia las Estrellas

¿Qué puede haber más seductor que salir de nuestro planeta y viajar por la inmensidad del universo, desde la Tierra a la Luna, desde un planeta a otro? ¡Cuántas novelas fantásticas se han escrito sobre este tema! ¡Quién de nosotros no ha sentido la atracción de un viaje imaginario por los astros! Voltaire en "Mieromegas", Julio Verne en "De la Tierra a la Luna" y "Hector Servadac", Wells en "Los primeros hombres en la Luna", como muchos de sus imitadores, realizaron viajes interesantísimos por otros planetas, aunque, claro está, en sueños. En realidad, por ahora seguimos siendo prisioneros de la Tierra.

Pero, ¿es verdaderamente imposible llevar a la práctica esta ilusión tan antigua? Todos estos proyectos, tan ingeniosa y seductoramente descritos como si fueran verdaderos, ¿son irrealizables?

Fig. 12 Proyecto de cohete interplanetario. Dibujo de K.E. Tsiolkovski (1903).



Más adelante volveremos a hablar de proyectos fantásticos de viajes interplanetarios; pero ahora queremos dar a conocer al lector un proyecto real de viajes de este tipo, propuesto por vez primera por el fundador de la cosmonáutica (o astronáutica) K.E. Tsiolkovski. ¿Se puede llegar a la Luna en un avión? Claro que no. Los aviones y los dirigibles se mueven porque repelen el aire en que se apoyan, pero entre la Tierra y la Luna no hay aire. El espacio universal carece en general de un medio suficientemente denso en que pueda apoyarse un "dirigible interplanetario". Por consiguiente, hay que inventar un aparato capaz de moverse y ser dirigido sin apoyarse en nada.

Nosotros ya conocemos proyectiles de este tipo en forma de juguetes, es decir, los clásicos cohetes. ¿Por qué no construir un cohete grandioso, con departamentos especiales para poder transportar pasajeros, reservas de comestibles, balones de aire, etc.? Imaginémonos que los tripulantes del cohete llevan consigo una gran cantidad de combustible y que pueden dirigir el chorro de los gases de explosión en cualquier sentido. Tendremos una verdadera nave espacial dirigible, capaz de navegar por el inmenso océano del Universo y de llevarnos a la Luna, a los planetas, ... Los tripulantes, controlando las explosiones, podrán aumentar la velocidad de este dirigible interplanetario de manera paulatina, para que este aumento no sea perjudicial para el organismo humano. Si quieren bajar a algún planeta podrán orientar su nave, disminuir poco a poco su velocidad y de esta forma suavizar la caída. Finalmente, los tripulantes podrán por un procedimiento análogo regresar a la Tierra.

Recordemos cómo hace relativamente poco la aviación conseguía sus primeros éxitos. Ahora los aviones cruzan las zonas más altas de la atmósfera y sobrevuelan montañas, desiertos, continentes y océanos.

Es posible que la astronáutica experimente un florecimiento semejante dentro de dos o tres decenas de años. Entonces el hombre romperá las cadenas invisibles que le sujetan a su planeta natal y se lanzará al espacio sin límites del Universo (el 2 de enero de 1959 el primer cohete cósmico soviético abandonó la Tierra. Tras él, en septiembre y octubre de 1959, otras dos naves espaciales se dirigieron a la Luna, la primera "alunizó" felizmente y la segunda fotografió la parte de la Luna invisible desde la Tierra. El camino del cosmos quedó abierto para el hombre. N. de la R.).

[Volver al Inicio](#)