



Guía de Auto aprendizaje "Introducción al estudio del movimiento" Física – 4° Medio	
Nombre:	Curso:
Explicar, por medio de investigaciones experimentales, los efectos que tiene una fuerza neta sobre un objeto, utilizando las leyes de Newton y el diagrama de cuerpo libre.	En esta guía desarrollarás las siguientes habilidades: comprensión, aplicación.
El propósito de esta guía es describir el desarrollo histórico del concepto de movimiento.	

**Descripción:**

El documento que se presenta a continuación es una guía de auto aprendizaje que se subdivide de la siguiente manera:

1. Contenidos y preguntas resueltas.
2. Preguntas de repaso.
3. Solucionario
4. Autoevaluación

Gran parte de la guía es un extracto del texto Física Conceptual de Paul Hewitt. El cual puede ser descargado íntegro en el siguiente link:

<https://es.pdfdrive.com/fisica-conceptual-10ma-edicion-paul-g-hewitt-e39325019.html>

Espero que sea útil, si tienen dudas me pueden contactar a través de mi correo institucional [marcelo.rojas@liceoisauradinator.cl](mailto:marcelo.rojas@liceoisauradinator.cl).

Esta es una guía "selfstanding" es decir que contiene toda la información y actividades para lograr el objetivo de aprendizaje, sin embargo, también podrá encontrar en la plataforma moodle videos complementarios.

Resistan, sean fuertes, manténganse fieles a sus principios.  
Atentamente, su profesor Marcelo Rojas.



## Palabras previas

En la presente guía encontraras una breve descripción del desarrollo histórico de las ideas concernientes al movimiento, es importante tener presente que muchas de estas ideas, en especial las de Aristóteles, nos parecen hoy en día absurdas o risibles, sin embargo, se presentan con la intención de que reconozcamos que el desarrollo de la ciencia se produce gracias al aporte de muchas personas y que muchas veces este ocurre lentamente y con muchos “pasos en falso” en el camino. Para dar un mayor significado a la guía te invito a que la leas teniendo presente las siguientes afirmaciones sobre la naturaleza de la ciencia

- a) El conocimiento científico está sujeto a permanente revisión y a eventuales modificaciones de acuerdo a la evidencia disponible.
- b) El conocimiento científico es una construcción humana no exenta de limitaciones.
- c) El conocimiento científico se construye paulatinamente mediante procedimientos replicables.
- d) La ciencia es una construcción humana, por lo tanto está expuesta a intereses y diversos filtros culturales que existen donde se desarrolla.

## El movimiento según Aristóteles

Aristóteles dividió el movimiento en dos clases principales: el movimiento natural y el movimiento violento. Veremos cada uno en forma breve, no como material de estudio, sino tan sólo como antecedente de las ideas actuales acerca del movimiento.

Aristóteles aseguraba que el movimiento natural surge a partir de la “naturaleza” de un objeto, dependiendo de qué combinación tenía de los cuatro elementos que formaban al objeto (tierra, agua, aire y fuego). Consideraba que todo objeto en el universo tiene un lugar propio determinado por esa “naturaleza”, y cualquier objeto que no está en su lugar propio “se esforzará” por alcanzarlo. Al estar en la Tierra, un terrón de arcilla no soportado cae al suelo; al estar en el aire, una bocanada de humo no restringida se eleva; como una mezcla de tierra y aire, pero principalmente de tierra, una pluma cae al suelo, pero no con tanta rapidez como un terrón de arcilla. Afirmaba que los objetos más pesados opondrían resistencia con más fuerza. Por consiguiente, decía, los objetos deben caer a rapidezces proporcionales a sus pesos: cuanto más pesado sea un objeto, más rápido debería caer. El movimiento natural podía ser directo hacia arriba o directo hacia abajo, como en el caso de todas las cosas sobre la Tierra; o podía ser circular, como en el caso de los objetos celestes. A diferencia del movimiento hacia arriba o hacia abajo, el movimiento circular no tiene principio ni fin, y se repite sin desviarse.

Aristóteles creía que en los cielos rigen reglas distintas, y aseguró que los cuerpos celestes son esferas perfectas hechas de una sustancia perfecta e inmutable, a la cual llamó *quintaesencia*. (El único objeto celeste con variación discernible en su superficie era la Luna. Los cristianos medievales, todavía bajo la influencia de las enseñanzas de Aristóteles explicaban esto diciendo que debido a la proximidad de la Luna, está algo contaminada por la corrompida Tierra.

El movimiento violento, la otra clase de movimiento de Aristóteles, se debía a fuerzas de empuje o tracción. El movimiento violento es impuesto. Un individuo que empuja un carrito o levanta un peso impone movimiento, al igual que quien lanza una piedra o gana en una competencia de tirar de una cuerda. El viento impone movimiento a los navíos. Las inundaciones imponen movimiento a los pedruscos y a los troncos de los árboles. Lo esencial acerca del movimiento violento es que es causado externamente y se imparte a los objetos. No se mueven por sí mismos ni por su “naturaleza”, sino gracias a empujes o tirones (tracciones).



El concepto del movimiento violento tiene sus dificultades, ya que los empujes o los tirones no siempre son evidentes. Por ejemplo, la cuerda de un arco mueve la flecha hasta que ésta sale del arco; después, para seguir explicando el movimiento de la flecha se requiere que haya otro agente de empuje. De manera que Aristóteles imaginaba que la brecha en el aire originada por el movimiento de la flecha causaba un efecto de apriete en la parte trasera de la flecha, a medida que el aire regresaba para evitar que se formara el vacío. La flecha se impulsaba por el aire como cuando una barra de jabón se impulsa en la tina de baño cuando se aprieta uno de sus lados. En resumen, Aristóteles enseñaba que todos los movimientos se debían a la naturaleza del objeto en movimiento, o a un empuje o tracción sostenidos. Siempre que un objeto está en su lugar propio no se moverá, a menos que se le someta a una fuerza. A excepción de los objetos celestes, el estado normal es el de reposo.

Las afirmaciones de Aristóteles acerca del movimiento fueron el comienzo del pensamiento científico, y aunque él no creía que fueran definitivas acerca del tema, durante casi 2,000 años sus seguidores consideraron sus ideas como fuera de toda duda. La noción de que el estado normal de los objetos es el de reposo estaba implícita en el pensamiento antiguo, el medieval y el de principios del Renacimiento, y por tanto era evidente para la mayoría de los pensadores hasta el siglo XVI que la Tierra debe estar en su lugar propio, y como es inconcebible que haya una fuerza capaz de moverla, resultaba bastante claro que la Tierra no se movía.

---

## EXAMÍNATE

¿No es sentido común imaginar que la Tierra está en su lugar propio y que es inconcebible que haya una fuerza que la mueva, como afirmaba Aristóteles, y que la Tierra está en reposo en este Universo?

---

Las ideas de Aristóteles eran lógicas y consistentes con las observaciones cotidianas. Entonces, a menos que te familiarices con la física que presentamos en este libro, las ideas de Aristóteles acerca del movimiento sí tienen sentido común. Sin embargo, a medida de que adquieras más información acerca de las reglas de la naturaleza, es probable que prograses tu sentido común más allá del pensamiento aristotélico.

## COMPRUEBA TU RESPUESTA

---

### Copérnico y la Tierra en movimiento

El pensamiento de Aristóteles imperó casi sin ser cuestionado por más de mil años hasta la llegada del intelectual Nicolás Copérnico (1473-1543), astrónomo polaco, formuló su teoría sobre el movimiento de la Tierra. Dedujo que la forma más sencilla de explicar los movimientos observados del Sol, la Luna y los planetas por el cielo es suponiendo que la Tierra y otros planetas describen círculos alrededor del Sol. Durante años desarrolló sus ideas sin hacerlas públicas, por dos razones fundamentales. La primera fue que tenía miedo de ser perseguido; una teoría tan distinta de la opinión común con seguridad se tomaría como un ataque al orden establecido. La segunda razón fue que él mismo tenía serias dudas, porque no podía reconciliar la idea de una Tierra en

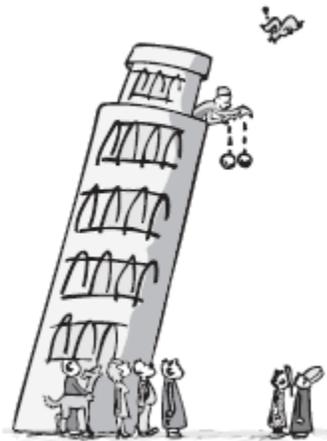


movimiento con las ideas que prevalecían acerca del movimiento. Finalmente, en los últimos días de su vida, y por la insistencia de sus amigos más íntimos, mandó a la imprenta su *De Revolutionibus*. El primer ejemplar de su famosa exposición llegó a él el día de su muerte: el 24 de mayo de 1543. La reacción de la Iglesia medieval contra la idea de que la Tierra viaja alrededor del Sol fue la persecución, la censura y el asesinato (con razón Copérnico tenía temor de publicar sus descubrimientos). Como las ideas de Aristóteles se habían integrado de manera tan formidable a la doctrina de la Iglesia, contradecirlas era cuestionar a la Iglesia misma. Para muchos dignatarios del clero la idea de una Tierra en movimiento no sólo amenazaba su autoridad, sino también las bases mismas de la fe y de la civilización. Para bien o para mal, esta nueva idea iba a derrumbar su concepción del Cosmos, aunque a final de cuentas la Iglesia la adoptó.

## Galileo y la Torre Inclinada

Fue Galileo, el principal científico de principios del siglo XVII, quien dio crédito a la idea de Copérnico de una Tierra en movimiento. Lo logró desacreditando las ideas aristotélicas sobre el movimiento. Aunque no fue el primero en señalar los problemas en las ideas de Aristóteles, sí fue el primero en ofrecer refutación contundente mediante la observación y el experimento.

Galileo demolió con facilidad la hipótesis de Aristóteles acerca de la caída de los cuerpos. Se dice que Galileo dejó caer objetos de varios pesos desde lo más alto de la Torre Inclinada de Pisa, y luego comparó las caídas. Al contrario de la aseveración de Aristóteles, Galileo encontró que una piedra con el doble de peso que otra no caía con el doble de rapidez. A excepción del pequeño efecto de la resistencia del aire, encontró que los objetos de distinto peso, cuando se sueltan al mismo tiempo, caían juntos y llegaban al suelo en el mismo momento. Se dice que en una ocasión Galileo reunió a un gran número de personas para que atestiguaran la caída de dos objetos de distinto peso que lanzaría desde lo alto de la torre. Dice la leyenda que muchos de quienes observaron que los objetos llegaban al suelo al mismo tiempo, se mofaron del joven Galileo y continuaron apegándose a las enseñanzas aristotélicas.

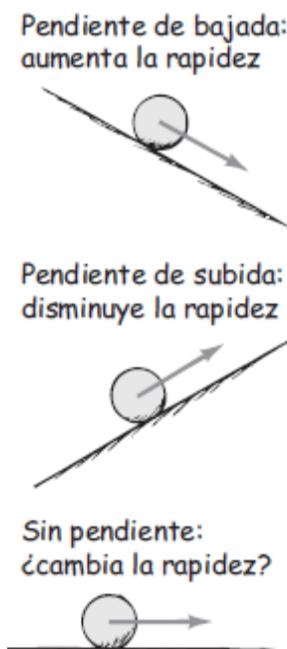




## Los planos inclinados de Galileo

Aristóteles era un observador astuto de la naturaleza, y estudió problemas de su entorno más que estudiar casos abstractos que no se presentaban en su ambiente.

El movimiento siempre implicaba un medio de resistencia, como el aire o el agua. Creía que es imposible el vacío y, en consecuencia, no dio gran importancia al movimiento en ausencia de un medio en interacción. Era básico para Aristóteles que un objeto requiere de un empuje o un tirón para mantenerse en movimiento. Y fue este principio básico el que rechazó Galileo al decir que si no hay interferencia para un objeto en movimiento, se mantendrá moviéndose en línea recta por siempre; no hace falta un empujón, ni tracción ni fuerza.



Galileo demostró esta hipótesis experimentando con el movimiento de varios objetos sobre planos inclinados. Observó que las esferas que ruedan cuesta abajo en planos inclinados aumentaban su rapidez, en tanto que las que rodaban cuesta arriba perdían rapidez. Dedujo entonces que las esferas que ruedan por un plano horizontal ni se aceleran ni se desaceleran. La esfera llega al reposo finalmente no por su "naturaleza", sino por la fricción. Esta idea estaba respaldada por la observación del Galileo mismo, del movimiento sobre superficies más lisas: cuando había menos fricción, el movimiento de los objetos duraba más: cuanto menos fricción, el movimiento se aproximaba más a una rapidez constante.

Dedujo que en ausencia de la fricción o de otras fuerzas contrarias, un objeto en movimiento horizontal continuaría moviéndose indefinidamente.

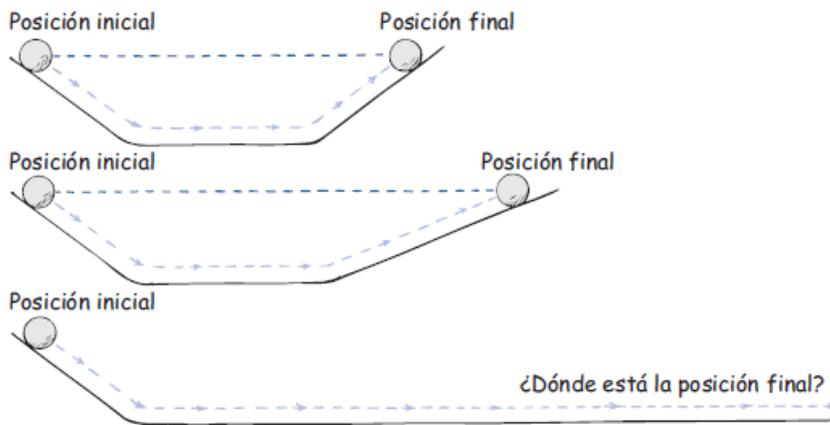
A esta aseveración la apoyaban un experimento distinto y otra línea de razonamiento.

Galileo colocó dos de sus planos inclinados uno frente a otro. Observó que una esfera, soltada desde el reposo en la parte superior de un plano inclinado hacia abajo, rodaba hacia abajo y después hacia arriba por la pendiente inclinada hacia arriba, hasta que casi llegaba a su altura



inicial. Dedujo que sólo la fricción evitaba que subiera hasta llegar exactamente a la misma altura, porque cuanto más lisos fueran los planos, la esfera llegaría más cerca a la misma altura original. A continuación redujo el ángulo del plano inclinado hacia arriba. De nuevo, la bola subió casi hasta la misma altura, pero tuvo que ir más lejos. Con reducciones adicionales del ángulo obtuvo resultados parecidos: para alcanzar la misma altura, la esfera tenía que llegar más lejos cada vez. Entonces se preguntó: “Si tengo un plano horizontal largo. ¿hasta dónde debe llegar la esfera para alcanzar la misma altura?” La respuesta obvia es “hasta el infinito: nunca llegará a su altura inicial”.

Galileo analizó lo anterior todavía de forma diferente. Como el movimiento de bajada de la esfera en el primer plano es igual en todos los casos, su rapidez, al comenzar a subir por el segundo plano es igual en todos los casos. Si sube por una pendiente más inclinada pierde su rapidez rápidamente. En una pendiente menos inclinada la pierde con más lentitud, y rueda durante mayor tiempo. Cuanto menor sea la pendiente de subida, con más lentitud pierde su rapidez. En el caso extremo donde no hay pendiente, es decir, cuando el plano es horizontal, la esfera no debería perder rapidez alguna. En ausencia de fuerzas de retardo, la tendencia de la esfera es a moverse por siempre sin desacelerarse. A la propiedad de un objeto de resistirse a los cambios en el movimiento la llamó inercia.



Una esfera que baja rodando por un plano inclinado (del lado izquierdo) tiende a subir rodando hasta su altura inicial (del lado derecho). La esfera debe rodar mayor distancia, conforme se reduce el ángulo de inclinación (del lado derecho).

El concepto de la inercia, debido a Galileo, desacreditó la teoría aristotélica del movimiento. Aristóteles no se dio cuenta del concepto de la inercia porque no se imaginó qué sería el movimiento sin fricción. Según su experiencia, todo movimiento estaba sometido a resistencia, y esta idea fue la piedra angular de su teoría de movimiento. La falla de Aristóteles en reconocer la fricción por lo que es, una fuerza como cualquier otra, impidió el progreso de la física durante casi 2,000 años, hasta la época de Galileo. Una aplicación del concepto de la inercia, según Galileo, hubiera demostrado que no se requiere fuerza alguna para mantener moviéndose a la Tierra. Se había abierto el camino para que Isaac Newton sintetizara una nueva visión del Universo.

En 1642, varios meses después de la muerte de Galileo, nació Isaac Newton.

A los 23 años ya había desarrollado sus famosas leyes del movimiento, que terminaron de demoler las ideas aristotélicas que habían dominado el razonamiento de los mejores pensadores durante casi dos milenios. En la próxima guía presentaremos las tres leyes de Newton sobre el movimiento que aparecieron por primera vez en uno de los libros más importantes de todos los tiempos: los *Principia* de Newton.)



## EXAMÍNATE

¿Es correcto decir que la inercia es la *razón* por la cual un objeto en movimiento continúa moviéndose cuando no hay fuerza que actúe sobre él?

En el sentido estricto, no. No conocemos la razón por la que los objetos persisten en su movimiento cuando no hay fuerzas que actúen sobre ellos. Se llama *inercia* a la propiedad de los objetos materiales de comportarse en esta forma predecible. Comprendemos muchas cosas y tenemos nombres y etiquetas para ellas. Hay muchas cosas que no comprendemos, y también les ponemos nombres y etiquetas. La educación no consiste tanto en conocer nombres y etiquetas nuevas, sino en aprender que fenómenos comprendemos y cuáles no.

## COMPRUEBA TU RESPUESTA

## Preguntas de repaso

### ***El movimiento, según Aristóteles***

1. Contrasta las ideas de Aristóteles acerca del movimiento natural y del movimiento violento.
2. ¿Qué clase de movimiento natural o violento, atribuía Aristóteles a la Luna?
3. ¿Qué estado de movimiento atribuía Aristóteles a la Tierra?

### ***Copérnico y la Tierra en movimiento***

4. ¿Qué relación estableció Copérnico entre el Sol y la Tierra?

### ***Galileo y la Torre inclinada***

5. ¿Qué descubrió Galileo en su legendario experimento en la Torre Inclinada de Pisa?

### ***Los planos inclinados de Galileo***

6. ¿Qué descubrió Galileo acerca de los cuerpos en movimiento y las fuerzas, en sus experimentos con planos inclinados?
7. ¿Qué quiere decir que un objeto en movimiento tiene inercia? Describe un ejemplo.
8. ¿La inercia es la razón de que los objetos en movimiento se mantengan en movimiento, o es el nombre que se da a esta propiedad?

## Solucionario

### ***El movimiento, según Aristóteles***

1. La principal diferencia entre estas dos categorías era la voluntad del hombre, en la primera categoría Aristóteles incluye a fenómenos que ocurren fuera de la influencia del hombre, en la segunda categoría están los fenómenos en donde el hombre ha tenido una injerencia directa y ha puesto su voluntad en ello.
2. La luna posee un movimiento natural pero que ha sido contaminado por la Tierra debido a su cercanía a esta.



3. La Tierra pertenece a la primera categoría de movimientos naturales, además Aristóteles indica que la Tierra está en su lugar natural y por tanto en reposo sobre este.

#### **Copérnico y la Tierra en movimiento**

4. Copérnico fue pionero en describir lo que en adelante sería conocido como el modelo heliocéntrico, es decir, reconoció que es la Tierra la que orbita en torno al Sol

#### **Galileo y la Torre inclinada**

5. Galileo demostró que todos los cuerpos caen con igual aceleración independientemente de la masa de estos, este descubrimiento es muy importante pues presenta una de las primeras evidencias en contra de las creencias aristotélicas

#### **Los planos inclinados de Galileo**

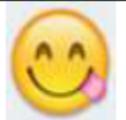
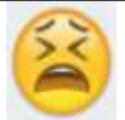
6. La principal conclusión obtenida por Galileo al estudiar los planos inclinados fue que en ausencia de intervención externa (fuerzas) el objeto podría tener un movimiento eterno, es decir permanecería en movimiento por siempre o hasta que una fuerza externa se aplicara sobre él para detenerlo.

7. Que posea inercia significa que el cuerpo tendera a mantener su estado de movimiento a menos que una fuerza actúe sobre él. Por ejemplo si pateamos un balón sobre una cancha de fútbol podemos observar que este se desplazara pero irá perdiendo velocidad debido a la fuerza que el césped aplica sobre el (fuerza de roce)

8. En términos rigurosos debemos indicar que Inercia es el nombre de la propiedad que posee un cuerpo de mantener su estado de movimiento.

## Autoevaluación

Te invito a realizar la siguiente autoevaluación, marcando la casilla que corresponda.

			
<b>Pude desarrollar la guía por completo</b>			
<b>Utilicé el solucionario para comprobar mis resultados</b>			
<b>Me sentí cómoda desarrollándola</b>			
<b>Siento que aprendí</b>			
<b>Soy capaz de explicar lo aprendido a otra persona</b>			

**Para pensar:** ¿qué podrías hacer para lograr todo lo anterior?