

El uso de la historia para mejorar la enseñanza de la física: las ideas científicas en la antigüedad y la edad media

The use of history to improve the teaching of physics. Scientific ideas in antiquity and the Middle Ages

Vicente Menéndez^{1*}

¹ Instituto Superior de Formación Docente 117. Tres de febrero 1810 CP 1646 San Fernando Pcia. de Bs. As.

*E-mail: titomenendez411@gmail.com

Resumen

El mundo que con sus sentidos observa el alumno es distinto al que se le enseña: la Tierra está quieta, los cuerpos al ser lanzados se detienen, un péndulo no oscila eternamente, etc. Es entonces que nos damos cuenta, como en su momento menciona Kuhn, los alumnos son "naturalmente" aristotélicos. Por ello creo, que es de utilidad para el profesor de física, comenzar por mostrar, una parte al menos, de las ideas físicas que se desarrollaron durante la antigüedad y la Edad Media, y usar ese hecho histórico, para a partir de aquí, acompañar al alumno a entender el nacimiento de la nueva física, como el paso de la intuición adolescente al racionalismo adulto¹. Es este el propósito fundamental del presente trabajo.

Palabras clave: Uso de la Historia; Física aristotélica; Física medieval.

Abstract

The world that the student observes with his senses is different from the one that is taught: the Earth is still, bodies when thrown stop, a pendulum does not swing eternally, etc. It is then that we realize, as Kuhn mentions at the time, the students are "naturally" Aristotelian. That is why I think it is useful for the professor of physics to begin by showing, at least, a part of the physical ideas that were developed during antiquity and the Middle Ages, and use that historical fact, from here, to accompany the student to understand the birth of the new physics, as the passage from adolescent intuition to adult rationalism. This is the fundamental purpose of this work.

Keywords: Use of History; Aristotelian physics; Medieval physics.

I. INTRODUCCIÓN

La física moderna se desarrolla entre los siglos XVI y XVII en la llamada Revolución científica, cuyo punto de partida es tratar de fundamentar la teoría copernicana de una Tierra en movimiento y de matematizar las leyes de la naturaleza. Fundamentalmente, Galileo, Kepler y Newton desarrollan ideas totalmente nuevas respecto de la cosmovisión de siglos anteriores. Este es generalmente, también, el punto de partida del docente de física en el nivel medio. Nociones

¹ Esta es la tesis central del libro Psicogénesis e Historia de la ciencia de Jean Piaget y Rolando García

como las leyes cinemáticas del movimiento, los principios de la dinámica, etc., son tratados como los pilares sobre los cuales se edifica la física. Pero como expresamos en el resumen, los docentes, en general, no hacen uso de las primeras ideas del mundo físico que tenían los antiguos, y con ello se pierde una oportunidad didáctica para introducir a los alumnos en el mundo de la física. Finalmente veremos unos pocos, pero esclarecedores casos, de como la construcción de la física moderna no ha sido una tarea solamente racional y cuya mención por parte del docente aporta un valor agregado a la enseñanza. El autor, en línea con lo dicho por E. Mach: *“La teoría científica solo puede comprenderse si se comprende su desarrollo histórico”* (Matthews, 2017) viene implementando, desde hace muchos años, esta estrategia didáctica, o sea, instalarse como aristotélico en las primeras clases de los cursos introductorios de física, con resultados ampliamente positivos. Veamos algunos ejemplos.

II. EL PERÍODO GRIEGO Y EL NACIMIENTO DE LA NOCIÓN DE “MODELO”

Muchos autores coinciden en denominar “milagro griego” a lo acontecido a partir del siglo VI a. C. en las colonias griegas del mar Egeo y en lo que es hoy Grecia continental. También se denomina “rompimiento del mito”, a esa particular cosmovisión, que tuvo lugar en ese tiempo y espacio en la historia de la humanidad. El ejemplo más claro es la explicación del origen de los terremotos, dada por Tales de Mileto: la Tierra, que es plana, está “flotando” sobre un inmenso océano, que normalmente está muy quieto. Cuando las aguas de ese “océano” se agitan, suceden los terremotos. Esta explicación, que a nosotros nos parece ingenua, resulta ser la primera en la historia de la humanidad, que explica un fenómeno natural, sin recurrir a ningún mito. Más aún, lo que hizo Tales, fue construir un “modelo” explicativo, dado que nadie puede observar dicho océano. Este ha sido el parto de la filosofía natural, que mucho más tarde se denominó ciencia. Se puede dar como ejemplo el modelo atómico de Bohr: nadie pudo ver un electrón girando alrededor de un núcleo, pero dicho modelo explica muchas observaciones y ha sido muy útil.

Lo dicho anteriormente constituye el primer paso que, a nuestro entender, debería dar el docente para introducir a los alumnos en la enseñanza de la ciencia: el nacimiento de la noción de modelo explicativo. Y luego, comenzar por explicar la naturaleza del mundo físico, desde la cosmovisión aristotélica.

III. ARISTÓTELES O LA FÍSICA DE LA INTUICIÓN Y “EL SENTIDO COMÚN”

Dice el historiador de la ciencia Bernard Cohen:

La física antigua es llamada a veces física del sentido común, pues es el tipo de ciencia en el que cree la mayoría de la gente y de acuerdo con la cual obra de manera intuitiva... Pero sobre todo es un tipo de física especialmente bien adaptada a los conceptos de una Tierra inmóvil. A veces se la menciona también como física aristotélica, pues su más grande representante en la antigüedad fue Aristóteles. (1970, pág. 24)

Es de importancia didáctica asumirse como aristotélico: si preguntamos ante cualquier auditorio, si el planeta Tierra se mueve, contestarán afirmativamente. Ahora, si preguntamos que nos den una prueba de dicho movimiento, seguramente quedarán perplejos, dado que nuestros sentidos indican lo contrario: observamos que el Sol, la Luna y los demás astros giran alrededor de nosotros. Más aún, seguimos diciendo que el Sol “sale” por el este y se pone por el oeste. Para reafirmar este concepto, es interesante hacer calcular a nuestros alumnos, la velocidad de rotación terrestre y también la de traslación en su órbita alrededor del Sol. Los valores son tan altos, que en principio pensarán que existe algún error. Este es el momento en que el docente debería indicar que la naturaleza se comporta en contra de nuestros sentidos. No olvidemos que no en vano pasaron casi 2000 años entre Aristóteles y Copérnico. Pero continuemos con nuestro aristotelismo: la siguiente afirmación será que, si arrojamus un cuerpo, este se detiene al poco tiempo, y cualquier experiencia que se haga lo ratificará. Es este el momento de introducir el Principio de inercia.

Es útil usar el llamado “argumento de la torre” aristotélico para demostrar la imposibilidad del movimiento terrestre: si la Tierra girase, y por supuesto la torre adherida a ella debe girar, la piedra en su caída deberá llegar al suelo por detrás del pie de la torre. Sin embargo, vemos que no es así. Conclusión: la Tierra no gira. Giordano Bruno fue el primero en decir que había arrojado desde lo alto del mástil de un velero en movimiento, una piedra y esta había caído al pie del mástil y no atrás de este, con lo cual destruyo el argumento de la torre, tan utilizado por los aristotélicos para rebatir la rotación terrestre. Y que Galileo pensó en un argumento de “inercia circular”: si se arrojase un cuerpo sobre la superficie de la Tierra, dicho cuerpo giraría permanentemente, sobre la superficie de la Tierra en caso de no haber rozamiento alguno. Al lanzar el cuerpo desde lo alto de la torre, este ya se encuentra en movimiento con la Tierra girando, y a medida que cae, sigue girando, ya que nada lo impide. Simplemente imaginando y sin hacer experiencia alguna, ya que hacer una experiencia que lo demuestre es imposible. Importante, además, es mencionar que

la inercia es condición necesaria pero no suficiente para demostrar la rotación terrestre: si una piedra cae desde lo alto de una torre, no debiese caer al pie de esta, si la Tierra rotase, según los aristotélicos. Como cae al pie de la misma, la Tierra no gira según la física aristotélica. Con la inercia, Galileo demuestra que la Tierra puede girar. El argumento es necesario, pero no suficiente: si la Tierra gira la piedra cae al pie, pero si no gira también. Esto lleva a Galileo a tratar de demostrar, con su fallida teoría de las mareas (que si explicará Newton más adelante) el giro terrestre. Además, la cuestión central para rebatir el copernicanismo, era más religiosa que física: no se podía aceptar una teoría que contrariase a los escritos bíblicos: en la Biblia se menciona explícitamente que Dios colocó al mundo, fijo. Consecuencia de ello es la muerte de Bruno en la hoguera y el juicio a Galileo. Es notable como poco se menciona el hecho, de que, si bien Galileo salvó su vida al abjurar de su copernicanismo, pasó el resto de sus días en prisión domiciliaria dada su avanzada edad. Entiendo que, sin mencionar estas cuestiones, se pierde una parte esencial de tan importante principio físico, y además la oportunidad de situar el nacimiento de la nueva física dentro del contexto posrenacentista europeo y citar que el principio de inercia intuido por Galileo y más tarde explicitado y definido por Descartes y Newton nace para justificar el movimiento terrestre; en definitiva, la nueva física nace a partir de una necesidad de la Astronomía. Prosiguiendo con nuestra “mente aristotélica” podemos citar como cierta la doctrina de los cuatro elementos (en este caso más útil para el docente de Química), o con la imposibilidad de la existencia del vacío, que como afirmaba Aristóteles, no puede existir lo que no es. Otra cuestión importante, antes de abordar el tema de la atracción gravitatoria, es plantarse nuevamente como aristotélico. La pregunta de por qué caen los cuerpos es siempre respondida de la misma manera: porque la Tierra los atrae. Pero si indicamos, tal como lo hacía Aristóteles, que es debido la tendencia de los cuerpos a ocupar el centro de la Tierra, se objetará que es una respuesta que no convence. Pero aquí encontramos una contrapregunta: porqué convence la hipotética “atracción” terrestre? Al explicar la famosa ley de atracción gravitatoria, es el momento de indicar que las leyes físicas nos dicen cómo actúa la naturaleza, pero no por qué lo hacen de esa manera.

IV. FÍSICA EN LA EDAD MEDIA

Una de las primeras objeciones a Aristóteles, es la cuestión de la caída de los cuerpos. Afirmaba en su Física que el cuerpo más pesado cae antes que otro menos pesado. Escribe a propósito de ello: *“Si un cuerpo dado, se mueve cierta distancia en cierto tiempo, un peso mayor se moverá igual distancia en un tiempo más breve, y la proporción entre ambos pesos, uno respecto del otro, la guardaran los tiempos uno respecto del otro”* (Boido, G. 1996).

Es por demás conocida la anécdota de Galileo arrojando cuerpos desde lo alto de la Torre de Pisa. Pero resulta conveniente esta anécdota para indicar que la intuición falla a menudo. Si bien la física aristotélica, que es conveniente llamarla ante el alumnado como la física de la intuición y “el sentido común”, prevaleció casi sin cambios durante los mil años de la llamada Edad Media, hubo algunas objeciones, que son interesantes. Ya en el siglo VI de nuestra era, el sabio alejandrino, Filopón refutó a través de la experiencia muchos argumentos físicos aristotélicos, como el de la caída de los cuerpos.

Para explicar por qué un cuerpo se sigue moviendo, luego que deja de actuar la fuerza que lo impulsó, plantea Aristóteles que el aire se “enrarece” alrededor del cuerpo y lo sigue empujando por algún tiempo. Esta explicación le resulta extraña a unos sabios parisinos del siglo XIV, Oresme y Buridán, quienes introducen la noción de “ímpetu”, la cual supone que la fuerza impulsora “transfiere” al cuerpo un ímpetu que lo mantiene en movimiento hasta que dicho ímpetu se acaba. Esta noción de ímpetu, que desplaza la idea aristotélica del enrarecimiento del aire, antes citado, es también intuitiva, pero mejora la idea anterior. Es importante observar que durante la Edad media se usaba el erróneo modelo planetario geocéntrico, que sin embargo sirvió, por ejemplo, para las navegaciones como las de Colón, en su descubrimiento del Nuevo mundo.

V. CUESTIONES HISTÓRICAS POCO MENCIONADAS, PERO DE RELEVANCIA

Haciendo uso de la historia, encontramos que, durante la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII, hubo factores extracientíficos que poco se mencionan y estimo importantes, para que el alumno pueda ver como la construcción de la ciencia moderna, no ha sido solo una empresa totalmente racional. Un caso ejemplificador es la tercera ley de Kepler, donde la cuestión mística de su autor jugó un papel determinante: como buen pitagórico, creía Kepler, que las leyes del universo debían obedecer a relaciones de números enteros y pequeños. Por prueba y error, durante muchos años probó relaciones, hasta finalmente encontrar su tercera ley. *“la tercera ley fue el fruto de pacientes y tenaces trabajos. Después de infinitas pruebas, cuando dio por fin con la proporción entre el cuadrado y el cubo...lo resolvió al cabo de veintidós años de trabajo”* (Koestler, A. 1963). Ley que hoy se enseña a partir de igualar la fuerza de atracción

gravitatoria con la fuerza centrípeta del movimiento circular, ecuaciones ambas, obtenidas posteriormente a la muerte de Kepler (la de fuerza gravitatoria de Newton y la de fuerza centrípeta obtenida por Huygens).

Otra cuestión interesante son los intereses religiosos y alquímicos de Newton, por demás conocidos, pero poco se los menciona. Más aún, la controversia entre el sabio inglés y Leibniz, por quien tuvo la primacía en el descubrimiento del cálculo infinitesimal, no fue la única, ya que hubo un importante debate epistolar entre Leibniz y un amanuense de Newton, el Dr. Clarke, sobre una cuestión teológica central: el tipo de Dios que gobierna el actuar del universo. Para Leibniz, Dios debe ser perfecto, por lo tanto, crea el mejor de los universos de una vez y para siempre, mientras que, para Newton, debe estar presente en el espacio. Dice Newton, “*el espacio es el órgano del que se sirve Dios para conocer las cosas*” (Rada, E. 1980) . Todas estas cuestiones hicieron decir al historiador de la ciencia Paolo Rossi: “*El Dios de Newton, forma parte de la física de Newton*” (Rossi, P. 1998).

VI. CONCLUSIONES

El presente trabajo es una breve descripción del uso que se le puede dar, a la historia de la física, para luego introducir a los alumnos en los conceptos que nacieron a partir de la Revolución científica de los siglos XVI y XVII. También es preciso indicar las razones por las cuales no se siguió desarrollando y perfeccionando, durante tanto tiempo la física aristotélica: según sostiene Sambursky, cuando escribe acerca de los límites de la ciencia griega, “*Son en verdad muy pocas las leyes cuantitativas que se formularon en todas las ramas de la física*” (Sambursky, 1999). O sea, debido a la no matematización de las leyes, cuestión central en la nueva física nacida en la Revolución científica de los siglos XVI y XVII. Pero aún en dicha revolución científica, dimos ejemplos que advierten a nuestros alumnos que la construcción de la ciencia no siempre ha sido una tarea racional y alejada de cuestiones metafísicas y religiosas. Lo dicho sobre la condena a Galileo y los pensamientos teológicos de Newton y místicos de Kepler es por demás elocuente.

Es por todo lo dicho anteriormente, que estimo de importancia, la incorporación, en los programas de física en la escuela media, de comenzar enseñando la física aristotélica, como punto inicial para introducir los conceptos de cinemática y dinámica. Sintetizando, podemos ver a través de los ejemplos citados, a la construcción del conocimiento del actuar del mundo físico, como una lucha contra nuestra intuición y nuestros sentidos. Y además presentar a la ciencia como un producto humano con sus aciertos y sus falencias y así dar un valor agregado a la enseñanza, que no será solamente para entender mejor algunos conceptos, sino también como aporte cultural. Será tarea del docente el investigar todas estas cuestiones tratadas aquí, para sin duda mejorar su enseñanza de la física, que se verá así, como una materia donde no solo hay fórmulas y problemas que resolver.

REFERENCIAS

Bernard Cohen, I. (1970). *El nacimiento de una nueva Física*. Buenos Aires: Eudeba.

Boido, G. (1996). *Noticias del planeta Tierra*. Buenos Aires: AZ.

Koestler, A. (1963). *Los sonámbulos*. Buenos Aires: Eudeba.

Matthews, M. (2017). *La enseñanza de la ciencia. Un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia*. México: F.C.E.

Piaget, J. y García, R. (1981). *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. México: Siglo XXI.

Rada, E. (1980). *La polémica Leibniz-Clarke*. Madrid: Taurus.

Rossi, P. (1998). *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*. Barcelona: Crítica.

Sambursky, S. (1999). *El mundo físico de los griegos*. Madrid: Alianza.