

EL MOVIMIENTO A LO LARGO DE LA HISTORIA

ARISTOTELES-GALILEO-NEWTON

OBJETIVOS: Analizar

- a) Las explicaciones formuladas sobre el movimiento de los cuerpos a lo largo del tiempo.
- b) La evolución del conocimiento científico sobre este tema.
- c) El movimiento de un cuerpo en caída libre.

Introducción

La explicación del movimiento de los cuerpos fue cambiando en la historia junto con la forma de interpretar otros fenómenos del universo. Las investigaciones de Aristóteles determinaron durante siglos la forma de ver el mundo. A tal punto, que hasta mediados del

siglo XVI, resultaba inaceptable pensar que la Tierra se movía y que el Sol no giraba a su alrededor. El atrevimiento de Copérnico, de afirmar su teoría heliocéntrica refutando la concepción vigente hasta ese momento, le dio lugar a Galileo para desarrollar sus ideas. Fue este último quien halló la manera de explicar cómo se mueven los cuerpos independientemente de su naturaleza, incorporando el concepto de vacío y el de aceleración de la gravedad.

La física de Aristóteles está dedicada fundamentalmente al estudio de las causas eficientes y su relación con el movimiento, y es de carácter intuitivo más que experimental. Se desarrolla sobre la base de cuatro principios:

1. Negación del vacío: la existencia de espacios vacíos supondría velocidad infinita por ser ésta inversamente proporcional a la resistencia del medio. Dentro del esquema aristotélico no resultaba admisible la existencia de un móvil con esa propiedad.
2. Existencia de una causa eficiente en todo cambio: La causa eficiente se localizaba en la tendencia generalizada al "propio lugar", que no es sino la inclinación que todo cuerpo posee a ocupar el lugar que le corresponde por su propia naturaleza. Esta propensión al "propio lugar" ha sido interpretada, a veces, como una energía potencial introducida de forma rudimentaria; en otras, se ha visto como la primera insinuación de un modelo de acción a distancia, que sería la ejercida por la Tierra sobre los demás cuerpos.
3. Principio de la acción por contacto: En todos los movimientos, excepto en los naturales, debe existir como causa eficiente un agente en contacto con el objeto móvil. Se tomaba como resultado experimental, aunque aparecían dificultades concretas a la hora de explicar los movimientos de proyectiles, el magnetismo y las mareas. En los tres casos, el agente parecía operar a través de la continuidad del medio.
4. Existencia de un primer agente inmóvil: Carece de interés para el problema de las interacciones.¹

Para Aristóteles existían dos tipos de movimientos: el movimiento natural y el movimiento violento.

I.D.A.L. Nocturno

El movimiento natural podía ser hacia arriba o hacia abajo en la Tierra, en donde los cuerpos pesados (como una piedra) tendían naturalmente a ir hacia abajo, y los cuerpos livianos (como el humo) tendían naturalmente a ir hacia arriba. Esto ocurría así porque los objetos buscaban sus lugares naturales de reposo y, por ser movimientos naturales, no estaban provocados por ninguna fuerza.

El movimiento violento era un movimiento impuesto, originado por la acción de fuerzas que actuaban sobre un cuerpo: tiraban o empujaban. Los cuerpos en su estado natural de reposo no podían moverse por sí mismos, sino que era necesario aplicarles una fuerza (empujarlos o tirarlos) para que se muevan.

Durante dos siglos la idea de que la Tierra estaba en su lugar natural de reposo fue muy aceptada y, ya que ponerla en movimiento requería de una enorme fuerza, lo más lógico era pensar que la Tierra no se movía, sino que el resto del universo se movía alrededor de ella. De esta manera, el Sol era el que giraba alrededor de la Tierra.

En plena edad media un astrónomo, Copérnico, se atrevió a decir que la idea antropocéntrica de Aristóteles no era correcta, sino que era la Tierra la que giraba alrededor del sol.

En el siglo XVI, Galileo fue el primero en adoptar las locas ideas de Copérnico. Demostró que la idea de que la Tierra gira alrededor del sol era razonable y que no se requería de una enorme fuerza para mantenerla en movimiento. Lo importante era saber cómo se movían los cuerpos, no por qué se movían.

Cuando dos cuerpos resbalan uno sobre el otro, actúa una fuerza denominada fricción, la cual se debe a las irregularidades de las superficies de los cuerpos que se deslizan. Si esta fuerza no existiera, los cuerpos estarían en continuo movimiento. Galileo demostró que solamente cuando hay fricción se necesita de una fuerza para mantener a un cuerpo en movimiento, y estableció que todo cuerpo material presentaba resistencia a cambiar su estado de movimiento, siendo esta resistencia la inercia.

Este concepto de inercia se contraponía con la idea de movimiento de Aristóteles. Para mantener a la Tierra moviéndose alrededor del sol es necesaria una fuerza (gravitación), no es

necesaria ninguna fuerza extra para que conserve su movimiento, ya que en el espacio del sistema solar no hay fricción porque hay vacío.²

En el caso de un cuerpo que se mueva en caída libre con un movimiento rectilíneo, para Galileo la aceleración de ese cuerpo no dependía de la masa del mismo, y esta idea constituía un cambio de paradigma en el mundo de la física, por oponerse a la idea de Aristóteles.

La mecánica de Newton describe cómo las fuerzas producen movimiento:

1. La proporcionalidad entre la intensidad de la fuerza y la aceleración (segunda ley).
2. La ley de inercia (primera ley) por la cual un cuerpo se mantiene en su estado de movimiento si no actúan fuerzas sobre el mismo.
3. El principio de acción y reacción (tercera ley), por el que la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un segundo cuerpo es igual y de sentido contrario al que ejerce el segundo sobre el primero.

La teoría de la gravitación estudia la naturaleza de las fuerzas asociadas con los corpúsculos, son fuerzas atractivas y centrales, es decir, actúan según la recta que determinan sus respectivos centros. Newton estableció la variación cuantitativa de esta fuerza: resultaba ser directamente proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa los centros de los cuerpos.¹

I.D.A.L. Nocturno

Otra vez el movimiento de la Tierra

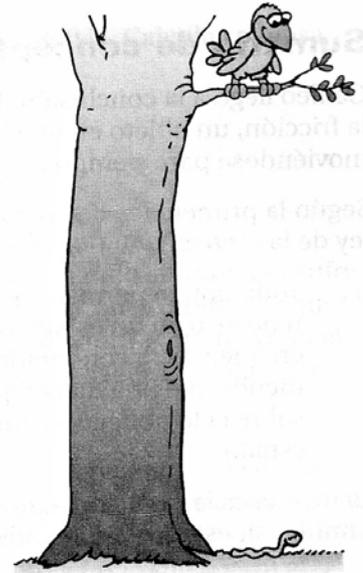
En el siglo XVI Copérnico proclamó la noción de que la Tierra se mueve. Esta controvertida idea originó muchos alegatos y debates. Uno de los argumentos en contra del movimiento del planeta era el siguiente. Considera un pájaro que está posado en la copa de un árbol alto. Abajo, en el suelo, está un gusano gordo y jugoso. El ave observa el gusano, se deja caer verticalmente y lo atrapa. Se alegaba que esto no sería posible si la Tierra se movía como Copérnico había sugerido. Si Copérnico estuviese en lo cierto, la Tierra tendría que desplazarse con una rapidez de 107 000 km/h para dar la vuelta al Sol en un año. Si conviertes esta rapidez a kilómetros por segundo, obtendrás 30 km/s. Aunque el pájaro pudiera descender desde su rama en un segundo, el gusano habría sido acarreado una distancia de 30 kilómetros por la Tierra en movimiento. Para el pájaro sería imposible atrapar el gusano en estas circunstancias. El hecho de que los pájaros atrapan gusanos desde las ramas altas de los árboles parecía ser una clara prueba de que la Tierra estaba en reposo.

¿Puedes rebatir este argumento? Sí, si utilizas la idea de la inercia. Sucede que no sólo la Tierra se mueve a 30 km/s, también lo hacen el árbol, la rama del árbol, el pájaro posado en ella, el gusano que está en el suelo e incluso el aire que los separa. Todos se mueven a 30 km/s. Las cosas en movimiento continúan en movimiento si no actúan sobre ellas fuerzas no equilibradas. De modo que, cuando el pájaro se deja caer de la rama, su movimiento lateral inicial a 30 km/s no cambia. El ave atrapa el gusano y no le afecta en absoluto el movimiento de su entorno total.

Ponte de pie ante un muro y salta de modo que tus pies dejen de tocar el suelo. ¿Choca contra ti la pared que viaja a 30 km/s? ¿Por qué no? Porque tú viajas también a 30 km/s antes, durante y después de tu salto. Los 30 km/s son la rapidez de la Tierra respecto al Sol, no la rapidez del muro en relación contigo.

Hace cuatrocientos años estas ideas presentaban dificultades para las personas de la época no sólo porque no reconocían el concepto de inercia, sino además porque no estaban acostumbradas a viajar en vehículos de alta velocidad. Los viajes lentos y accidentados, en carretas tiradas por caballos, no se prestan para realizar experimentos capaces de poner de manifiesto la inercia. Hoy en día lanzamos al aire una moneda en un automóvil, un autobús o un avión que se desplaza a gran velocidad y atrapamos la moneda que se mueve verticalmente como lo haríamos si el vehículo estuviera en reposo. Vemos confirmada la ley de la inercia en el hecho de que el movimiento horizontal de la moneda antes de arrojarla, mientras está en el aire y después de atraparla permanece invariable. La moneda viaja con nosotros. La fuerza vertical de la gravedad afecta sólo el movimiento vertical de la moneda.

Nuestras ideas actuales respecto al movimiento son muy distintas de las de nuestros antepasados lejanos. Aristóteles no reconoció el concepto de inercia porque no percibió que todas las cosas en movimiento siguen las mismas reglas. Este filósofo imaginó reglas diferentes para el movimiento en los cielos y para el movimiento en la Tierra, y consideró que el movimiento horizontal era "no natural" y requería una fuerza sostenida. Galileo y Newton, en cambio, comprendieron que todas las cosas en movimiento siguen las mismas reglas. Para ellos, los cuerpos que se mueven *no* necesitan una fuerza para conservar su movimiento si no existe fricción. No podemos sino preguntarnos cuán distinto habría sido el avance de la ciencia si Aristóteles hubiese reconocido la unidad de todos los tipos de movimiento y el efecto de la fricción en el mismo.



¿Es necesario que la Tierra esté en reposo para que el pájaro pueda atrapar el gusano?



Lanza una moneda al aire en un avión que vuela a gran velocidad y verás que se comporta como si el avión estuviera en reposo. La moneda viaja contigo: ¡es la inercia en acción!