

Evolución del conocimiento de la mecánica y su relación con la enseñanza

RAMIRO RAMÍREZ RAMÍREZ

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

GUILLERMO BERNAZA RODRÍGUEZ

Ministerio de Educación Superior, Cuba

J. FIALLO

Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño, Cuba

1. Introducción

Durante los primeros siglos de la era cristiana hasta finales de la Edad Media, la enseñanza de la astronomía y la física al hombre occidental, estaba basada en el modelo unificador "aristotélico-ptolemaico". Ello pudo darse gracias a que, en dicho modelo, la teoría no contradecía los fines de la educación que se imponían por la época: los de la Iglesia Católica. Las dificultades presentadas en este acuerdo durante el medioevo, fueron superadas gracias a las reinterpretaciones hechas a las obras de Platón y Aristóteles por parte de los escolásticos de la época inspiradas, primero en San Agustín, y luego en Santo Tomás de Aquino. El conflicto que se presentó en el siglo XVII entre la enseñanza de la nueva astronomía y la nueva física con los mismos fines de la educación, tuvo que esperar hasta el siglo XVIII a que se decidiera en favor del estado la disputa con la iglesia por ejercer el derecho a la educación. Al librarse de la tutela eclesiástica estaban dadas todas las condiciones para que la enseñanza de la ciencia señalada se hiciera a partir del consolidado paradigma newtoniano basado en principios universales de la física y los fines de inspiración racionalista. Algunas dificultades que posteriormente se presentaron se debieron al fin utilitarista de marcado corte positivista reclamado por la naciente industria y como señala Avanzini (1998), otra dificultad aparece por la incapacidad por parte de los maestros de asimilar la nueva teoría. Ya ubicados en el siglo XX, el sitio que pasó a ocupar la mecánica newtoniana como caso particular de la mecánica relativista, empieza a ser presentado en forma didáctica en libros de texto escritos por autores norteamericanos y traducidos al español por editoriales que impulsan su utilización en universidades latinoamericanas. Como puede verificarse en libros conocidos y utilizados de autores como: Sears-Zemansky, Resnick-Holliday, Raymond Serway, la mecánica es presentada de acuerdo con una serie de divisiones entre las que se puede mencionar: a) física clásica y física moderna (relatividad y mecánica cuántica); b) la física clásica a su vez se divide en mecánica y electromagnetismo; c) la mecánica en particular se divide en cinemática, dinámica, leyes de Newton y principios de conservación, considerándose por separado el caso de una partícula y el de sistemas de partículas, sin que se aprecie una visión integradora de toda esta temática.

Revista Iberoamericana de Educación

ISSN: 1681-5653

n.º 44/4 – 10 de noviembre de 2007

EDITA: Organización de Estados Iberoamericanos
para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)



2. Intentos unificadores y su enseñanza

2.1. Desde la doctrina católica

Basados en las compilaciones de Avanzini (1998), se puede decir que desde la caída del imperio romano (durante los primeros siglos de la era cristiana) hasta el siglo XVIII, el derecho a enseñar por parte de la Iglesia Católica era incuestionable. Efectivamente, tal como lo señala este autor, la fuerte influencia en los inicios de la era cristiana, durante la Edad Media y el renacimiento del catolicismo en el sistema escolar, se materializó en la creación de escuelas episcopales, presbiterales y monásticas, dirigidas, inicialmente, a la formación de sacerdotes, monjes y frailes. Luego de darse apertura en estas instituciones a la población laica y después de su posterior saturación, se fundaron las escuelas externas abiertas a todos, reservando las anteriores a la exclusividad religiosa.

Según Pierre Zind (1998), "La *Didascalía Apostólica* del siglo III solamente admitía la Biblia como la única fuente de ciencia y cultura". Desde entonces, y hasta el siglo XVII, de la ciencia laica solamente podía ser admitido lo que estuviera de acuerdo con los libros sagrados, que además sirviera como medio para la finalidad religiosa de la educación. En ese escenario, el aristotelismo era bienvenido. Su cosmología basada en una tierra esférica situada en el centro geométrico de otra esfera que arrastra las estrellas en una rotación eterna, era algo que encajaba muy bien con la idea de la creación. Ubicado en este marco, "El filósofo", como le llamaban sus sucesores, propuso que el movimiento celeste se producía por transmisión de la rotación entre cascarones etéreos esféricos dispuestos homocéntricamente entre las dos esferas con un planeta inmerso en cada uno de ellos. En dicha concepción, conocida por aquel entonces como el universo de las dos esferas, el sol, así como la luna, se consideraban planetas. Previa la división del universo en dos regiones (cada uno con distinta sustancia y distintas leyes), sostuvo que, en ausencia de impulsos provenientes de la región supralunar, todos los elementos de la región sublunar permanecían en reposo en sus lugares naturales correspondientes. Así mismo creía que para que los elementos sean arrancados de sus posiciones naturales era necesaria una fuerza externa.

Respecto al movimiento de los cuerpos terrestres, éstos lo hacían dirigiéndose hacia su posición natural en el centro de la tierra (movimiento natural). Luego de argüir que no necesariamente las partes de la tierra deben precipitarse uniformemente sobre el centro para establecer su regularidad esférica, afirma que, entre dos masas, "la mayor siempre empujará y llevará por delante a la otra, y la impulsión del cuerpo más pesado persistirá hasta que ambos alcancen el centro" Para él, la tierra no puede moverse, "esencialmente por ser el elemento más pesado y todas las cosas pesadas se mueven hacia su centro en busca del reposo" (Kuhn, 1978).

En lo concerniente al movimiento de los proyectiles cerca de la superficie terrestre, Aristóteles sostenía que "una piedra permanece en reposo o se mueve en línea recta hacia el centro de la tierra a menos que se vea sometida a una fuerza exterior. Para explicar por qué la piedra se mueve en la dirección en que inicialmente ha sido lanzada, propuso que el aire desplazado impulsaba el proyectil en esa dirección. La razón de este comportamiento, según él, es que "la naturaleza no toleraría el vacío dejado por el aire tras de sí durante el movimiento del proyectil, motivo por el cual ella misma reaccionaría enviando el aire tras él.

Luego de la muerte de Aristóteles la astronomía sigue desarrollándose en el mundo antiguo especialmente en Alejandría con influencia griega gracias a las conquistas de Alejandro Magno. Aristarco

introduce métodos de observación y medida que le permiten aproximaciones a las distancias sol-tierra, tierra-luna. Del intento por determinar la relación entre estos cuerpos, concluyó que el sol era mucho más grande que la tierra y que la luna, lo que lo llevó a proponer que estos dos últimos debían moverse alrededor del sol y no lo contrario. La teoría heliocéntrica, pues, ya se había propuesto 1500 años antes de Copérnico.

Ptolomeo, basado en la física Aristotélica, la geometría de Euclides, y los trabajos de Hiparco, consolida hacia el año 150 d. C. (Sepúlveda, 2003), la astronomía en una compleja teoría que (preservando el axioma platónico de circularidad, el universo de las esferas concéntricas aristotélico, y en general la teoría geocéntrica del universo), logra describir con buena aproximación el movimiento planetario y estelar conocido en aquella época. *En este sentido puede afirmarse que lo que podría llamarse "teoría aristotélico-ptolemaica" hacia los inicios de la Edad Media se había convertido en el paradigma explicativo del mundo material conocido por aquella época, con una trascendencia tal, que duraría hasta el renacimiento.*

Durante la Edad Media la enseñanza en la mayoría de los países de vocación católica se fundamentó en el paradigma anteriormente descrito. Posteriormente aparece una nueva corriente, sobre todo al interior de las universidades controladas por el cristianismo, conocida como escolasticismo. Dicha corriente se alimentaba de las reinterpretaciones de Platón y Aristóteles hechas por San Agustín y Santo Tomás. En este marco los eruditos del medioevo, ampliaron el campo de la lógica aristotélica, descubrieron errores en sus razonamientos y rechazaron un buen número de sus explicaciones al no resistir el sometimiento a las pruebas de la experiencia. La interpretación del aristotelismo manteniendo la astronomía ptolemaica, se convirtió en la ciencia enseñada en los nuevos establecimientos escolares hacia donde evolucionaron algunas escuelas episcopales: la universidad.

Los escolásticos propusieron la teoría del ímpetus para explicar el movimiento de los cuerpos cerca a la superficie terrestre. Esta teoría propuesta por Buridan (Vidal) tuvo implicaciones en el desarrollo de la cinemática y la dinámica. Entre ellas se pueden citar las siguientes a) complementa la idea de Aristóteles de que solamente perdura el reposo al proponer que, "a menos que se presente alguna resistencia, también perdura el movimiento". Esto constituyó un gran paso hacia lo que hoy se conoce como ley de inercia (Sepúlveda, 2003); b) relaciona el ímpetus de un cuerpo con su velocidad y su cantidad de materia. Para Buridan, la cantidad de ímpetus del cuerpo era igual a la velocidad del cuerpo multiplicada por la cantidad de materia de dicho cuerpo. Aquí ya se encuentra una cierta semejanza con el moderno concepto de cantidad de movimiento lineal; c) En la "caída libre" de un cuerpo, relaciona idénticos incrementos de ímpetus con intervalos de tiempo iguales. De ahí se dedujo por parte de Galileo la relación cuantitativa entre el tiempo en caída libre de un cuerpo y su distancia recorrida.

Entre los siglos XV y XVI, Nicolás Copérnico expuso, 1500 años después de los atomistas griegos, otra forma de entender el comportamiento de los astros. Convencido de que su teoría heliocéntrica no la podía expresar libremente, el prefacio del libro que contiene sus ideas, fue enviado en forma de carta al Papa Pablo III en la que le explica detalladamente las razones que lo condujeron a tales razonamientos; en ella sustenta que estas nuevas ideas pueden hacerse compatibles con la doctrina católica respecto a la creación del universo. Sin embargo, dicha doctrina jamás vio con buenos ojos la tesis copernicana, muy por el contrario, como lo señala Kuhn (1998), a principios del siglo XVII la Iglesia adhirió oficialmente a la batalla contra el copernicanismo acusando de hereje a quien comulgara con dichas ideas. Había mucho en juego; se trataba de toda una moralidad construida con base en el cristianismo, en el cual, la idea de una tierra

degradada al rango de “vagabundo”, se presentaba como una amenaza para el orden establecido. El libro de Copérnico entró en la lista prohibida por la Iglesia Católica tanto para su lectura como para su enseñanza.

A poco más de medio siglo de la muerte de Copérnico, Tycho Brahe, desde una posición tradicional, propuso una cosmología que, manteniendo la tierra fija, ponía a los planetas a moverse alrededor del sol, el cual a su vez se movía alrededor de la tierra. Con esta propuesta se mantenían las ventajas matemáticas del sistema de Copérnico, suprimiendo a la vez los inconvenientes físicos, cosmológicos y teológicos que ella tenía. De Brahe, más que su propuesta cosmológica, posteriormente se utilizó su conjunto de mediciones muy precisas realizadas sobre el movimiento de Marte.

A principios del siglo XVII las leyes de Kepler y los descubrimientos realizados con la ayuda del telescopio por Galileo afianzaron la teoría de Copérnico. Sin embargo estas pruebas solamente eran entendidas por expertos astrónomos quienes pertenecían a cierta elite de la sociedad muy ligada al clero. No es de extrañar entonces que en esa época se constituyese una fuerte oposición a las nuevas teorías. Para algunos, el copernicanismo se había convertido en algo peligroso para el orden establecido. Como lo dice Kuhn (1998) “significaba la destrucción de una cosmología que, durante siglos, había constituido la base de la vida cotidiana, tanto práctica como intelectual”.

Como consecuencia lógica del mundo Copernicano, la posibilidad de un universo infinito que ya había sido propuesto veinte siglos antes de Copérnico por Leucipo y Democrito, volvió a abrirse paso en la comunidad científica del siglo XVII. Ahora el sol ocupaba el centro del universo y la tierra había perdido su lugar privilegiado. Con la observación, gracias al telescopio, de que la distancia del sol a las estrellas no era constante, la esfera de las estrellas perdió también su función esencial desde el punto de vista de la religión en la concepción aristotélica.

El teólogo neoplatónico Nicolás de Cusa ya había propuesto cien años antes de Copérnico que el universo era una esfera infinita. El dogma sobre la creación se preservaba al considerar que la finitud era incompatible con la omnipotencia de Dios. Precisamente esta divinidad debía reconciliar, según él, la paradoja resultante de un universo infinito y un sol ubicado en su centro. En esta línea de pensamiento se inscribió Giordano Bruno quien fue condenado a morir en la hoguera por el tribunal de la inquisición, acusado de blasfemia, herejía e inmoralidad por enseñar que existían múltiples sistemas solares en un universo infinito.

Manteniéndose dentro de los preceptos teológicos, Kepler, Galileo, Descartes, Borelli, Hooke, entre otros, hicieron aportes fundamentales hasta la llegada de Newton. Durante el siglo XVII hasta buena parte del XVIII, en cuanto a la enseñanza, el catolicismo, fundamentado en el escolasticismo, seguía dominando en buena parte de la Europa cristiana y sus colonias en América. Luego del desastre que significó para esta doctrina y en general para el sistema escolar dominado fuertemente por ella, la revolución francesa, la Iglesia Católica emprendió una fuerte lucha en pos de reconquistar la finalidad cristiana de la educación y el derecho a educar que se les había arrebatado.

2.2. La doctrina protestante

Entre los siglos XV y XVI la Reforma que dio origen a la doctrina de inspiración protestante. En lo relacionado con la ciencia esta pedagogía tiene raíces en, como lo señala Marcelle Denis (1998) la

descendencia laica del Renacimiento; especialmente en lo que tiene que ver con el materialismo aristotélico y el neoplatonismo.

Dentro del humanismo que caracteriza la Reforma, la ciencia, poco a poco, según el mismo autor, trata de liberarse de la tutela teológica. Los protestantes reclaman educación estatal y la eliminación de mediadores entre las escrituras y los fieles. Prefieren las concepciones del aristotelismo dadas por el teólogo jesuita Suárez. En ella se modifica el concepto aristotélico de poder y descarta la presencia de la existencia divina obtenida del movimiento. Por supuesto que ello influye en la enseñanza de la ciencia en las escuelas protestantes a comienzos del siglo XVII.

Sin embargo, la Biblia seguía siendo el libro central en la educación de los seguidores de las ideas de Martín Lutero. Para este reformista alemán, Copérnico era una especie de “loco que trataba de trastocar la ciencia de la astronomía en contra de lo que enseñan las sagradas escrituras” (Kuhn, 1978) La dirigencia protestante de la época, de la cual hizo parte Calvino, conformó un frente común en contra de la idea copernicana de una tierra en movimiento. Hubo sectores protestantes tan radicales que hasta todavía avanzado el siglo XIX no aceptaban la idea de una tierra en movimiento y condenaban oficialmente a Copérnico y al propio Newton.

En las últimas décadas del siglo XVII en muchas universidades protestantes todavía se enseñaba, aunque compartida con las de Copérnico y Brahe, la astronomía ptolemaica. La primacía de la teoría copernicana, avanzada por Kepler y Galileo, en cuanto a su enseñanza, se fue dando gradualmente durante el siglo XVIII.

2.3. Dentro de la doctrina de inspiración racionalista

Las raíces del racionalismo, según (Besse-Avanzini, 1998), se remontan al pensamiento griego, especialmente con Sócrates. Descartes lo retoma en el siglo XVII y basa en él su reflexión. Para este filósofo francés “la naturaleza es una masa de materia ordenada de acuerdo con leyes exigidas por el poder divino” En el seno de esta teoría las partículas últimas (corpúsculos) no se dividían y sus movimientos, interacciones y combinaciones se regían por leyes determinadas por Dios. A pesar de sus convicciones religiosas, su ubicación dentro del racionalismo se justifica por su convencimiento de que “la razón es susceptible de captar las verdades dentro del marco de la revelación teológica”. En el siglo XVII la razón no contradecía la fe; convivían de manera independiente.

Basado en esta filosofía, Descartes formuló la ley de conservación de la cantidad de movimiento. Una vez creada la materia y dotada de movimiento por Dios, dicho movimiento se conserva. Sin embargo esta ley fundamental de la naturaleza debió esperar más tiempo para ser expresada correctamente en términos matemáticos. Como resultado de estos estudios de las colisiones, enunció por primera vez y de manera precisa la ley de inercia: “cuando un cuerpo está en reposo tiene poder para permanecer en reposo y de resistir a todo cuanto pudiera cambiar este estado. De manera semejante cuando está en movimiento tiene el poder de continuar en movimiento con la misma velocidad y en la misma dirección”. El movimiento circular de las partículas en la dinámica cartesiana era una especie de estado al cual llegarían dichos corpúsculos fuera cual fuere el impulso inicial que Dios les hubiera dado. La eficacia de la teoría cartesiana para explicar el movimiento de los cuerpos celestes, sobre todo a la luz de las leyes de Kepler, quedó sin confirmarse, por su falta de formulación matemática (Sepúlveda, 2003). En el siglo XVII se establecieron,

gracias a los aportes de hombres como Huygens, otras dos leyes fundamentales de la naturaleza: la ley de conservación del *momentum* angular y la ley de conservación de la energía.

Para resolver la pregunta ¿Qué provoca el movimiento de los planetas? los sucesores de Copérnico debieron tomar de aquel lo que realmente era nuevo, y apartarse de todo aquello que lo ligara con el aristotelismo. En este sentido la sustitución de los movimientos naturales de la antigua física celeste por movimientos planetarios producidos por una fuerza, resultó esencial para la consolidación de la nueva concepción del universo. Esa concepción fue desarrollada, hasta la llegada de Newton, por el mismo Kepler, Borelli y muy significativamente por Hooke. Esto es fundamental pues desaparece la separación aristotélica entre el cielo y la tierra.

El por qué los cuerpos pesados caen sobre la superficie de una tierra en movimiento independientemente de su posición en el espacio, era otro problema que necesitaba solución. Ya Copérnico había propuesto que la gravedad no era más que una tendencia natural que el creador había dado a las diferentes partes de los cuerpos para que se unan formando una esfera. Kepler tenía la idea de un principio de atracción entre la tierra y sus partes, mecanismo que también debería funcionar para la tierra y la luna. También había propuesto su teoría del "anima motrix"; una especie de presión de radiación que ejercía el sol sobre los planetas. La fuerza derivada de allí, según él, causaba un movimiento circular del planeta alrededor del sol. La trayectoria terminaba convirtiéndose en una elipse por el efecto, según el mismo Kepler, de una fuerza magnética originada en el sol y los demás planetas. Esta dinámica kepleriana fue rápidamente olvidada en el mismo siglo XVII. De todas maneras la introducción del concepto de fuerza para explicar el movimiento planetario fue otro aporte importante de Kepler a la física de ese siglo.

Robert Hooke intentó resolver el problema argumentando que el planeta no seguía moviéndose indefinidamente a través del espacio debido a la existencia de una fuerza de tipo atractivo entre el sol y los planetas. Hooke explicó detalladamente, auxiliándose de un péndulo cónico, el movimiento de un planeta en términos de la ley de inercia y la acción de una fuerza central; sin embargo, Hooke no supo relacionar cuantitativamente la intensidad de la fuerza con la desviación que produce así como su posterior evolución hacia una trayectoria elíptica. El gran aporte de Hooke en la solución del modelo planetario fue haber llevado el problema a un asunto de mecánica aplicada, con lo cual colocó en un mismo plano la física terrestre y celeste. Lo anterior tiene la gran importancia de haber roto definitivamente todo un paradigma, el aristotélico-ptolemaico; y haber abierto las puertas para uno nuevo: el newtoniano.

En palabras de Sepúlveda (2003), cuando Newton inició sus investigaciones existían varios elementos dispersos que era necesario unificar en un solo corpus teórico: las leyes de Kepler, leyes para la caída libre, ley de inercia, fuerzas centrales y gravitación. Newton tenía claro que para que los planetas describieran trayectorias cerradas, debían moverse continuamente hacia el sol. Este movimiento combinado con el inercial rectilíneo de cada planeta, terminaría en una curva. Esto de alguna manera ya lo había dicho Hooke; sin embargo Newton fue más allá: para él, el principio intrínseco responsable de la atracción mutua entre el sol y los planetas era el mismo que se daba entre los planetas y sus satélites y ese mismo mecanismo intrínseco, también llamado gravedad, era el que explicaba el movimiento de los cuerpos cerca de la superficie terrestre. Lo que estaría por establecer es la relación cuantitativa entre fuerza de atracción entre los cuerpos, sus masas y la distancia que los separa.

En 1696, Newton consiguió determinar matemáticamente, apoyado en la tercera ley de Kepler, que la fuerza de atracción entre cada planeta y el sol es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que

los separa. Esta misma ley podía explicar la caída de la luna hacia la tierra así como la caída de las manzanas hacia ella. Luego generalizó sus resultados al demostrar que esa misma ley podía explicar satisfactoriamente las órbitas elípticas de los planetas cuando se mueven alrededor del sol.

Su mecánica estableció que el cambio de movimiento de un cuerpo de cierta masa, forma y tamaño, se debe a la influencia sobre éste de fuerzas naturales. Cuando se conocen dichas fuerzas y las condiciones iniciales del sistema en consideración, dicho sistema quedará completamente determinado. Lo anterior y el esclarecimiento de la ley de gravitación universal por el mismo Newton, iluminaron la ciencia del siglo XVII.

Durante el siglo XVIII y XIX, la física se siguió desarrollando y consolidando en distintos campos: la mecánica desde el cálculo variacional, la mecánica estadística y el electromagnetismo. A pesar de estos logros, existían a fines del siglo XIX dos problemas que la física conocida hasta entonces no había podido resolver: la distribución de intensidad de radiación en función de la longitud de onda de un cuerpo negro incandescente a distintas temperaturas y la no conservación de la forma de la ecuación de onda electromagnética ante una transformación de coordenadas galileana. La solución de esta problemática produjo toda una revolución en el campo de la física propiciando el nacimiento de la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad. Ésta última se constituyó en el nuevo paradigma explicativo para el movimiento de los cuerpos en el rango de velocidades $0 < v < c$ (siendo v la velocidad del cuerpo y c la velocidad de la luz en el vacío) y base fundamental para el desarrollo de la física moderna. La mecánica newtoniana, se convirtió en un caso límite de la teoría de la relatividad en el caso $v \ll c$.

Respecto a la educación, hasta la revolución francesa, el dominio en este campo siguió siendo de la Iglesia, a pesar de las nuevas posiciones teóricas. Esto implicaba que el aristotelismo, visto ahora desde la perspectiva escolástica, y la astronomía ptolemaica, seguían dominando el ambiente escolar. Con la revolución las cosas cambiaron. Para algunos filósofos, matemáticos (como Laplace), politólogos y hasta administradores, la instrucción pública ejercida por el estado debería ser la encargada de sacar al pueblo de la ignorancia. Spencer definía los objetivos pedagógicos sobre la base de un saber útil, y preparar para la vida completa, debía ser el fin de la educación. Este saber útil está en la ciencia.

En la transición del feudalismo al capitalismo nuevos intereses entraron en juego en cuanto a las finalidades de la educación, aquellas asociadas a la razón científica, como lo deja entrever en su ensayo sobre los fines de la educación dentro del racionalismo el profesor Besse. En el siglo XX jugó un papel importante la consolidación del capitalismo en el mundo; con el desarrollo de este modo de producción, la investigación en ciencia básica poco a poco se hizo patrimonio de los países desarrollados, financiada por grandes grupos económicos y monopólicos internacionales; para el caso de los países latinoamericanos se agudizó la estructura metrópoli-satélite (Gunder, 1965) establecida desde la colonia, tocándole a los países tercermundistas adaptar sus currículos a lo que en materia educativa ha significado esta realidad.

3. Conclusiones

- Desde la Grecia clásica hasta nuestros días, el ser humano ha hecho esfuerzos por tratar de reunir distintas explicaciones sobre el movimiento de los cuerpos en teorías unificadoras que brinden satisfacción tanto lógica como psicológica y que además contribuya al avance de la

ciencia. La teoría aristotélico-ptolemaica, la mecánica newtoniana, y los nuevos desarrollos a partir de la relatividad y la mecánica cuántica son ejemplos de ello.

- En cuanto a si históricamente la mecánica se ha enseñado organizando los contenidos a partir de estas visiones unificadoras, puede afirmarse que desde los primeros siglos de la era cristiana hasta finales de la Edad Media, este hecho se dio debido a la convergencia de ideas entre el paradigma cosmológico explicativo del momento (así no haya sido válido) y los fines de la educación dominantes en la época, influenciados por el cristianismo.
- Durante el renacimiento hasta bien avanzado el siglo XVIII, se produjo un rompimiento del esquema señalado debido las discrepancias entre la teoría copernicana, que describía el movimiento de los cuerpos tanto celestes como terrestres, y los fines de la educación cristiana, tanto protestante como católica.
- Con el establecimiento y consolidación del paradigma newtoniano en el plano científico y el triunfo de la revolución francesa en el plano político, estaban dadas las condiciones para que la mecánica se enseñara desde las leyes fundamentales que conforman esta teoría. Sin embargo, los conflictos entre los estados y la Iglesia por el control de la educación, los intereses relacionados con la consolidación del capitalismo a finales del siglo XVIII y principios del XIX que reclamaban pragmatismo a la hora de la enseñanza de la ciencia, y la dificultad de los educadores de para actualizarse con el nuevo paradigma, pudieron dar al traste con esa aspiración.
- En el siglo XX algunas teorías de la instrucción proponen enfoques integradores en la presentación de contenidos de instrucción con el fin de facilitar su aprendizaje. Esto, unido a la necesidad de abrir espacios en los cursos de física general en ingenierías, para involucrar temas relacionados con la física desarrollada durante todo el siglo XX, abre la posibilidad de una reestructuración de los temas a partir de leyes fundamentales que permitan su apropiación rápida con miras que el futuro profesional haga por si mismo transferencia a su campo profesional particular.

Bibliografía

KUHN, T. (1978): *La revolución copernicana*. Ariel, S.A, Barcelona.

AVANZINI, G. (1998): *La pedagogía desde el siglo XVII hasta nuestros días*. Fondo de Cultura Económica, México D.F.

FRANK, A. G. (2005): *Capitalismo y subdesarrollo en América Latina*. Online. Available: <http://www.eumed.net/cursecon/textos/Frank/index.htm>

SEPÚLVEDA, A. (2003): *Los conceptos de la física*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.

VIDAL, A. (1962): *Ensayos sobre el desarrollo de las ideas básicas de la Física*. Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo.

TRUEDELLE, C. (1975): *Ensayos de historia de la mecánica*. Editorial Tecnos, Madrid.