

LA TEORÍA DE LA OMISIÓN Y SU IMPACTO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

La Teoría de la Omisión es la propuesta que ofrecen los autores del presente libro, en el cual se pone de manifiesto su importancia para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, tanto en el contexto escolar de Cuba, como del mundo. En tal sentido, dicha teoría se aplica y ejemplifica en la enseñanza de la Física, por su complejidad conceptual y didáctica, con el objetivo de lograr una mejor comprensión de la asignatura, elevar el rigor en su impartición, así como formar una cultura científica y general en los profesores y estudiantes. Los autores enuncian criterios e ideas relacionados con esta teoría que contribuyen al perfeccionamiento de la enseñanza de la Física y las ciencias en general, asimismo, señalan las implicaciones que pueden tener las omisiones en la didáctica de las ciencias escolares.



Jorge Luis Contreras Vidal; Licenciado en Educación, en Física y Astronomía. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Jefe del Departamento de Ciencias Exactas. Presidente de la Cátedra Honorífica de las Ciencias. Presidente de la Comisión Nacional de la carrera Física y tiene varias publicaciones en revistas indizadas.



Edgardo Remo Benvenuto Pérez; Profesor jubilado de la Universidad Tecnológica Nacional, en San Francisco, Argentina. Profesor de Química y Física. Ha publicado diferentes artículos y libros sobre Química y la Teoría de la Omisión. Tiene participación en varios eventos internacionales y ha cooperado con la Comisión Nacional de la carrera



Carlos Sifredo Barrios; Licenciado en Ciencias Físicas. Actualmente es el presidente de la Subcomisión Nacional de Física y asesor del Rector de la Universidad San Carlos en Guatemala. Es autor de varios libros dedicados a la enseñanza de la Física en el preuniversitario cubano. Tiene artículos relevantes en revistas indizadas.



Héctor Ramón Rivero Pérez; Licenciado en Física. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Jefe de Disciplina Didáctica de la Física del Departamento de Ciencias Exactas. Miembro de la Comisión Nacional de Carrera. Asesor de la Enseñanza Universitaria Municipalizada y en la elaboración de textos de Física.



Xenia Pedraza González; Licenciada en Educación, en Física-Electrónica. Máster en Educación Superior. Especialista de la comisión de investigación. Docente de la carrera Ingeniería en Sistemas e Ingeniería en Tecnología de la Información en la "Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí", Ecuador. Profesora investigadora. Tiene publicaciones en revistas indexadas.



EDACUN
EDITORIAL ACADÉMICA UNIVERSITARIA

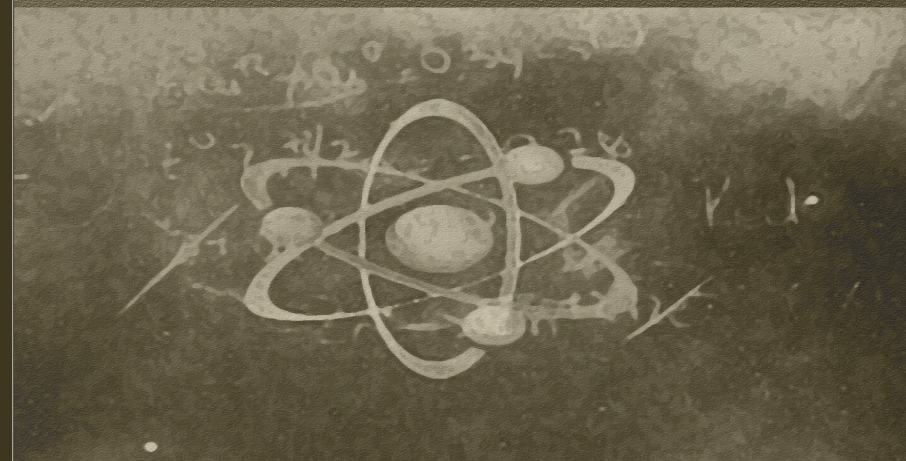


LA TEORÍA DE LA OMISIÓN Y SU IMPACTO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

EDITORIAL ACADÉMICA
UNIVERSITARIA



LA TEORÍA DE LA OMISIÓN Y SU IMPACTO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA



Jorge Luis Contreras Vidal
Edgardo Remo Benvenuto Pérez
Carlos Sifredo Barrios
Héctor Ramón Rivero Pérez
Xenia Pedraza González

UNIVERSIDAD DE LAS TUNAS

**LA TEORÍA DE LA OMISIÓN Y SU IMPACTO EN EL
PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE
LA FÍSICA**

Dr.C. Jorge Luis Contreras Vidal

Ing. Edgardo Remo Benvenuto Pérez

Lic. Carlos Sifredo Barrios

Dr.C. Héctor Ramón Rivero Pérez

MSc. Xenia Pedraza González



Diseño y Edición: MSc. Osmany Nieves Torres. As.
Corrección: Lic. Yunisleidys Castillo López.
Dirección General: Dr. C. Ernan Santiesteban Naranjo. P.T.

© Dr.C. Jorge Luis Contreras Vidal
Ing. Edgardo Remo Benvenuto Pérez
Lic. Carlos Sifredo Barrios
Dr.C. Héctor Ramón Rivero Pérez
MSc. Xenia Pedraza González

© Sobre la presente edición
Editorial Académica Universitaria (Edacun)

ISBN: 978-959-7225-42-3
Editorial Académica Universitaria (Edacun)
Universidad de Las Tunas
Ave. Carlos J. Finlay s/n
Código postal: 75100
Las Tunas, 2019



ÍNDICE

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I: GENERALIDADES ACERCA DE LA TEORÍA DE LA OMISIÓN EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA..... | 1 |
| 1.1 LA TEORÍA DE LA OMISIÓN, LA FÍSICA, SU HISTORIA, SU DIDÁCTICA Y LOS LIBROS DE TEXTOS | 1 |
| CAPÍTULO II: LA TEORÍA DE LA OMISIÓN: CONSIDERACIONES TEÓRICAS | 25 |
| 2.1. LA TEORÍA DE LA OMISIÓN: UN PRIMER ACERCAMIENTO | 25 |
| 2.2. LA TEORÍA DE LA OMISIÓN Y LA RED DE ASOCIACIONES SIGNIFICATIVAS CONCEPTUALES (RASC) | 29 |
| 2.3. LA TEORÍA DE LA OMISIÓN Y LAS IDEAS O CONCEPCIONES ALTERNATIVAS | 37 |
| 2.4. LA TEORÍA DE LA OMISIÓN (TOMS)..... | 39 |
| CAPÍTULO III: LAS OMISIONES, SU CLASIFICACIÓN E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS..... | 65 |
| 3.1. LAS OMISIONES Y SU CLASIFICACIÓN | 65 |
| 3.2. UNA TIPOLOGÍA DE LAS OMISIONES EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA, ¿ES POSIBLE? | 68 |
| 3.3. LA TEORÍA DE LA OMISIÓN E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS..... | 74 |
| 3.4. UNA ÚLTIMA REFLEXIÓN | 81 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 82 |

PREFACIO

El ingeniero y profesor Edgardo Remo Benvenuto Pérez, artífice de la Teoría de la Omisión, hace algún tiempo tuvo la novedosa y magnífica idea de señalar que en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias se cometían errores de diferente naturaleza, pero que muchos se debían a que se “omitían” elementos que conducían irremediablemente a la falta de rigor, al error o a la concepción alternativa. Una razón clave para que ello ocurriera es que esta cuestión no se había tratado de modo intencional, y no se habían realizados esfuerzos teórico-prácticos movilizadores en tal dirección.

En consonancia con esta idea inicial, generadora de indiscutible valor, el presente colectivo de autores, guiados por el profesor señalado, se dio a la tarea de investigar y profundizar en este tipo de carencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Solamente en un sentido hermenéutico, la introducción del estudio de tales “omisiones” llevó al colectivo al atrevimiento de elaborar toda una “Teoría de la Omisión” fundamentada en la investigación, a través de la revisión de bibliografía y la observación del desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en las condiciones escolares.

En este texto se aborda tal teoría aplicada y ejemplificada específicamente al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, liderada en este caso por el Dr.C. Jorge Luis Contreras Vidal, por su complejidad conceptual y didáctica. Esta ciencia

como asignatura que, por su objeto de estudio, su sistema categorial y sus leyes provenientes de una transposición didáctica de la física como ciencia, es oportuno y necesario estudiar a la luz de la propuesta “La Teoría de la Omisión”, de manera que se logre una mejor comprensión de la asignatura y se eleve el rigor en su impartición.

La aplicación en las condiciones reales del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física por profesores, tanto de escuela media superior como de la universidad, muestran las bondades indiscutibles que tiene el dominio y aplicación consecuente de la Teoría de la Omisión, pues contribuye a hacer pertinente, riguroso y comprensible el sistema teórico conceptual de dicha asignatura. Por último, se destaca que la MSc. Xenia Pedraza González, actualmente realiza su doctorado en la temática que en este libro se desarrolla.

Los autores

CAPÍTULO I: GENERALIDADES ACERCA DE LA TEORÍA DE LA OMISIÓN EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

1.1 La Teoría de la Omisión, la física, su historia, su didáctica y los libros de textos

La física es quizás, de todas las ciencias, la que más ha influenciado de manera significativa en el estudio, comprensión y descripción de los fenómenos de la naturaleza, a través de conceptualizaciones y enunciación de principios, leyes, teorías y modelos, las que luego se han llevado al plano de explicar hechos tecnológicos como en el caso de la máquina de vapor o de desarrollar la tecnología, en conjunto con otras ciencias, a planos cada vez más sofisticados e increíbles, que van desde la construcción de naves espaciales hasta la nanotecnología. También se integra de forma activa a todos los procesos de la realidad, los cuales abarcan los procesos biológicos, químicos, sociales, así como aquellos involucrados en la vida cotidiana, entre otros.

La física es una ciencia teórica y experimental, con un fuerte basamento matemático, la cual busca que cada hecho pueda ser verificable mediante los experimentos y que mediante la teoría se pueda realizar predicciones futuras. Galileo Galilei es un ejemplo de paradigma que supo en sí mismo combinar el pensamiento teórico, matemático y experimental. En tal sentido, la física se puede considerar desde sus inicios hasta hoy en día, como una ciencia esencial porque su campo teórico y experimental penetra en

todas las esferas del conocimiento humano. En la antigüedad era conocida mayormente como filosofía natural y así llegó a ser conocida hasta la época de Newton.

Hay que resaltar que Aristóteles la llamó siempre física y así lo hizo saber en su libro *Física* (1995), el cual abarca estudios y análisis acerca del movimiento y el reposo, la relación entre la física y la matemática y la física y la astronomía. Asimismo, aborda otras cuestiones como la parte y el todo, la suerte y la casualidad como causas accidentales e indeterminadas, y el modo en que la necesidad está presente en la naturaleza. Con relación a esta temática, escribe:

Después de haber determinado los diversos sentidos en que se dice la naturaleza, tenemos que examinar ahora en qué se diferencia el matemático del físico, pues los cuerpos físicos tienen también superficies, volúmenes, longitudes y puntos, de los cuales se ocupa el matemático. Además, ¿es la astronomía distinta de la física o es una parte suya? Porque parece absurdo que se suponga que es tarea propia del físico conocer la esencia del sol y de la luna, pero no sus atributos esenciales, en especial porque quienes se ocupan de la naturaleza manifiestan también interés por la figura de la luna y el sol, e investigan si la tierra y el mundo son esféricos o no. (1995, p. 49)

En consonancia con lo anterior, en el libro *Física* se encuentran principios por los cuales pueden guiarse todas las ciencias para llegar a comprender el

mundo natural y social en el que se vive. Al respecto, Aristóteles dice que "... es evidente que hay causas y que son tantas como hemos indicado, pues tantos son los modos en que podemos entender el «por qué» de las cosas (...) y puesto que las causas son cuatro, es tarea propia del físico conocerlas todas, pues para explicar físicamente el «por qué» tendrá que remitirse a todas ellas, esto es, a la materia, a la forma, a lo que hace mover y al fin" (Ibidem, p. 67). La obra *Física*, en conclusión, es un compendio de ciencia y filosofía al mismo tiempo. Empédocles, Anaxágoras, Parménides y Demócrito eran considerados físicos por Aristóteles.

Los físicos han intentado y logrado, en gran medida, describir los fenómenos naturales. Para ello han penetrado en el micromundo, con el estudio de las partículas fundamentales microscópicas, hasta el macromundo, con el estudio del sistema solar y las galaxias, de manera general. Muchos sabios y científicos han participado en la construcción de una física como ciencia de la naturaleza, dentro de los cuales pueden nombrarse a Demócrito, Tito Lucrecio Caro, Eratóstenes, Aristarco, Epicuro, Arquímedes, Tolomeo, Aristóteles, Copérnico, Galileo Galilei, Kepler, Tycho Brahe, Isaac Newton, Michael Faraday, Rudolf Clausius, James Clerk Maxwell, Thomas Young, Hendrik Antoon Lorentz, Albert Einstein, Niels Bohr, Max Planck, Werner Heisenberg, Paul Dirac, Richard Feynman y Stephen Hawking, por solo hacer mención de algunos.

En tal sentido, existen libros que se dedican a mostrar a la física como ciencia y su impacto en la tecnología, dentro de los cuales se encuentran *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (1999) y *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* (1981), escritos por Isaac Newton y Galileo Galilei, respectivamente. Otros libros de física se pueden encontrar en forma de textos escolares, los cuales se cuentan en cientos o miles de ellos. Estos últimos tienen como objetivo esencial enseñar, a quien la estudia, la manera de explicar los fenómenos y hechos que ocurren en la naturaleza, los cuales se realizan por medio de conceptos, principios, leyes, teorías y modelos diseñados por los físicos.

Entre las investigaciones que abordan a la física como ciencia y aquellos que la estudian como física escolar existen diferencias notables, algunas son lógicas, pero otras no. Por ejemplo, cuando se analizan los textos escolares de Física, generalmente se percibe que el desarrollo histórico del origen y avance de esta ciencia se omiten y que de carácter histórico solo aparecen informaciones sobre los científicos involucrados relativos al país donde nació, fecha de nacimiento y muerte, escritas entre paréntesis después del nombre.

Los libros de textos escolares de Física que más logran el historicismo como principio, son aquellos que profundizan en los datos biográficos y en la numeración de sus descubrimientos científicos, amén de una u otra anécdota descrita para intentar motivar

al estudiante, pero nada más. La omisión de los nombres de los científicos, de sus descubrimientos y la manera en que lo realizaron, así como del contexto cultural y social en el cual vivieron y trabajaron es una práctica común a la hora de escribir dichos textos.

En correspondencia con lo antes expuesto, se señala que entender la física no es tarea difícil, pero comprenderla es algo más complejo. Entender que la velocidad de un movimiento rectilíneo y uniforme depende de las magnitudes desplazamiento y tiempo es algo, en apariencia, trivial, pero comprender por qué son esas dos magnitudes y no otras, es cuestión que conlleva a un pensamiento científico de relativa profundidad y dedicación. Los textos escolares de Física normalmente carecen de este tipo de análisis y plantean un concepto, principio, ley o teoría, de forma acabada, con lo que evaden el desarrollo histórico que conllevó a la referida forma. Ello atenta contra la formación correcta de los conceptos, principios, leyes y teorías, y por lo tanto, de la apropiación adecuada de estos.

La dificultad de comprender el concepto de velocidad y su relación con las magnitudes básicas espacio y tiempo, viene dada porque la génesis histórica de dichos conceptos tomó siglos, alrededor de 2.000 años, al pasar por los trabajos de Aristóteles y Filópono, hasta llegar a Galilei y Newton. Ello puede explicar la dificultad en la apropiación por parte de los estudiantes de estas ideas que constituyen el fundamento de la Mecánica a partir del siglo XVII, etapa en la cual Galilei elabora las bases conceptuales de

la Mecánica Clásica, desarrollada y ampliada luego por Newton, quien introduce el cálculo diferencial e integral para completar el cuadro Mecánico del mundo hasta ese momento. De manera muy parecida ha sucedido con casi todos los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos de la física que surgieron en la Antigüedad, como son el concepto de átomo y la ley de la inercia.

En consonancia con lo anterior, una forma de llegar a comprender los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos de física, es a través del estudio de los trabajos originales de los científicos. Se aprende profundamente de Mecánica y Astronomía al estudiar los trabajos de Galilei, sobre todo aquellos escritos en forma de diálogos, en los cuales utiliza tres personajes: Salviati, Sagredo y Simplicio, donde se muestra el desarrollo mental y de análisis que él aplicaba para desentrañar los errores de sus predecesores, en especial de Aristóteles, e implantar sus ideas geniales. Salviati, quien habla en nombre de Galilei; Simplicio, que cree y sostiene las ideas de Aristóteles, y Sagredo, persona bien informada y amigo de Salviati y Simplicio.

Quien dice el análisis de los trabajos de Galilei, dice también de los trabajos de Newton, Rutherford o Einstein, entre muchos otros, que han llevado a la física hasta el nivel en el que se encuentra en los momentos actuales. De este modo, estudiar la física, al entender y comprender los métodos utilizados por los científicos, sin omitirlos como generalmente se hace, permite comprender mejor los problemas de

aprendizaje de los alumnos cuando se enfrentan al estudio de esta.

Por ello, hacer ciencia es un proceso complejo y de mucho esfuerzo. Trae tragedias como fueron la muerte de Marie Curie, al contraer anemia aplásica debido a sus investigaciones sobre la radioactividad que la llevó al descubrimiento del polonio y el radio; la muerte de Haroutune Krikor Daghljan, físico estadounidense que sufrió envenenamiento por radiación al efectuar experimentos de masa crítica para el Proyecto Manhattan, así como la muerte de Louis Alexander Slotin, físico y químico canadiense, que participó también en el Proyecto Manhattan y quien accidentalmente comenzó una reacción de fisión que liberó un fuerte estallido de radiación, por lo cual muere nueve días después.

Hacer ciencia trae vicisitudes, como la condena que sufrió Giordano Bruno y Galilei Galilei ante la Santa Inquisición y no hacer entrega a Albert Einstein del premio Nobel por sus trabajos acerca de la relatividad. Hacer ciencia trae triunfos, como los premios nobeles recibidos por descubrimientos trascendentales realizados por científicos como Rutherford y Louis De Broglie. Sin embargo, también trae fracasos, como los intentos de algunos científicos, entre ellos Albert Einstein, para llegar a una teoría del campo unificado, que hasta el momento no se ha encontrado, aunque no se duda que en algún momento se llegue a esta, si se parte del hecho que uno de los principios fundamentales de la dialéctica materialista es el principio de la concatenación universal

(Kursanov, 1979). Dicho principio plantea que en el mundo exterior, objetivo, todo está relacionado y mutuamente condicionado y es, precisamente, la actividad psíquica la que constituye el reflejo de este mundo, por eso contiene no solo las imágenes de los objetos y los fenómenos del mundo exterior, sino el de sus lazos y relaciones.

Por todos los argumentos anteriores es que la didáctica de las ciencias, en especial de la física, tiene que esmerarse en la búsqueda de métodos eficaces para que la transmisión de los contenidos científicos pueda ser asimilada eficientemente, de ahí que uno de estos métodos es el histórico. La presentación de los contenidos físicos, ya elaborados, en los libros de textos escolares, no permite que el estudiante comprenda de forma holística cada concepto, principio, ley, teoría y modelo que estudia, todo lo contrario, se convierte en una máquina de repetición de palabras sin conocer el verdadero significado de estas. El estudiante es capaz de asociar las magnitudes de masa y aceleración con la magnitud fuerza, pero no sabe el significado real de todas ellas en forma de ley, el por qué son esas magnitudes y no otras.

Ahora bien, hay que buscar el balance exacto entre contenido científico plasmado en los libros de textos dedicados a la Física y el desarrollo histórico de estos. En la medida en que se logre este propósito, el estudiante dará mayor relevancia a los contenidos que recibe en clase o simplemente en su autogestión del aprendizaje, pues pequeños detalles que ilustren el escenario histórico donde se realiza un

descubrimiento físico permite trasladarse al estudio e interpretar los sucesos, así como visualizar obstáculos u oportunidades que se pudieran presentar.

En tal sentido, el desarrollo histórico es realmente muy amplio y por ello no es posible plasmarlo en toda su vastedad en los libros, sin embargo, no debe omitirse por completo o casi por completo. Hay que plasmarlo en su justa medida, sobre todo en aquellos momentos que requieran la explicación de conceptos, principios, leyes y teorías esenciales. Por esta razón, se necesita establecer una correspondencia entre la didáctica y el desarrollo histórico, de manera tal que tanto el profesor como el estudiante sean capaces de intuir la complejidad de los procesos.

Existen diversas formas de plasmar el historicismo en los libros de textos de Física, por ejemplo, se puede tratar explícitamente dentro del texto de un epígrafe o como una pregunta y escribirse como tarea docente al final de un capítulo. También al finalizar una clase, como tarea para la casa, puede orientarse una búsqueda histórica determinada con el objetivo de afianzar un contenido impartido o uno por impartir. Otra manera sería elaborar tareas investigativas de corte histórico para ser realizadas en pequeños grupos de estudiantes.

En relación con lo antes expuesto, los hombres dedicados a la ciencia física aprecian su historia porque aprenden de ella, razón más que suficiente para ser incluida en los libros de textos. El ejemplo quizás más elocuente es el de Newton, quien

después de mantener una correspondencia privada con Hooke, alabó la contribución de este a la óptica y le escribe que “Descartes dio un paso significativo. Usted ha añadido numerosos y nuevos caminos, especialmente al considerar filosóficamente los colores de las láminas delgadas. Si he ido un poco más lejos, ha sido apoyándome en los hombros de unos gigantes” (Westfall, 1993, p. 134).

La historia de la física es el gigante sobre el cual tienen que apoyarse los libros de textos dedicados a ella y la didáctica relativa a esta, para poder enseñarla y que sea aprendida de manera significativa. No basta con asociar magnitudes físicas en ecuaciones matemáticas y presentarlas como dogmas inmutables en los textos, hay que llegar a interiorizar su verdadero significado y ello solo se logra a través del desarrollo histórico que tal concepto, principio, ley, teoría o modelo ha tenido a lo largo del tiempo.

Cuando los profesores utilizan la historia de la física en sus clases, estas siempre resultan atractivas para los estudiantes, pero no son muchos los que hacen uso de ella y generalmente es porque la desconocen, no cuentan con los materiales necesarios o no tienen toda la preparación necesaria para hacerlo. Es cierto que no siempre pueden encontrarse libros impresos sobre la historia de la física en bibliotecas y librerías y mucho menos libros que contengan los trabajos originales realizados por los científicos, pero en la actualidad, con el “milagro” de la Internet, se pueden encontrar algunos de ellos con un poco de empeño.

En tal sentido, cuando un profesor o estudiante encuentra un artículo o libro escrito por un físico de etapas anteriores, siente y desarrolla el deseo de aprender más sobre la vida y la época de su autor, incluso puede descubrir qué hombres de ciencia fueron profesores y cuáles discípulos, y con ello comprender la secuencia de los descubrimientos en la historia de la física. Además, se verían identificados con la relación profesor-alumno en la búsqueda de respuestas a interrogantes de la ciencia. En el caso de Albert Einstein, la lectura de sus obras propicia conocer sus principales descubrimientos, cómo pensaba, su amor por la paz, su odio a la guerra, su interés por la música, sus relaciones con las mujeres y amigos, así como su vida íntima y familiar.

Conocer de primera mano, a través de la historia de la física, a Einstein y otros investigadores, puede desbaratar la imagen del científico parecido a un extraterrestre, encerrado en su laboratorio, despeinado, loco o cerca de la locura, y sacar a la luz el espíritu de abnegación, perseverancia y sacrificio que estos desarrollan en su afán por descubrir los secretos de la naturaleza. Ningún investigador se desentiende de la historia de su ciencia por el valor que esta tiene para comprenderla y enseñarla mejor.

Al respecto, De Broglie escribió que “una educación bien cumplida estaría incompleta sin la historia de las ciencias y de las realizaciones científicas” (citado por Seeger, 1964, pp. 619-625), así como que “la historia de la ciencia no puede dejar de interesar a los naturalistas: el científico encuentra en ella

un sin número de lecciones, y enriquecido con su experiencia propia, puede mejor que cualquier otro interpretar estas lecciones con sus conocimientos (...) la historia de la ciencia puede darnos indicaciones útiles del método de enseñanza de la ciencia” (citado por Daniushenkov y Corona, 1991, p. 12).

Por su parte, Lederman (2003), Premio Nobel de Física 1998, en la conferencia *The Role of Physics in Education*, planteó que “todas las disciplinas deberían dedicar un 20% o 30% a incluir aspectos seleccionados de la historia (...) las historias embebidas en el contenido contribuyen a crear un modo de pensamiento científico” (2003, p. 6). Por esta causa, descargar en su justa medida el contenido de los programas y libros de textos de Física para integrar historia y contenido, y así alcanzar una mejor comprensión de estos, según nos expresa Lederman, fue visto también con anterioridad por Mach cuando destacó “que la cantidad de materia necesaria para una enseñanza útil (...) es muy pequeña (...) No conozco nada más terrible que las pobres criaturas que han aprendido demasiado (...) Lo que han adquirido es una maraña de pensamiento, demasiado débil para proporcionar soportes seguros, pero lo bastante complicada como para producir confusión” (citado por Matthews, 1994, p. 257).

La confusión a la que hace referencia Mach, también puede crearse cuando se utiliza la historia de las ciencias solo desde la perspectiva anecdótica y de manera banal o superflua. De ahí que, en las clases de Física es muy común contar anécdotas

que ya los historiadores han demostrado que no son verdaderas o que están en duda. Por ejemplo, se cuenta que Galilei, para comprobar que los cuerpos más pesados no caían más rápidamente que los más ligeros, dejó caer desde la torre inclinada de Pisa dos esferas, una de madera y otra de hierro, y aquellos que observaban este experimento pudieron ver que las dos esferas chocaban contra el suelo en el mismo intervalo de tiempo.

Al respecto, escribe Holton que “fue alrededor de 1590, mientras Galilei estaba en Pisa, cuando realizó un experimento público sobre las velocidades de pesos desiguales dejados caer desde el famoso Campanile de Pisa, aunque lo más probable es que la historia sea una leyenda” (1989, p. 2). Más adelante plantea: “... como la anécdota es tan ampliamente conocida y popularmente se admite como un experimento crucial en la historia de la física” (Ídem.), lo cual es verdad, pero se hace necesario aclarar que lo incorrecto es omitir, por las consecuencias que ello puede ocasionar. Incorrecto también es incluir conocimientos falsos o que están en duda, sin saber que estos lo son por falta de indagación científica, como comúnmente suele pasar.

Según relata Holton:

... vale la pena analizar una fuente de la historia como son las notas biográficas de uno de sus últimos y más íntimos alumnos: Vincenzo Viviani, una historia cuya exactitud se ha puesto a veces en duda. Como a él (Galilei) le pareciese que un conocimiento real de la

naturaleza del movimiento era necesario para la investigación de los efectos naturales, se abandonó completamente a la contemplación del mismo (movimiento): y, entonces, con gran confusión de todos los filósofos, demostró, mediante experimentos y sólidas pruebas y disertaciones, la falsedad de muchas conclusiones de Aristóteles sobre la naturaleza del movimiento que hasta entonces se consideraban claras e indudables; entre otras, que la velocidad de los cuerpos móviles de igual composición, pero de distinto peso, que se mueven a través del mismo medio, no depende de la proporción de sus pesos, como decía Aristóteles, sino que todos ellos se mueven con igual velocidad, cosa que demostró mediante repetidos experimentos realizados desde lo alto del Campanile de Pisa en presencia de todos, profesores, filósofos y alumnos. (1989, p. 2).

En el caso de que Viviani haya inventado la historia del experimento anterior y que los profesores de Física, como usualmente se hace, hablen de esta para motivar a sus estudiantes, por ello hay que hacerlo bien, sin omitir nada, y realizar un análisis de los documentos originales en los cuales se trate el tema. Un ejemplo de cómo debe efectuarse esta acción, es a través del análisis que hace Holton al escribir que:

... debe observarse -en el escrito de Viviani- que se están comparando las velocidades de cuerpos de igual composición. Aparentemente, en 1590, Galilei creía que los cuerpos de igual densidad caían con la misma velocidad, pero que la velocidad de caída podía, aún, depender de la diferencia de densidad entre el objeto y

el medio a través del cual caía. Los escritos de Galilei sobre mecánica durante este periodo indican que aún no había desarrollado la teoría presentada en su trabajo definitivo publicado en 1638. Según el cual todos los cuerpos, cualquiera que fuese su composición, deben caer en el vacío con igual velocidad. Así, la interpretación de Galilei del famoso experimento de la Torre inclinada de Pisa, si es que fue realizado en aquel tiempo, no hubiera sido la misma que la más moderna. (Ídem.)

Otras de las anécdotas falsas o dudosas es aquella que dice que Galilei descubrió la ley del péndulo al observar la oscilación del candelabro de la catedral ubicada junto a la torre de Pisa, mientras rezaba. Sin embargo, es probable que la anécdota más recurrida en las clases de Física, también de origen falso o dudoso, es aquella que cuenta que Galilei, después de haber abjurado ante la Santa Inquisición, donde se retracta de su idea de que la Tierra giraba alrededor del Sol, llegó a exclamar “Eppur si muove”, que en español sería “sin embargo, se mueve”.

Quien lee la abjuración podrá percatarse que Galilei, después de la humillación a la que fue sometido, no pudo haber dicho la referida frase porque en ello le iba la vida que en principio defendía abjurando, la cual en parte se escribe a continuación para mostrar hasta donde los inquisidores fueron capaces de obligar a redimirse de sus ideas a un científico, por demás también religioso y de edad avanzada:

Yo, Galileo, hijo de Vincenzo Galileo de Florencia, a la edad de 70 años, interrogado personalmente en jui-

cio y postrado ante vosotros, Eminentísimos y Reverendísimos Cardenales, en toda la República Cristiana contra la herética perversidad Inquisidores generales; teniendo ante mi vista los sacrosantos Evangelios, que toco con mi mano, juro que siempre he creído, creo aún y, con la ayuda de Dios, seguiré creyendo todo lo que mantiene, predica y enseña la Santa, Católica y Apostólica Iglesia.

Pero, como, después de haber sido jurídicamente intimado para que abandonase la falsa opinión de que el Sol es el centro del mundo y que no se mueve y que la Tierra no es el centro del mundo y se mueve, y que no podía mantener, defender o enseñar de ninguna forma, ni de viva voz ni por escrito, la mencionada falsa doctrina, y después de que se me comunicó que la tal doctrina es contraria a la Sagrada Escritura, escribí y di a la imprenta un libro en el que trato de la mencionada doctrina perniciosa y aporto razones con mucha eficacia a favor de ella sin aportar ninguna solución, soy juzgado por este Santo Oficio vehementemente sospechoso de herejía, es decir, de haber mantenido y creído que el Sol es el centro del mundo e inmóvil, y que la Tierra no es el centro y se mueve. Por lo tanto, como quiero levantar de la mente de las Eminencias y de todos los fieles cristianos esta vehemente sospecha que justamente se ha concebido de mí, con el corazón sincero y fe no fingida, abjuro, maldigo y detesto los mencionados errores y herejías y, en general, de todos y cada uno de los otros errores, herejías y sectas contrarias a la Santa Iglesia. Y juro que en el futuro nunca diré ni afirmaré, de viva voz o por escrito, cosas tales que

por ellas se pueda sospechar de mí; y que si conozco a algún hereje o sospechoso de herejía, lo denunciaré a este Santo Oficio o al Inquisidor u Ordinario del lugar en que me encuentre. (Altshuler, 1966, p. 80)

Qué bueno sería, en vez del “EPPUR SI MUOVE”, llevado y traído de manera equivocada por los profesores en sus clases, discutir acerca de la actitud de Galilei ante los inquisidores. Hay quienes piensan que Galilei debió enfrentarse a los inquisidores y hasta dejarse quemar en la hoguera por defender sus ideas, como con anterioridad lo había hecho Giordano Bruno, quien en ningún momento se retractó de sus ideas y en consecuencia es condenado como “hereje, impenitente, contumaz y obstinado, según unos, o por apostasía y quebranto de sus votos monásticos, según otros, y a la edad de 52 años, fue quemado en una pira levantada en la Plaza Campo dei Fiori, en Roma, el 17 de febrero del año 1600” (Alamino, 2005, p. 62).

Sobre la actitud de Galilei, Brewster escribió que:

... si solamente hubiera Galileo, añadido el valor del mártir a la sabiduría del hombre de ciencia; si hubiera fulminado con la mirada de sus ojos indignados al concurso de sus jueces; si hubiera levantado sus manos al Cielo e invocado al propio Dios como testigo de la verdad e inmutabilidad de sus opiniones, el fanatismo de sus enemigos se habría visto desarmado y la ciencia se hubiera anotado un triunfo memorable. (citado por Altshuler, 1966, p. 81)

Realmente lo escrito por Brewster era una posibilidad, pero existía también la posibilidad que hubiera sido quemado, inclusive junto a su obra, y la ciencia hubiera perdido todo un arsenal de conocimientos descubiertos y descritos por uno de los genios más grandes de la humanidad. Una historia así, rica en matices, no debe ser omitida ni en los libros de textos ni en las clases de Física.

En correspondencia con lo antes expuesto, la historia de la física imbricada en la enseñanza de esta ciencia en forma precisa, permite que los alumnos puedan adquirir una comprensión de la naturaleza de la física, tal como ella es practicada por los verdaderos científicos. Esto se debe a que la enseñanza de la Física y la historia más que parecer, se complementan la una a la otra, están integradas. Ambas le dan al estudiante una comprensión completa de la naturaleza de la física, como actividad intelectual y humana.

Por ello, el valor del historicismo en la física permite, entre otras razones, mostrar el papel que ha desempeñado la física en cuanto al desarrollo de las demás ciencias, la cultura general y científica y la sociedad, así como la influencia que esta ha tenido sobre la estructura del pensamiento humano y sobre el sistema de conceptos, principios, leyes, teorías y modelos que actualmente existen. Asimismo, la historia de la física permite enseñar de manera holística todos los elementos concernientes a la referida ciencia, ya que muestra el proceso bajo el cual se desarrolla la actividad científica. Además,

pone de manifiesto la relación dialéctica entre la física y la tecnología y elimina o minimiza el carácter metafísico de la física durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta.

De este modo, la historia de la física permite ver que la gama de conocimientos generada por los científicos en todos estos siglos va aparejada de discusiones, apegos, desgracias, tragedias, así como de mucho amor y optimismo, lo que hace de ella un ente de motivación, tanto para estudiantes como para profesores. Quien conoce de historia de la física, conoce de esta ciencia, la comprende mejor y evita tener preconcepciones o ideas alternativas en su estructura cognitiva, asimismo, sabe luchar mejor contra las preconcepciones o ideas alternativas que puedan tener sus estudiantes.

En consonancia con lo anterior, la física no es una ciencia abstracta ni descontextualizada, así lo demuestra su historia. Con ella interactúan todas las esferas de la naturaleza y la sociedad y con esas interacciones debe ser enseñada. En el momento de impartir la física aplicada a determinada ingeniería o especialidad que la requiera en su base curricular, esta ciencia deja de ser abstracta para convertirse en una respuesta a interrogantes que se presentan en otras especialidades, así mismo debe ser tratada en todos los casos.

El papel de la historia de la física está muy ligado a la enseñanza de dicha ciencia, es un componente esencial de esta. Los profesores de Física deben ser

conscientes de ello si quieren estar a la altura de los tiempos que transcurren, aunque lamentablemente los cursos de Historia de la Física no abundan en el currículo de formación de profesores o el tiempo que se les da para ser impartido es muy pobre, además de no aparecer prácticamente en los libros de texto dedicados a la presentación de la Física para su estudio por los estudiantes.

Existen dos maneras de introducir la Historia de la Física en el currículo de formación de profesores, una de ellas es por medio de la inclusión de un curso, con una cantidad de horas adecuadas, y la otra es darle tratamiento en cada una de las asignaturas de la formación específica que el estudiante reciba durante su carrera. Hay partidarios de ambas modalidades, pero lo cierto es que de una manera u otra tiene que estar presente el historicismo.

Cuando se está en presencia de un libro de texto de Física, tanto estudiantes como profesores dan por entendido que el autor o los autores de este han revisado y conocen las fuentes originales de donde proviene todo el conocimiento que debe ser aprendido, por supuesto escrito y organizado de manera tal que pueda ser comprendido por los estudiantes de acuerdo al nivel educativo donde se encuentren. Sin embargo, no es así del todo, casi siempre solo aparecen como referencias históricas los nombres de los científicos involucrados, algunas fechas y nada más. Además, en los exámenes no aparece ningún elemento relacionado con la historia de la física.

Esta ciencia, casi en su totalidad, siempre es evaluada por medio de problemas. Lamentablemente, lo importante para los profesores es que los estudiantes aprendan los conceptos, principios, leyes, teorías o modelos presentados en el libro para que sepan cómo solucionar los problemas que aparecen al final del capítulo y puedan aprobar su curso.

En los libros de texto de Física casi nunca se hace mención a obras como los *Principia* (1999) de Newton o los *Diálogos sobre dos nuevas ciencias* (1981) de Galilei y siempre cabe pensar si el autor o los autores conocen de estos libros y si lo han leído. La lectura de dichas obras no es tarea fácil por la manera en que los dos genios escribieron, como tampoco son fáciles de leer los libros escritos por la totalidad de los científicos.

Sin embargo, un profesor de Física tiene que acercarse a ellos y leerlos, sobre todo aquellos que se dedican a escribir los libros de texto. No hay mejor aprendizaje y comprensión de la Mecánica Clásica que leer las obras mencionadas, por solo citar un ejemplo. Hay profesores que comentan que para aprender mecánica o cualquier otra parte de la física solo basta con estudiar los libros de textos escritos al respecto. Quienes piensan así, muy alejados se encuentran de la obtención de un conocimiento profundo y sólido de la física.

Por lo general, los que escriben libros de texto hacen mención a lo que dicen otros libros y a las interpretaciones que otros hacen de lo que escribió

o dijo tal o más cual científico, lo que conlleva casi siempre a historias distorsionadas por omitirse las fuentes primarias. Por tanto, los que se dedican a escribir libros de textos de Física deben leer las obras originales de los científicos a los cuales harán referencia, para que así no existan interpretaciones erróneas de los conceptos, principios, leyes, teorías o modelos.

Con respecto a esta cuestión, según el criterio de los autores, existen dos libros de texto y un proyecto dedicados a la enseñanza de la Física, que son paradigmas en cuanto a presentar esta ciencia desde una perspectiva histórica y ejemplos de excelencia para el campo de la física y su didáctica.

Dichos libros son *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, de Gerald Holton (1952) y *Evolución de los conceptos de la Física*, de Arnold B. Arons (1970), ambos profesores de Física de la Universidad de Harvard, el segundo ya fallecido. En estas obras, los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos de la física se estudian desde una perspectiva histórica y filosófica. Ambas tienen conexiones importantes, a partir de que Arons escribió en el prefacio del suyo que deseaba agradecer la influencia del libro de Holton, “no solo en los capítulos reimpresos (...) sino también en la estructura y espíritu del curso” (1970, p. 6).

Por su parte, el proyecto al que se hizo referencia, fue nombrado “Proyecto del Curso de Física”, creado y

liderado por Holton, Rutherford y Watson. En opinión de sus autores, este proyecto:

... además de “física pura”, muestra cómo la física se relaciona con otras ciencias (...) e incluye aspectos de la filosofía y la historia de la ciencia que ponen el desarrollo de las ideas principales de la física en un contexto humanístico y social (...) el curso (...) se ensambla en un sistema multimedia integrado, incluido el texto, lectores, bucles de película, películas, experimentos con aparatos de laboratorio especialmente coordinados, folletos de instrucciones programadas, transparencias, manual del alumno y libro de recursos para docentes (...) el Premio Nobel de Física I. Rabi, un miembro del Comité Asesor del Proyecto, habló en favor de este punto de vista cuando dijo que la física ahora se encuentra en el “núcleo de la educación humanística de nuestro tiempo”, y agregó, “La ciencia debe enseñarse en cualquier nivel, desde el más bajo a lo más alto, a la manera humanística. Por lo que quiero decir que debe enseñarse con una cierta comprensión histórica, en el sentido de la biografía, la naturaleza de las personas que hicieron esta construcción, los triunfos, las pruebas, las tribulaciones.” (1971, p. 1)

En los libros y el proyecto antes citados, no hay omisiones descuidadas ni tergiversaciones que conlleven a preconcepciones, ideas alternativas, malas interpretaciones o errores conceptuales. Dichas obras son guías a seguir por cada profesor y estudiante de Física (al menos lo han sido para los autores de este libro, en especial para el Dr. Jorge Luis Contreras Vidal, quien ha impartido la

Historia de la Física como asignatura, tanto en pregrado como en postgrado, desde el año 1988 hasta la fecha). Si se desea conocer de otros libros o proyectos realizados en la física y otras ciencias, con el propósito de considerar la integración entre el contenido de la ciencia, su historia y filosofía, los autores recomiendan la lectura del artículo escrito por Matthews (1994), titulado *Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual*.

En correspondencia con lo anterior, en el presente libro se pretende enfatizar en las omisiones totales o parciales de contenidos que existen en los libros de textos dedicados al estudio de la Física como asignatura, así como en las consecuencias negativas que estas conllevan, en especial de aquellas omisiones producidas por la falta de historicismo. También se podrá encontrar la descripción de una estrategia cognitiva que permite penetrar en la mente del sujeto que aprende y determinar, en gran medida, como las referidas omisiones no permiten que se establezcan las conexiones necesarias y suficientes entre los conceptos, principios, leyes y teorías de la ciencia a estudiar.

Sin embargo, lo anterior no facilita que las concepciones o ideas alternativas se conviertan en blanco fácil de combatir, que la cultura científica y general, la educación científica y el proceso de enseñanza-aprendizaje, sean realmente de calidad en quien estudia, ya que esto depende del esfuerzo, el interés y la dedicación de estudiantes y profesores. En conclusión, este libro ofrecerá al lector una guía acerca de cómo se puede

establecer la relación entre la física, su historia, su didáctica y el efecto de las omisiones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta ciencia de invaluable importancia para el conocimiento y el desarrollo humano.

CAPÍTULO II: LA TEORÍA DE LA OMISIÓN: CONSIDERACIONES TEÓRICAS

2.1. La Teoría de la Omisión: Un primer acercamiento

Para lograr el propósito planteado con anterioridad, se hace referencia a tres investigaciones que se han realizado en la didáctica de la física, en específico en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta, las cuales son:

- 1) La relacionada con la estrategia cognitiva denominada Red de asociaciones significativas conceptuales (RASC), que se puede utilizar para determinar cómo se relacionan los conceptos, principios, leyes y teorías de la física en la estructura cognitiva de quien aprende, la cual conlleva a conocer qué elementos no están bien relacionados o estructurados dentro de esta, debido, entre otras razones, a las omisiones totales o parciales de contenidos que se encuentran en los libros de textos (Contreras, 2016, p. 5).
- 2) Las ideas o concepciones alternativas, las cuales han sido estudiadas por autores como: Manrique (1989), Pinto (1991), Carrascosa

(1992, 1996), Pfundt y Duit (1994), Wandersee (1994), entre otros (citado por Valdés y Valdés, 2004). Estas ideas o concepciones alternativas conllevan a errores conceptuales en los libros de textos de Física, tanto en profesores como en estudiantes. Dentro de las cuestiones que provocan dichas ideas o concepciones se encuentran las relacionadas con el hecho de que en el texto no se ofrezca ninguna información con el propósito de cambiarla o que se brinde incompleta, o sea, que la información se omita total o parcialmente (Carrascosa, 2015).

- 3) La Teoría de la Omisión (TOMs), que es una propuesta pedagógica, específicamente dentro del campo de la didáctica, para abordar y desarrollar temas a partir del estudio de aquellos contenidos que son omitidos parcial o totalmente en los libros de textos de Física, lo cual puede llevar a cometer errores conceptuales, punto de contacto con lo planteado por Carrascosa, pero que además, atenta contra una educación y cultura científica de calidad en los alumnos, y trae consigo una deficiente formación de los conceptos, principios, leyes y teorías en la estructura cognitiva de estos (Benvenuto, Contreras y García, 2017).

Las investigaciones señaladas se complementan una a la otra, sobre todo con respecto a la determinación y el estudio que los conceptos, principios, leyes y teorías

mal relacionados o estructurados, así como aquellos elementos omitidos total o parcialmente en la estructura cognitiva de quien aprende, pueden llegar a provocar ideas o concepciones alternativas que conllevarán luego a errores conceptuales por parte de los alumnos, entre otras causas. A continuación, se muestran ejemplos.

- **Fuerza y movimiento**

Si a un estudiante se le pregunta en un examen: ¿Por qué un balón de fútbol, después de pateado, continúa moviéndose?, y este responde que lo hace por la aplicación de la fuerza del pie del futbolista sobre el balón, el alumno ha cometido un error conceptual que viene dado por una idea alternativa, la cual está enraizada en su estructura cognitiva, que conecta al concepto fuerza con el de movimiento. La idea de relacionar ambos conceptos ha aparecido reiteradamente en la aplicación de la estrategia RASC antes mencionada, la que ha sido aplicada a los estudiantes de diferentes niveles educativos en Cuba.

En consonancia con lo anterior, la idea de asociar fuerza y movimiento no es del todo errónea ya que parte de las vivencias diarias y del sentido común de las personas. Para la mayoría de los sujetos, para que un objeto cualquiera se ponga y se mantenga en movimiento hay que aplicarle algo y a este algo se le llama fuerza. El propio Aristóteles, filósofo enciclopédico y hombre de ciencia, pensaba así. Una razón que avala lo anterior es cuando escribió que:

... todo lo que está en movimiento tiene que ser movido por algo. Porque, si no tiene en sí mismo el princi-

pio de su movimiento, es evidente que es movido por otra cosa (...) Además, lo que esté en movimiento sin ser movido por algo no cesaría de estar en movimiento porque alguna otra cosa esté en reposo; pero tendrá que ser movido por algo si está en reposo porque algo ha cesado en su movimiento. Si esto se acepta, todo lo que está en movimiento tiene que ser movido por algo. (1995, p. 243)

Para comprender que el movimiento de un objeto no depende de la fuerza que se le aplica constantemente, hay que estudiar lo relativo al movimiento desde una perspectiva histórica, ya que de esta manera se puede hacer las abstracciones pertinentes que realizaron hombres de ciencia como: Hiparco de Nicea, Filópono, Jean Buridan, Galilei y Newton, por solo citar alguno de ellos.

- **La ley de Ohm**

Si en un libro de texto de Física se escribe que la expresión para el cálculo $R = \frac{V}{I}$ la resistencia en una porción de un circuito es $R = \frac{V}{I}$ y se dice que es la ley de Ohm (Georg Simon Ohm, 1789-1854), omitiéndose que no fue este quien la escribió así, sino Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), y que la ecuación mostrada es la fórmula matemática para el cálculo de la resistencia, se cumpla o no la ley de Ohm, la cual plantea que: La intensidad de la corriente (efecto) que circula por un circuito es directamente proporcional a la diferencia de potencial (causa), donde la resistencia eléctrica es el factor de proporcionalidad que aparece en la relación , entonces la formación del concepto de

resistencia eléctrica no quedará bien formado en la estructura cognitiva de quien aprende.

Originalmente, Ohm escribió la ecuación de la siguiente manera:

$$\tau = \frac{a}{b + x}$$

Esta ecuación la obtuvo a partir de un experimento que realizó, al basarse en el efecto Seebeck (Thomas Johann Seebeck, 1770-1831), que es la conversión de diferencias de temperatura directamente a electricidad. Seebeck descubrió que la aguja de una brújula se desviaba (T), al estar esta desviación en relación directa con la intensidad de la corriente cuando se formaba un circuito cerrado de dos metales unidos en dos lugares con una diferencia de temperatura (a), asociándose esta a una diferencia de potencial entre las uniones, por la que la contribución de la resistencia de ambos metales es la expresión $b+x$. Esto se debe a que los metales responden de modo distinto a la diferencia de temperatura, lo que crea una corriente de circuito que produce un campo magnético.

A continuación, se detallan las tres investigaciones antes citadas.

2.2. La Teoría de la Omisión y la Red de asociaciones significativas conceptuales (RASC)

Es pertinente señalar que la estrategia que se presenta en este libro ha sido aplicada en estudiantes y profesores que estudian e imparten clases en el bachillerato y en la carrera Física para formarse

como profesores de esta en Cuba. Mediante su aplicación se comenzó a analizar las causas de los errores cometidos a la hora de asociar determinados contenidos (conceptos, principios, leyes, teorías y modelos), así como su historia, por parte de los estudiantes.

Una de las acciones realizadas fue revisar los libros de textos por los cuales los profesores impartían sus clases y los estudiantes se preparaban para aprender. Como resultado de este análisis, surgió el hecho de todo lo que se omitía en los libros de textos, ya fuera parcial o totalmente, y de las consecuencias para la formación integral de los contenidos de física en la estructura cognitiva de estudiantes y profesores. Sin embargo, la estrategia propuesta puede ser aplicada en el estudio de otras ciencias.

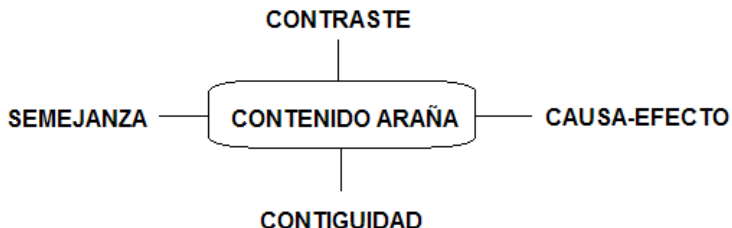
En correspondencia con lo antes expuesto, dicha estrategia cognitiva sirve para determinar cómo se agrupan los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos, así como el desarrollo histórico de estos, en la estructura cognitiva de quien aprende y las relaciones que se establecen entre los distintos elementos. Conocer lo anterior es de extrema importancia para dirigir un proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) de la Física, de manera diferenciada para cada estudiante. Por medio de esta se puede llegar a conocer como las omisiones parciales o totales de contenidos y su desarrollo histórico en los libros de textos, llegan a afectar la comprensión de la física por parte de profesores y estudiantes.

De este modo, la estrategia es asociativa-significativa, ya que permite asociar conceptos, principios, leyes, teorías y modelos, así como su desarrollo histórico, con un grado de jerarquización tal que da la medida del significado entre estos aspectos y sirve para determinar la estructura cognoscitiva de quien aprende antes y después de la instrucción. En tal sentido, determinar la estructura cognoscitiva significa conocer cómo se disponen las ideas que el estudiante o profesor tiene, cuán claras y estables están y cómo se relacionan y jerarquizan entre ellas, además de conocer cuáles de los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos, con el desarrollo histórico incluido, han sido omitidos total o parcialmente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia en cuestión.

Es de destacar que la estructura cognoscitiva como “producto de los procesos cognitivos y la interacción con el medio (...) es esencialmente dinámica, sean cuales sean los métodos empleados para su conocimiento, reflejarán el estado en un determinado momento, que quizás pueda ser diferente a otro” (Casas, 2002, p. 136). Por tanto, la Red de asociaciones significativas conceptuales (RASC) es potencialmente facilitadora para la formación de los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos de una manera integrada. En sí no es más que un diagrama que intenta modelar las diferentes relaciones que se establecen entre los conceptos desde los distintos tipos de asociaciones que existen (semejanza, contraste, contigüidad y causa-efecto), en fin, es un diagrama de significados, de asociaciones significativas (Contreras, 2016, p. 81).

En física, se puede asociar por semejanza todos los tipos de fuerzas y campos físicos, tomando en consideración las interacciones que provocan y la unidad en que se expresan. De igual modo, pueden asociarse por contraste, ya que existen diferencias sustanciales las cuales hacen que sus significados sean únicos y se logren distinguir de los demás tipos de fuerzas o campos físicos. Algo muy similar ocurre con los tipos de movimientos. Por otra parte, en las ecuaciones físicas, las magnitudes involucradas se asocian por contigüidad, puesto que estas se relacionan en el mismo tiempo y espacio, es decir, al unísono, como ocurre en el caso de las magnitudes fuerza, masa y aceleración, mientras que las magnitudes fuerza y aceleración se pueden asociar por causa y efecto.

Para tejer la RASC, anteriormente referenciada, se debe colocar en el centro de una hoja el aspecto que se quiera estudiar en su integración y, a partir de este, comenzar a asociarlo por los cuatro tipos de asociaciones anteriormente mencionadas. A este concepto, principio, ley, teoría o hecho histórico se le denomina “contenido araña” porque de ahí, precisamente, se comienza a “tejer” dicha red. Como puede observarse, el contenido araña se asocia a los demás conceptos, principios, leyes, teorías o hechos históricos, por medio de líneas que se numeran para denotar el grado de jerarquización que existe entre ellos. El tamaño de la línea es arbitrario.



Lo trascendente es que la RASC, tejida de la manera anterior, se convierte en una estrategia capaz de evidenciar las asociaciones y los significados que se establecen entre los conceptos, principios, leyes, teorías, modelos o hechos históricos que se estudian, en el contexto de un cuerpo de conocimientos entre una o varias disciplinas, o de una asignatura en específico.

En tal sentido, si el que teje la RASC, ya sea profesor o estudiante, une, por ejemplo, dos conceptos o más, por medio de una línea numerada, debe ser capaz de explicar el significado de la asociación que ve entre estos elementos. Esto se debe a que la RASC por sí sola no es autoexplicativa, por ello las relaciones mostradas deben ser explicadas por quien la teje. De esta forma, cuando se expone, la persona es capaz de pasar del plano intrapsicológico al interpsicológico, es capaz de externalizar los significados. Es aquí donde radica el mayor valor de la RASC.

Asimismo, con el uso de la RASC se garantiza la multiplicidad de las asociaciones y la jerarquización de estas alrededor de un concepto, principio, ley, teoría, modelo o hecho histórico, lo que permite, a la

vez, comprenderlos mejor y fijarlos con mayor solidez en la memoria. Se parte para ello del hecho de que dos ideas o más, que precedentemente han formado parte del mismo acto integral del conocimiento, se sugieren mutuamente siempre y cuando estas sean significativas.

La RASC puede ser realizada a partir de dos situaciones. La primera es darle al estudiante o profesor un concepto, principio, ley, teoría, modelo o hecho histórico como “contenido araña” y, a partir de este, comenzar a “tejer” la red con todo aquel conocimiento que el estudiante o profesor tenga en su estructura cognitiva hasta ese momento. La segunda opción es dar un grupo de conceptos, principios, leyes, teorías, modelos o hechos históricos sobre cierto tema, sugerir el “contenido araña” y desde ahí “tejer” la red. La primera opción es más libre en cuanto al tejido de la red, mientras que la segunda opción restringe más el “tejido”, pero va más enfocada al objetivo de conocer cuánto se omite en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.

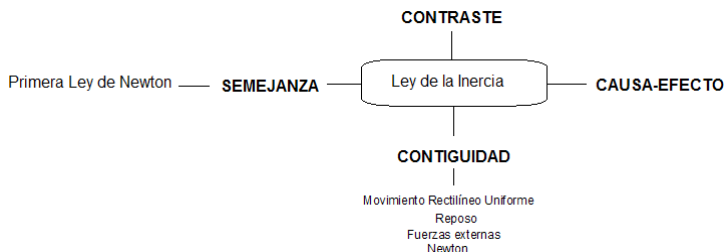
A continuación, se muestra un ejemplo con el empleo de la segunda opción. La orden para materializar la RASC es la siguiente: “A partir de los siguientes conceptos, principios, leyes, teorías, modelos y hechos históricos le pedimos que “teja” la RASC. El contenido araña es Ley de la inercia. No hay tiempo establecido para hacerlo.”

Conceptos, principios, leyes, teorías y hechos históricos propuestos:

- Ímpetu

- Ley de la inercia
- Movimiento Rectilíneo Uniforme
- Reposo
- Juan Filópono
- Jean Buridan
- Galileo
- Newton
- Fuerzas externas
- Primera Ley de Newton

Ejemplo de una RASC realizada por un estudiante de la carrera Física:



Como puede observarse, se omitió en la RASC al concepto Ímpetu y los nombres de los científicos Filópono, Buridan y Galilei, sin embargo, todo ello forma parte de la historia del desarrollo de la ley de la inercia, como se podrá leer más adelante. Lo omitido en la RASC es precisamente lo que se ha obviado en

los libros de textos por los cuales los estudiantes se preparan como futuros profesionales; libros por los cuales también estudian los profesores.

Para “tejer” la RASC, si se va a trabajar solo a nivel conceptual, se recomienda que primero se les aplique a los estudiantes el “Test de los tipos de asociaciones conceptuales” (TTAC), el cual pretende conocer como el estudiante asocia dos conceptos determinados teniendo en consideración los tipos de asociaciones, o sea, no solamente va a señalar si los conceptos están o no asociados, sino que va a distinguir bajo qué tipo de asociación o asociaciones están relacionados. Este test también se procesa cualitativamente y a través de porcentos (Contreras, 2016, p. 81).

A continuación, se muestra como el test se indica para ser completado:

“A usted se le dará una tabla que contiene pares de conceptos que pueden estar asociados o no de acuerdo a los conocimientos que posee. Usted marcará con una cruz en la casilla de asociados o no. Si marca en la casilla de no asociados para un par de conceptos pues sencillamente debe pasar al otro par; si considera que este nuevo par si está asociado, entonces marcará con una cruz bajo qué tipo de asociación o asociaciones se relacionan. No hay límite de tiempo para este test. Debe recordar que se puede asociar por: Semejanza (S), Contraste (C), Contigüidad (Ct) y Causa-Efecto (CE).”

Un ejemplo de tabla puede ser la siguiente:

| Pares de conceptos | No asociados | Asociados | S | C | Ct | CE |
|---|--------------|-----------|---|---|----|----|
| inercia-movimiento rectilíneo uniforme | | | | | | |
| impetu-inercia | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Y así se realiza sucesivamente con todos los demás conceptos.

2.3. La Teoría de la Omisión y las ideas o concepciones alternativas

Omitir el desarrollo histórico de conceptos, principios, leyes, teorías y modelos en los libros de textos de Física, puede traer como consecuencia que en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta, aparezcan ideas o concepciones alternativas, tanto en profesores como en estudiantes. En tal sentido, al tratar el tópico de los libros de textos y otros materiales didácticos con graves errores conceptuales, Carrascosa (2015, pp. 197-198), plantea lo siguiente:

- a) Las concepciones alternativas relacionadas con el hecho de que en el texto no se ofrezca ninguna información con el propósito de cambiarla o que se brinde de forma incompleta.
- b) Los modelos, ecuaciones y teorías refutadas, pertenecientes a la historia de las ciencias, se tratan de manera simplista, como algo ya pasado,

sin tener en cuenta que también algo similar a esos modelos, ecuaciones y teorías pueden estar en la mente de los estudiantes.

- c) Existen profesores que tienen las mismas ideas alternativas que sus estudiantes o que sencillamente desconocen este problema, con lo cual no pueden detectarlas en los estudiantes y por lo tanto tampoco son capaces de ayudarlos a superarlas.

En este aspecto, Carrascosa (2015), hace énfasis en que los profesores, además de poseer una formación científica adecuada, deben conocer la historia de la ciencia que imparten. No es menos cierto que existen ideas alternativas en los estudiantes que coinciden exactamente con ciertas ideas que se desarrollaron en determinados periodos de la historia de la ciencia.

Al respecto, Carrascosa destaca ejemplos como los relacionados con la física aristotélico- escolástica, el calórico, el flogisto, las ideas de Lamarck, el vitalismo, entre otras, que los profesores deben conocer para que sean receptivos cuando en su clase surjan ideas que relacionen la fuerza con la velocidad, el calor con una sustancia -o con una energía-, así como dificultades respecto a la comprensión de la constancia de la masa en determinadas transformaciones, entre otras. Ello les ofrecerá la posibilidad de tener mejores elementos de juicio para comprender la persistencia de dichas ideas y plantearse su proceso de cambio hacia las que trata de enseñar.

Las ideas alternativas en los estudiantes, de acuerdo a Carrascosa (2015), no constituyen unas cuantas ideas dispersas, sino que, en general, se hallan integradas en la mente del sujeto como verdaderos esquemas conceptuales, dotados de una cierta solidez y coherencia interna. Estos esquemas ya no son vistos como errores o algo negativo, sino como estructuras cognitivas que interaccionan con la información que llega desde el exterior y juegan un papel esencial en el aprendizaje.

En tal sentido, las omisiones de contenidos en los libros de textos de Física, no solo conllevan a la comisión de errores conceptuales y a la aparición de ideas alternativas, sino también crean una falta de motivación hacia el estudio de la física, cuestión que cada día es más evidente en Cuba y otros países, tanto en la enseñanza secundaria como preuniversitaria, con énfasis en aquellas carreras donde se forman “físicos puros” o profesores de Física, lo cual se hace evidente al ver cuán deprimidas están las matrículas en la universidades. Por tanto, las omisiones ya referidas dan al traste con el desarrollo adecuado de una cultura científica en estudiantes y profesores, así como al establecimiento de asociaciones contradictorias en la estructura cognitiva de estos.

2.4. La Teoría de la Omisión (TOMs)

Al emplear el término de Teoría de la Omisión (TOMs), con énfasis en el término “omisión”, se puede correr el riesgo de que ya este se emplee difusamente con “otro sentido”, por ejemplo, en la teoría penal

con aproximación a una forma delictiva, como es el caso del “Delito por Omisión” (Carnevalli, 2002). Si a pesar de ello se insiste en su empleo es porque en cierta medida la omisión voluntaria o involuntaria de elementos constitutivos de conceptos, principios, leyes, teorías y desarrollos históricos en la física, constituyen no solo “delitos en la formación científica”, sino en las concepciones didácticas y epistemológicas más avanzadas de la enseñanza-aprendizaje de la Física en el mundo contemporáneo. De ahí que, en el campo de la didáctica se puede utilizar el término de delito didáctico por omisión.

Tampoco se estima que se violente la Primera ley de la lógica o Ley de la identidad que, en general, señala que todo concepto o juicio debe ser idéntico a sí mismo. Por tanto, todo concepto es idéntico a sí mismo, aunque sean diversos los contextos y los sentidos que se pretenda utilizar. De esta manera, Teoría de la Omisión mantiene en este contexto, idéntico sentido que en el campo del derecho, específicamente en el Código Penal.

En consonancia con lo anterior, “Teoría”, según el *Diccionario de la lengua española* (DRAE), significa: “f. Conocimiento especulativo considerado con independencia de toda aplicación. || 2. Serie de las leyes que sirven para relacionar determinado orden de fenómenos. || 3. Hipótesis cuyas consecuencias se aplican a toda una ciencia o a parte muy importante de ella. || 4. Entre los antiguos griegos, procesión religiosa. || En ~. loc. adv. Sin haberlo comprobado en la práctica” (2014).

A su vez, “Omisión”, según el DRAE, significa: “f. Abstención de hacer o decir. || 2. Falta por haber dejado de hacer algo necesario o conveniente en la ejecución de una cosa o por no haberla ejecutado. || 3. Flojedad o descuido de quien está encargado de un asunto. || ~ del deber de socorro. f. Der. Delito o falta consistente en la abstención de una actuación que constituye un deber legal, como la asistencia a menores incapacitados o a quien se encuentra en peligro manifiesto y grave” (2014).

De esta manera, el sentido que alcanzan los dos términos juntos, teoría y omisión, hace pensar en el análisis sistémico dedicado a qué son, cómo se manifiestan y qué consecuencias tienen las omisiones en el contexto específico del estudio de la física en cualquier nivel de enseñanza, con énfasis en la formación universitaria.

Con el uso de la estrategia cognitiva desarrollada con anterioridad (RASC), aplicada en estudiantes y profesores de diferentes niveles educativos para determinar cómo se relacionan o asocian los conceptos en sus estructuras cognitivas y al vincular dichos resultados a la teoría relativa de las ideas o concepciones alternativas, es que se han podido desarrollar y estudiar las ideas concernientes a la omisión de los conceptos, principios, leyes y teorías, así como su impacto en la didáctica de la física.

La TOms propone que la información, conocimientos y conceptos que se desarrollan en los libros de textos no deben ser contradictorios, incoherentes o

invalidados por los que se omiten. En muchos temas, el efecto de lo omitido en la información desarrollada provoca su incomprensión, cambia su significado y/o interpretación, demuestra que el análisis realizado es incorrecto. El concepto de la TOMs se aplica en ejemplos que son fundamentales para aclarar y comprender su significado.

En los ejemplos de física, un concepto, principio, ley, teoría o modelo se desarrolla desde un estado inicial (EI) en una dirección o secuencia de avance seleccionado, dicho avance es hasta un estado final (EF). En general, un concepto, principio, ley, teoría o modelo no termina en el EF, sino que continúa, o sea el desarrollo estado inicial-estado final es parcial. Los conceptos, principios, leyes y teorías, durante el estado inicial-estado final deben ser coherentes con los omitidos o no desarrollados y enriquecerse en la medida que el desarrollo histórico de estos lo permita.

En consonancia con lo expuesto anteriormente, un objetivo fundamental de la TOMs es avisar, destacar, señalar que al abordar un concepto, principio, ley o teoría se deben tener muchas precauciones y que estos aspectos se abordan siempre teniendo en cuenta lo que se omite.

Es preciso señalar que durante las actividades y procesos de enseñanza-aprendizaje en el nivel medio y universitario, se han detectado conceptos, principios, leyes, teorías y modelos confusos o incorrectos que constituyen ideas previas de los estudiantes. Como conclusión de la tarea docente

se considera que son consecuencia del tratamiento de los contenidos en forma incorrecta y de los conocimientos no desarrollados. Al analizar textos y artículos también se encuentran temas argumentados con características semejantes.

Por tanto, los ejemplos son esenciales para aclarar y comprender el concepto de la TOMs. En general, los temas seleccionados como ejemplos se describen y analizan en forma sinóptica. El trabajo es abierto en el sentido que se desee agregar otros ejemplos de TOMs de cualquier contenido y refutar los presentados. A continuación, se presentan algunos ejemplos de temas que, en general, no se abordan correctamente o son omitidos, los primeros son categorías generales de las ciencias y están referidos a sistemas, modelos y clasificación.

- **Sistema:** Parte o porción del Universo que se elige para estudiar, el resto es el medio ambiente (MA).

Para las Ciencias Naturales, el estudio de un sistema implica la aplicación del método científico, o sea, cualquier hipótesis, modelo o suposición, únicamente tiene validez y significado si es verificada o no es refutada por una experiencia cuantitativa (en las condiciones de la experiencia, las cuales siempre se deben indicar). En cualquier tema, explícita o implícitamente, se estudia o analiza un sistema.

- **Modelo:** Hipótesis, suposición, teoría, propuesta sobre la estructura, constitución,

propiedades, comportamiento, etc. de un sistema.

Las experiencias cuantitativas (mediciones con desconfianza) son la única forma de verificación de un modelo y ninguna experiencia debe refutarlo, los resultados experimentales deben ser coherentes con los que se obtienen o predicen con el modelo (método científico). Cada modelo justifica y/o explica algunas propiedades, comportamientos, fenómenos, etc. de un sistema, pero no otros ni todos y, por lo tanto, tiene un rango, límite, condiciones de validez o aplicación, incertidumbre o desconfianza conocida.

En temas subjetivos, los modelos son de alta desconfianza, ya que no predicen comportamientos o fenómenos. Los modelos son parciales, transitorios y con menor o mayor desconfianza o incertidumbre.

- **Clasificación:** Para proponer la clasificación de un sistema es imprescindible previamente definir y explicitar propiedades o características del sistema en estudio y luego indicar las usadas o elegidas para realizar la clasificación.

Luego, clasificar implica inevitablemente conocer, identificar propiedades del sistema. Un ejemplo de clasificación básica importante de los sistemas es según el intercambio de masa y energía con el medio ambiente: aislados, cerrados o abiertos. Otro ejemplo es el sistema cerebro: los mecanismos del cerebro son, hasta ahora, desconocidos e indescifrables, por lo tanto, no se pueden identificar y clasificar (deducción, asociación, etc.)

Se sostiene en el presente libro, que en el análisis realizado de los libros de física por los cuales estudian los profesores y estudiantes, se ha podido constatar que existen contenidos esenciales que han sido omitidos, lo cual va en detrimento de la motivación, en el desarrollo de una cultura y educación científica adecuada y en el establecimiento de asociaciones contradictorias en la estructura cognitiva de los estudiantes. La omisión de estos contenidos lleva, por tanto, a que la enseñanza de determinados temas no sea todo lo eficiente que puede ser y que el aprendizaje no alcance la riqueza necesaria que debe poseer.

Por ello, es indispensable lograr que los contenidos que se omiten en los libros de física no hagan que aquellos que se desarrollan en las clases sean contradictorios, incoherentes o invalidados por estos. De lo contrario, dicha situación puede acarrear ideas alternativas, errores conceptuales y confusión en los contenidos recibidos.

El bachillerato o preuniversitario cubano, el cual se encuentra actualmente bajo un nuevo proceso de perfeccionamiento, se conforma de tres cursos escolares conocidos como décimo, oncenno y duodécimo grado. La asignatura Física es impartida en los tres grados y para ello se cuenta con un libro, tomo único, para el décimo grado, dos libros, tomo I y II para el oncenno grado y de la misma manera para el duodécimo grado. Los libros mencionados han sido elaborados por autores cubanos y no están exentos de omisiones de ideas que pueden conllevar a errores

conceptuales, a ideas alternativas y al desarrollo inadecuado de una motivación intrínseca y extrínseca en los estudiantes, lo que limita la formación de una cultura científica de calidad en estos.

Dichos textos no cuentan con desarrollos históricos que conlleven a una comprensión profunda de los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos físicos. Este último aspecto está dado porque en la formación de profesores de Física en Cuba no ha habido sistematicidad en la inclusión de la Historia de la Física dentro de los planes de estudio de la carrera en cuestión.

Además, cuando se ha incluido, el número de horas es muy limitado para desarrollar un curso con la calidad necesaria, lo que ha llevado a que en los programas de la asignatura sean insuficientes las acciones metodológicas que orienten a los profesores para llevar a cabo la integración entre la Historia de la Física y su enseñanza. Esta razón hace verdaderamente difícil encontrar estudiantes que, luego de recibir Física y aprobarla, puedan realizar análisis críticos acerca de determinados problemas sociales y filosóficos de la ciencia, dados alrededor de un descubrimiento científico.

A continuación, se presentan como ejemplos algunas de las omisiones en el *Libro de texto de Física*, décimo grado (Nuñez, Sifredo, Hernández y otros, 2005).

- **Omisión de nombres de científicos**

En esta obra, desde la página 1 hasta la 107, se omiten los nombres de los científicos involucrados en los temas que en esas páginas se tratan. Lo más sorprendente es que la mayoría de los contenidos tratados, referentes a la cinemática del movimiento mecánico, pertenecen al científico italiano Galileo Galilei (1564-1642). Imaginar que ni siquiera se le mencione cuando se aborda el tema de proyectiles, estudiado por él en el Cuarto Día de su libro *Discurso y demostración matemática, en torno a dos nuevas ciencias* y salido a la luz pública en 1638 (Arons, 1970), es una cuestión imperdonable ya que limita la motivación hacia el estudio de la Física, la educación y la cultura científica en los estudiantes, los cuales en su preparación es muy extraño que se acerquen a otros libros de textos que no sea aquel que reciben en su escuela y por donde serán evaluados.

- **Omisión del desarrollo histórico del concepto de velocidad**

En este libro del décimo grado, se maneja como expresión de la velocidad para el movimiento rectilíneo uniforme la relación entre el desplazamiento del cuerpo y el intervalo de tiempo en el que este se efectúa ($v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$) y nunca se menciona que la expresión de velocidad tiene sus antecedentes en los trabajos de Aristóteles (394-322 a.C.) y Filópono (490-566), quienes consideraban las magnitudes de fuerza y resistencia, en vez de las trabajadas por Galilei (Arons, 1970). Algo similar ocurre en el libro *Física Universitaria* (Young y Freedman, 2009), y en *Fundamentals of Physics* (Halliday, Resnick y Walker,

2016), los cuales son utilizados en la formación de estudiantes y profesores de Física en Cuba.

Para Aristóteles, la velocidad de un objeto era igual a la relación entre la fuerza que se le aplicaba a un cuerpo y la resistencia que el medio le ofrecía. Algebraicamente esto sería: $v = \frac{F}{R}$. Una dificultad primaria de esta expresión es el hecho de que si la resistencia se hace cero, pues entonces la velocidad tiende hacia el infinito. Para evitar esta dificultad, Aristóteles plantea que la resistencia solo puede ser cero en el vacío y que la naturaleza no lo permite porque lo aborrece, de esta manera se aferra a la idea del “horror vacui”. Al respecto escribe: “Y siempre, cuanto más incorpóreo y menos resistente y más divisible sea el medio a través del cual el cuerpo se desplaza, tanto más rápidamente lo atravesará” (1995, p. 140). Luego de una serie de consideraciones plantea que: “... queda claro, entonces, por las anteriores consideraciones, que no existe un vacío” (Ibídem, p. 143).

Otra dificultad es la referida a la magnitud fuerza. Después de lanzado un objeto, la fuerza que se utilizó para hacerlo deja de actuar inmediatamente, entonces qué fuerza mantiene al objeto en movimiento. Según Aristóteles, “los proyectiles se mueven, aunque lo que los impulsó no esté ya en contacto con ellos, o bien por antiperístasis, como suponen algunos, o bien porque el aire que ha sido empujado los empuja con un movimiento más rápido que el que los desplaza hacia su lugar propio” (Ibídem, p. 139). Por su parte, Filópono planteó que la velocidad de un objeto era

igual a la diferencia entre la fuerza y la resistencia, y con ello evitó la dificultad del vacío (resistencia cero) con la que se enfrentó Aristóteles, así como la tendencia hacia el infinito de la velocidad.

La ecuación para la velocidad, de acuerdo a las ideas de Filópono, escrita algebraicamente, queda como $v = F - R$. De esta manera, Filópono admite como posible la existencia de un movimiento sin resistencia. En este caso, siendo $R = 0$, velocidad y fuerza aplicada resultan proporcionales, no habiendo ningún movimiento instantáneo, como juzgaban los aristotélicos. También Filópono rechaza la antiperístasis aristotélica como causa del movimiento de un objeto, ya fuera una piedra o una flecha. Con respecto a esta cuestión, dicho científico escribe lo siguiente:

Sobre esta suposición sería difícil decir qué es lo que hace que el aire, una vez impulsado hacia adelante, se mueva de vuelta, es decir, a lo largo de los lados de la flecha, y la trasera de la flecha, volviendo una vez más e impulsando la flecha hacia adelante. Pues, en esta teoría, el aire en cuestión debe realizar tres movimientos distintos: este debe ser impulsado hacia adelante por la flecha, para entonces moverse hacia atrás, y finalmente volver y continuar hacia adelante una vez más. Sin embargo, el aire es fácilmente movido, y una vez colocado en movimiento, atraviesa una distancia considerable. ¿Cómo, entonces, puede el aire, impulsado por la flecha, dejar de moverse en dirección al impulso impreso, y en vez de eso girar, como por orden de algún comando, y retrasar su curso? Además, ¿cómo puede este aire, al girar, evitar

dispersarse en el espacio y sí colisionar precisamente sobre el tallado final de la flecha y nuevamente impulsar la flecha hacia adelante? Tal visión es totalmente increíble y llega a ser fantástica. (citado por Peduzzi y Zylbersztajn, 1997, p. 353)

- **Omisión en la definición de movimiento rectilíneo uniforme**

En el *Libro de texto de Física*, décimo grado (2005, p. 38), se plantea la definición de movimiento rectilíneo uniforme (MRU) de la siguiente manera: “Un cuerpo se mueve con movimiento rectilíneo uniforme cuando realiza iguales desplazamientos en el transcurso de iguales intervalos de tiempo” y se omite al final de esta “cualesquiera que estos sean”. En el libro de los *Diálogos sobre dos nuevas ciencias* (1981), mencionado con anterioridad, Galilei enfatiza que a dicha definición hay que agregarle “... cualesquiera que estos sean.” De no ser así, la definición estaría incompleta y no se garantizaría con ello que la velocidad, en este tipo de movimiento, sea constante en cada uno de sus puntos a lo largo de todo el trayecto recorrido.

Este ejemplo constituye un error físico e histórico al mismo tiempo, lo cual trae como resultado que en la estructura cognitiva de los estudiantes se establezcan asociaciones contradictorias entre dicho concepto y otros relativos a este. Originalmente en los referidos *Diálogos sobre dos nuevas ciencias* (1981), Galilei lo describe como sigue:

Por movimiento igual o uniforme entiende aquel en el que los espacios recorridos por un móvil en tiempos

iguales cualesquiera son iguales entre sí, va seguida de una advertencia donde se señala la importancia del término “cualquiera” ya que puede suceder que un móvil recorra espacios iguales en determinados tiempos iguales mientras que distancias recorridas en fracciones de tiempo más pequeñas pueden no ser iguales, aunque lo sean dichos intervalos más pequeños. (Azcarate, 1984, p. 204)

- **Omisión en la ley de la inercia**

De igual modo, en el *Libro de texto de Física*, décimo grado (2005, p. 111), se escribe que la primera ley de la inercia, escrita por Isaac Newton (1642-1727), dice: “El estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo se mantiene mientras sobre él no actúan otros cuerpos o las acciones de estos se compensan.” Comparemos esta definición con la escrita por Descartes (1596-1650): “Cada uno de los cuerpos permanece en el mismo estado hasta donde es posible y cambia su estado solamente por impacto con otros cuerpos. Cada cuerpo tiende a continuar su movimiento en línea recta, no una curva, y todo movimiento curvilíneo es movimiento bajo alguna constricción” (citado por Arons, 1970, p. 78).

Evidentemente, la ley que se escribe en dicho libro de texto para los estudiantes de décimo grado es la de Descartes, no la de Newton, pero escrita de manera más sintética. Newton escribió su ley de la siguiente manera: “Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, si no es obligado a cambiar dicho estado por fuerzas

aplicadas a él” (citado por Arons, 1970, p. 147), la cual puede ser encontrada en los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (1999), donde plantea que: “Una fuerza aplicada es una acción ejercida sobre un cuerpo a fin de cambiar su estado, ya sea de reposo, o de movimiento uniforme en una línea recta” (citado por Arons, 1970, p. 147).

En tal sentido, Newton siempre habló de fuerzas aplicadas a cuerpos y no de acciones o impactos de cuerpos sobre otros. Como puede observarse, colocar la definición de la inercia más resumida, pero evidentemente de Descartes, y omitir la de Newton, es un error histórico que conlleva a errores conceptuales y a asociaciones equivocadas en la estructura cognitiva del estudiante. Además, acerca de la inercia solo se menciona como antecedente a la escrita por Galilei, la cual se podrá leer más adelante, cuando Aristóteles y Descartes también escribieron al respecto.

La definición dada por Aristóteles fue: “Un cuerpo, o bien continuaría en su estado de reposo o continuaría necesariamente su movimiento indefinidamente a no ser que una fuerza mayor interfiriera con él (1995, p. 72). Como se aprecia, la definición dada por Newton y la elaborada por Aristóteles son prácticamente iguales, la diferencia radica en que para Aristóteles el “movimiento indefinidamente” no puede existir, porque ello sería aceptar la existencia de la resistencia cero o el vacío, lo cual para él era imposible, mientras que para Newton la resistencia cero o el vacío sí podía existir, aunque en su tiempo era una situación idealizada, pero posible.

En el año 1700, apareció una obra póstuma del holandés Christiaan Huygens (1629-1695) titulada *De motu corporum ex percussione*, en la cual se encuentra también el principio de la inercia, que dice: “Un cuerpo en movimiento tiende a moverse en línea recta con la misma velocidad en tanto no encuentre un obstáculo” (citado por Posada, 2015, p. 56). En esta definición es posible apreciar que habla de “obstáculo” y no de “fuerza” como lo hizo Newton.

Sin embargo, para profundizar bien en la ley de la inercia es necesario señalar que sus inicios comenzaron con Demócrito (460 a.C.-370 a.C.) y sus trabajos sobre la existencia y características de los átomos, donde el movimiento de estos en el vacío se realiza en línea recta y es eterno y espontáneo, además, no se considera necesario introducir fuerzas o poderes externos que justifiquen este movimiento. Ello también puede ser deducido con la lectura del libro *La naturaleza de las cosas* (2012) de Lucrecio (99 a.C.-55 a.C.).

En consonancia con lo antes expuesto, al estudiar la inercia es necesario hacer referencia a los trabajos e ideas sobre el ímpetu. La palabra “ímpetu”, utilizada por primera vez por el astrónomo Hiparco de Rodas y retomada luego por Juan Filópono, sugiere que, al lanzar un objeto, este es dotado de una propiedad que lo mantiene en movimiento, o sea, no es necesario que el cuerpo colisione con otro o sobre el mismo actúe una fuerza que lo mantenga en ese estado.

Las ideas de Filópono fueron populares en su tiempo

y en la Edad Media, a raíz de las traducciones que hiciera de él Jean Buridan (1300-1358), quien formuló una noción de inercia al explicar el movimiento con la teoría del ímpetu. Dicha teoría adquirió su expresión más acabada con Benedetti, quien afirmó que “todo cuerpo grave, ya se mueva natural o violentamente, recibe en sí un ímpetus, una impresión de movimiento, de forma que separado de la virtud motriz, continúa moviéndose durante cierto tiempo” (citado por Posada, 2015, p. 53).

Galilei también utilizó la idea del ímpetu, sobre todo en sus experimentos, de manera tal que llegó a formular la ley de la inercia. Uno de estos experimentos consistió en soltar un móvil absolutamente redondo a través de un plano inclinado, el cual, después de abandonar este, recorrió una pequeña sección horizontal y luego volvió a subir por otra sección inclinada. Galilei determinó la distancia a la cual llegaba el móvil después de recorrer la sección horizontal. Luego se le ocurrió disminuir el ángulo de inclinación del segundo plano inclinado y notó que la distancia recorrida por el móvil era mayor.

De este modo, supuso Galilei que si el segundo plano estuviese totalmente horizontal, el móvil recorrería una distancia prácticamente indefinida, pues conservaría la velocidad adquirida en el primer plano inclinado. En su obra conocida como *Diálogos sobre dos nuevas ciencias* (1981), Galilei comentó el experimento anterior, y apoyado en la teoría del ímpetu afirma que “se puede suponer con razón que, sea el que fuere el grado de velocidad que se de a un

móvil, queda por naturaleza indeleblemente impreso en él con tal de que no intervengan causas externas que lo aceleren o lo retarden” (1981, p. 346).

Sobre el experimento dice Galilei:

... siempre y cuando supongamos también que queden fuera de consideración las resistencias externas posibles y que los planos sean lo suficientemente sólidos y tersos, así como que el móvil posea una figura absolutamente redonda, de modo que ni el móvil ni el plano tengan la menor aspereza. Si dejamos de lado todas estas resistencias y dificultades, mi razón me dice, con toda naturalidad, que una bola pesada y absolutamente redonda, que descendiera (...) alcanzaría los puntos terminales (...) con impulsos [impeti] iguales. (Ídem.)

Unos años después, Gassendi (1592-1652) reformuló el principio de la inercia. En su obra *De motu impresso a motore translato*, se pregunta lo que le ocurriría “a una piedra que (...) sacada del reposo, fuera empujada por una fuerza cualquiera. Respondo que probablemente se moverá con un movimiento uniforme y sin fin (...) el movimiento, en cualquier dirección que se haga (...) ni se acelerará ni se retardará y, por lo tanto, nunca cesará” (citado por Posada, 2015, p. 56). Para Gassendi, la fuerza es la que provoca la alteración en el movimiento de estos, máxime si el movimiento es uniforme.

Como se ha podido leer hasta aquí, para llegar a la ley de la inercia de Newton hay que conocer que esta tuvo un desarrollo histórico, en el cual estuvieron involucrados numerosos científicos, como: Demócrito,

Aristóteles, Filópono, Buridan, Benedetti, Galilei, Gassendi, Descartes y Huygens.

- **Omisión en la segunda ley de Newton**

En el *Libro de texto de Física*, décimo grado (2005, p. 124) se escribe que la “fuerza que actúa sobre un cuerpo dado, es igual al producto de la masa de este por la aceleración que dicha fuerza comunica al cuerpo” y que la anterior afirmación “recibe el nombre de segunda ley de Newton y su expresión matemática escalar es: $F = m \cdot a$.” De esta manera, se omite lo que escribió Newton realmente en su libro *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (1999), donde define la ley II como: “El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motora aplicada; y es hecho en la dirección de la línea recta en la cual la fuerza es aplicada” (citado por Arons, 1970, p. 391). Además, en una definición anterior, expresa: “La cantidad de movimiento de una fuerza es la medida de la misma, proporcional al movimiento que genera en un tiempo dado” (Ídem.). Newton se refiere a los términos “fuerza” y “fuerza motora”, pero estas palabras no significan lo que hoy conocemos como fuerza, él se refería al Impulso Neto.

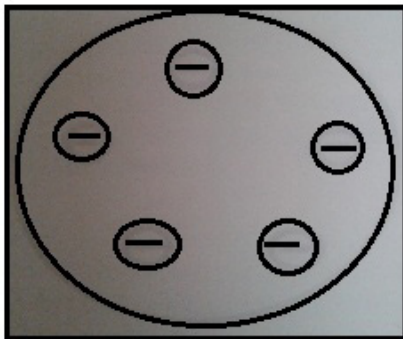
La expresión de $F = m \cdot a$ fue introducida durante el siglo XVIII por el matemático Colin Maclaurin (1698-1746), los Bernoulli (Johann Bernoulli, 1667-1748, y Daniel Bernoulli, 1700-1782) y Leonhard Euler (1707-1783). Al desarrollarse el cálculo en la aplicación de la dinámica newtoniana a problemas sobre partículas en movimiento, fluidos, cuerpos en rotación, etc., se volvió natural empezar el análisis del comportamiento de un proceso que cambia continuamente al escribir

una ecuación diferencial, y $F_{\text{net}} = m \cdot a$ es realmente un sistema de ecuaciones diferenciales en cada uno de los ejes (citado por Arons, 1970, p. 392).

En tal sentido, toda la información omitida en este aspecto de la segunda ley de Newton crea asociaciones equivocadas en la estructura cognitiva de los estudiantes, los desmotiva si estos leen en otros libros o en la internet cómo realmente llegó y escribió Newton sus leyes. Asimismo, los pueden hacer personas incrédulas ante sus libros de textos que, supuestamente, no deben contener omisiones ni errores conceptuales.

- **Omisión en el átomo de Thomson**

Otro ejemplo muy elocuente, es el referido al modelo del átomo de Thomson (Joseph John Thomson, 1856-1940). En el *Libro de texto de Física*, del grado 12 (Sifredo, Hernández y otros, 1991, p. 72), correspondiente a la enseñanza preuniversitaria en Cuba, se encuentra que la representación esquemática de este es la que muestra la figura siguiente:



Representaciones similares, con más o menos colores, en un plano o en tres dimensiones, se encuentran en los siguientes libros:

- *Física Moderna y Aplicaciones* (Clementi, 2013)
- *Química I* (González y Uriarte, 2015)
- *Introducción a la química general, una guía didáctica* (Fiad, 2009)

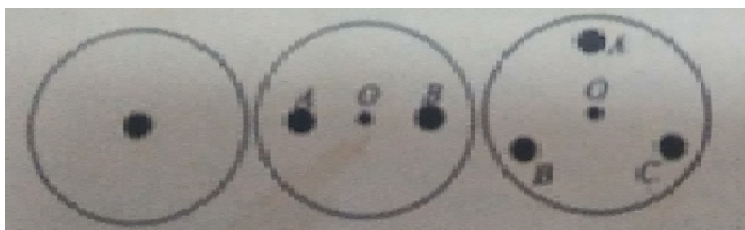
En consonancia con lo antes expuesto, todas las representaciones en los libros mencionados son incorrectas, ninguna corresponde con las configuraciones de equilibrio que Thomson realizó para su modelo del átomo, basado en cálculos bien precisos. Tampoco, en ninguno de estos libros, se hace referencia a que Thomson hizo disertaciones teóricas sobre lo que debería ocurrir si se bombardearan láminas delgadas compuestas por átomos con estructura de “budín”, con radiaciones α (alfa) y β (beta), lo cual experimentalmente, realizó Ernest Rutherford (1871-1937), más tarde con las radiaciones alfa. Asimismo, es pertinente destacar que este modelo recibe disímiles nombres: pudin con pasas, pastel con pasas y gelatina con pasas, lo que trae imprecisiones históricas que atentan contra el correcto aprendizaje del referido modelo.

Por esta razón, omitir los detalles históricos en lo referente al modelo de Thomson y colocar dentro de un círculo o esfera electrones por doquier, conlleva a errores conceptuales, lo que se opone a una correcta

educación científica y, por ende, a la formación de una adecuada cultura científica en quien aprende. En el proceso de investigación, Thomson estudió diferentes configuraciones de electrones dentro de una esfera de densidad uniforme de carga positiva.

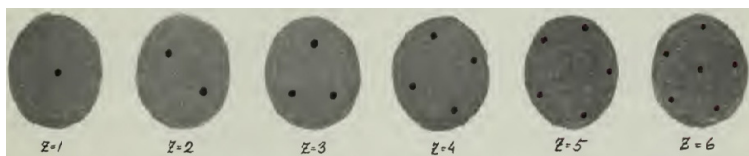
Cuando existe solamente un corpúsculo la solución es muy simple: evidentemente el corpúsculo irá hacia el centro de la esfera (...) Cuando hay dos corpúsculos dentro de una esfera con electricidad positiva se situarán, cuando estén en equilibrio, en dos puntos A y B en una recta que contiene el centro O de la esfera y tal que $OA = OB = a/2$, donde a es el radio de la esfera (...) Tres corpúsculos dentro de una esfera estarán en equilibrio estable cuando estén en los vértices de un triángulo equilátero cuyo centro esté en el centro de la esfera y cuyo lado es igual en longitud al radio de la esfera. (citado por Arons, 1970, p. 845).

El siguiente esquema ilustra lo anterior:



Fuente: Tomado del libro *Evolución de los Conceptos de la Física* (1970), de Arons, p. 845.

En el libro *Project Physics Course. Models of Atoms* (1970), escrito por Holton, Rutherford y Watson, también se muestra la distribución de electrones en el modelo de Thomson, de la manera en la que el propio científico la realizó. El número atómico Z (símbolo convencional que proviene posiblemente de la palabra alemana *Zahl*, que significa número), es el número de protones que determina el elemento químico. En la tabla periódica de los elementos químicos, estos se ordenan según la ley de Moseley (Henry Moseley, 1887-1915). Esta posición de los electrones en el modelo de Thomson es porque el átomo es eléctricamente neutro y no polar.



Fuente: Tomado del libro *Project Physics Course. Models of Atoms*, de Holton, Rutherford y Watson (1970, p. 55).

- **Omisiones en otros libros de textos de Física**

Las omisiones a las cuales se han hecho referencia no se presentan únicamente en los libros del preuniversitario cubano. Esta problemática se encuentra en obras notables y utilizadas ampliamente en las universidades cubanas y del mundo, para la formación de ingenieros, profesores y profesionales

de las ciencias básicas como *Fundamentals of Physics* (2016), de Walker, Halliday y Resnick, *Física Universitaria* (2009), de Young y Freedman, mencionados con antelación, así como los libros de *Curso de Física General* (1984), de Savéliev y *Leyes fundamentales de la mecánica* (1981) de Irodov, omiten contenidos.

A continuación, se realiza un análisis detallado con respecto a dicha cuestión: En el libro *Fundamentals of Physics*, se plantea que:

Antes de 1600, los científicos creían que el estado natural de la materia era el estado de reposo. Galilei fue el primero en adoptar un enfoque diferente al movimiento y al estado natural de la materia. Él ideó experimentos mentales, como el que acabamos de discutir para un libro sobre una superficie sin fricción, y concluyó que no es la naturaleza de un objeto detenerse una vez puesto en movimiento: más bien, es su naturaleza resistir cambios en su movimiento. En sus palabras: “Toda velocidad transmitida a un cuerpo en movimiento se mantendrá rígidamente mientras se eliminen las causas externas del retardo.” Este nuevo enfoque del movimiento fue posteriormente formalizado por Newton en una forma que ha llegado a conocerse como la primera ley del movimiento de Newton: “En ausencia de fuerzas externas, un objeto en reposo permanece en reposo y un objeto en movimiento continúa en movimiento con una velocidad constante (es decir, con una velocidad constante en una línea recta)”. (Halliday, Resnick y Walker, 2016, p. 114)

En el texto anterior se omiten las verdaderas definiciones de inercia que establecieron Galilei y Newton, respectivamente. En este caso, cuando mencionan la definición elaborada por Galilei, la escriben entre comillas, lo que da por sentado que así la escribió originalmente, y ello no es cierto. Realmente, Galilei la escribió como a continuación se cita:

... cualquier velocidad una vez impartida a un cuerpo en movimiento se conservará rígidamente mientras las causas externas y de aceleración y retardo sean eliminadas, una condición que se encuentra solamente sobre planos horizontales; pues en el caso de planos inclinados hacia abajo siempre está presente una causa de aceleración, mientras que en los planos inclinados hacia arriba existe retardo; de esto sigue que el movimiento a lo largo de un plano horizontal es perpetuo, pues si la velocidad es uniforme no puede disminuir o retardada. (Arons, 1970, p. 77)

Aunque lo escrito por Galilei no está mal en ningún aspecto, para él el centro de la Tierra era el centro natural de todo movimiento terrestre, por lo que el movimiento inercial era esencialmente circular. De ahí que su ley no sea considerada la primera ley del movimiento y sí la que escribió Newton, la cual fue ya descrita con antelación. Como puede observarse, las definiciones originales de Newton y Galilei, referente a la inercia, no son las que fueron escritas en el libro *Fundamentals of Physics* (2016), de los autores Halliday, Resnick y Walker.

En relación a esta cuestión, existen otros ejemplos de omisiones en libros de textos, específicamente en cuanto a la primera ley, recogidos en el artículo *Aspectos históricos, filosóficos y físicos de la Primera Ley de Newton* (2015), escrito por Posada, los cuales se escriben a continuación:

“Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que una fuerza externa no equilibrada actúe sobre él” (Tippens, 2006, p. 74).

“En ausencia de la aplicación de una fuerza no equilibrada (...) un cuerpo en reposo permanece en reposo, y un cuerpo en movimiento permanece en movimiento con velocidad constante (rapidez y dirección constantes)” (Wilson y Buffa, 2003, p. 106).

“Sin acciones de otros cuerpos, un cuerpo mantiene su estado de reposo o de movimiento” (Slisko, 2013, p. 148).

“Todo cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo con velocidad constante, mientras no actúa sobre él una fuerza que modifique su estado de reposo o de movimiento” (Gutiérrez, 2009, p. 114).

A las anteriores definiciones se pueden agregar las siguientes:

“Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme mientras otros

cuerpos no actúen sobre él y le obliguen a cambiar dicho estado” (Savéliev, 1984, p. 54).

“Un punto material libre, no sujeto a la acción de ningún otro cuerpo se mueve rectilínea y uniformemente o, como dicen, por inercia con relación a este sistema de referencia (...) la afirmación de que los sistemas inerciales de referencia existen constituyen el contenido de la primera ley de la mecánica clásica, es decir, del principio de inercia de Galileo-Newton” (Irodov, 1981, p. 41).

Como se desprende de la lectura de las definiciones citadas anteriormente, ninguna recoge el significado exacto de la primera ley escrita por Newton, lo cual desvirtúa la enseñanza y el aprendizaje correcto de esta.

Entonces, ¿por qué escribir de tantas maneras distintas la primera ley de Newton? ¿Por qué no escribir la primera ley de Newton de la manera original en la cual él la escribió? Con esta acción se corre el riesgo de violar la primera ley de la lógica y de hecho se viola cuando se escribe una ley de diferentes maneras y de forma incorrecta. El verdadero valor de un libro de texto no está en escribir los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos, de acuerdo a como el autor o los autores lo interpreten; el verdadero valor radica en la forma en la cual se organicen los contenidos, en la metodología que se utilice para que estos sean mejor aprendidos por el sujeto, en el respeto hacia los estudios originales, en el cuidado que se tenga

para evitar los vacíos históricos y así lograr una adecuada formación de cada contenido tratado.

Lo que sucede con la primera ley de Newton en los libros de textos de Física, sucede con otros conceptos, principios, leyes, teorías y modelos en las diferentes ramas de la física. Por ello, un objetivo primordial del presente libro es alertar sobre dicha cuestión.

CAPÍTULO III: LAS OMISIONES, SU CLASIFICACIÓN E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

3.1. Las omisiones y su clasificación

En los planes de estudio para la formación de físicos se hace necesario hacer una cuidadosa selección de los libros de texto que serán utilizados en la carrera. Hay que tener en cuenta, no solo su nivel de actualización, sino también el nivel de omisiones que estos puedan tener. En tal sentido, todos los libros de textos de Física omiten, pero unos lo hacen más que otros. Lo verdaderamente importante es conocer el contenido que se omite, tener los conocimientos sobre ello, así como estudiar y enseñar en consecuencia.

Por esta causa, el presente libro tiene la intención de alertar que las omisiones parciales y totales existen, no importa el libro de texto de Física que sea, y sobre todo señalar que estas son potencialmente peligrosas ya que pueden llevar a la comisión de errores y a perjudiciales interpretaciones de conceptos, principios, leyes y teorías, lo que va en detrimento de la calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.

Por lo general, las omisiones (totales o parciales) que pueden presentarse son:

1. Omisión de una parte en una definición, por considerar que si esta se estudia completa en el grado o año en cuestión, el alumno no la comprenderá.
2. Omisión del nombre del científico implicado en trabajos, experimentos, etc. que se relatan en el libro de texto.
3. Omisión de fórmulas originales escritas por los científicos, y en su lugar escribir una fórmula similar, a la cual arribó otro científico.
4. Omisión de esquemas o figuras originales en los trabajos de los científicos y sustituirlas por esquemas o figuras incorrectas, debido a una interpretación errónea por parte del autor del libro.
5. Omisión de definiciones originales escritas por los científicos, y en su lugar escribir definiciones parafraseadas por el autor del libro, pero incorrectas.
6. Omisión de contenidos que conllevan a una falsa idea sobre el desarrollo histórico de un concepto, ley, principio, teoría, modelo, entre otros.
7. Omisión del desarrollo histórico de un concepto, principio, ley, teoría o modelo, que

conlleva a una incorrecta comprensión de estos aspectos, en su estado acabado o final.

8. Omisión de ideas claves en los conceptos, principios, leyes, teorías o modelos, que solo tienen un valor histórico y que no permiten darle el verdadero valor a estos.
9. Omisión de información, conceptos, etc., sobre un tema que invalida los conocimientos y conceptos desarrollados, por lo tanto, el aprendizaje es incorrecto.
10. Omisión de temas por considerarse que es mejor trabajarlos directamente en el laboratorio o en clases o porque sencillamente se dejan de estudiar por razones desconocidas.

Aunque pueden existir otros tipos de omisiones en los libros de textos, los autores consideran que las citadas anteriormente son las esenciales. En tal sentido, la preparación del profesor es primordial para percatarse de las omisiones y enseñar al estudiante lo correcto. De ahí que, el profesor no debe confiarse solamente del libro por el cual va a realizar la enseñanza; es necesario que sea crítico e insaciable del estudio de los libros de textos que utiliza en sus clases, con ello se ayuda a sí mismo, a sus estudiantes y a los propios autores.

En consonancia con lo antes expuesto, los que se dedican a escribir libros de texto de Física deben tomar en consideración, la omisión de contenidos metacientíficos. La cultura científica de los profesores

y estudiantes de Física depende, en gran medida, de que los libros de textos no solamente contengan los conocimientos básicos de la ciencia en cuestión, sino que también incluyan aspectos relativos a los riesgos, efectos adversos, usos políticos, dilemas éticos o influencias económicas de la investigación científica y el desarrollo de la tecnología, así como la habilidad o capacidad para hacer frente a los objetos tecnológicos de la vida cotidiana.

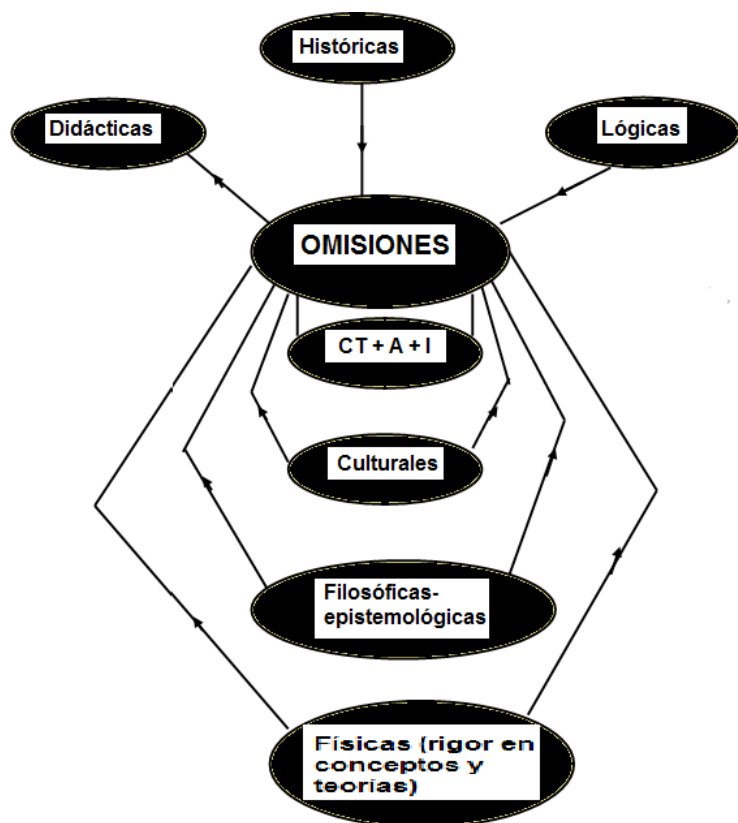
3.2. Una tipología de las omisiones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, ¿es posible?

Las omisiones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física (PEA) pueden ser variadas, diversas y se deben a diferentes causas entre las que se encuentran:

1. Desconocimiento de la Historia de la Física en cuestión o temor de aplicarla por el hecho de que haga más complejo el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.
2. Falta de rigor al estudiar conceptos, principios, leyes, teorías y modelos de la física, al enunciarlos o aplicarlos centrados en la idea de que sería muy complejo para los estudiantes entender estos aspectos. Con ello, simplifican el contenido y omiten indicios esenciales, lo que está dado por un insuficiente dominio de la lógica formal que se aplica a la estructura de los conceptos, ya que se omiten elementos

estructurales de estos como el genérico o los indicios.

3. Dominio insuficiente de la didáctica específica de la Física. Por ejemplo, la estructura interna de las habilidades específicas de su ciencia como asignatura (ciencia escolar).
4. Dominio insuficiente de los elementos estructurales esenciales de la Física como asignatura, es decir: el sistema teórico conceptual, los problemas y el experimento.
5. La no consideración de elementos de la filosofía de la ciencia, que se omiten por pensar que dichas consideraciones no resultan útiles a los estudiantes.



A continuación, ejemplificaremos algunas de estas “causas” en situaciones concretas:

1. La no consideración de la construcción de la física desde el punto de vista histórico en el PEA de dicha ciencia como asignatura, que se ejemplifica en este libro con los modelos de los átomos y otros contenidos. Por ejemplo, como ya se relató anteriormente, en los libros de texto se dice que Newton definió la segunda

ley centrada en la expresión $\vec{F} = m\vec{a}$, pero omiten que realmente no la definió en estos términos y quizá más grave, en su época los vectores (el álgebra vectorial y el cálculo vectorial) eran desconocidos. Al omitirse estos “apuntes” históricos, se distorsiona el verdadero avance histórico de la física.

2. Los conceptos físicos deben tener una estructura que está dictada por la lógica como ciencia, si esto se viola se pierde rigor o se cae en el error conceptual, como en el caso de la definición sobre movimiento rectilíneo uniforme donde se omitió “cualesquiera que estos sean”. Hay que dominar que la definición, mediante el género y la diferencia específica, y que es aquel procedimiento lógico por medio del cual se definen algunos conceptos. De esta forma, se señala cierta clase de objetos (el género afín) al que pertenece el objeto y las propiedades que le son inherentes a él (la diferencia específica), y al mismo tiempo se le diferencia de los demás objetos que pertenecen al género afín y se formulan los indicios sustanciales del concepto definido. Véanse los siguientes ejemplos:

- Se denomina Movimiento Rectilíneo Uniforme al tipo de movimiento mecánico (género afín) en el que se recorren distancias iguales en tiempos iguales (diferencia) cualesquiera que estos sean (indicio que no puede faltar).
- Se denomina velocidad a la magnitud vectorial (género afín) que caracteriza el estado de movimiento (indicio) y que es medible por la

relación entre el desplazamiento y el intervalo correspondiente de tiempo (diferencia).

3. La didáctica de la física como ciencia social, tiene como objeto el PEA de la Física en la escuela y se conforma por un sistema de categorías (sistema categorial), un sistema legal (sistema de leyes) y una metodología. Asimismo, estudia una diversidad de conceptos y entre ellos, las habilidades específicas de la Física como asignatura. Por ejemplo, la habilidad “solucionar problemas de física” tiene como estructura interna los siguientes elementos:

- Valoración
- Análisis del enunciado
- Determinación de la vía de solución
- Ejecución de la vía de solución
- Control y valoración del proceso y del resultado
- Perspectivación

Cuando el profesor omite dichos aspectos no contribuye a que los estudiantes se apropien de esta habilidad fundamental.

4. En la enseñanza-aprendizaje de algunos conceptos trascendentes de la Física no se alcanza el rigor necesario por omitir elementos esenciales en función del modelo físico que se trabaja, ya sea clásico, relativista o cuántico. Por ejemplo: La ley de conservación de la energía mecánica, al igual que

las de la cantidad de movimiento lineal y angular respectivamente, solo se cumplen en los sistemas de referencia inerciales, esto infelizmente se omite,

En el caso de las Leyes de Newton, ¿cuándo se cumplen? Se aplican a la solución de problemas, sin embargo, se omite el paso de comprobar si estas son válidas en la situación que se analiza o se hace. Ello se debe a que se omiten elementos claves, como:

- La velocidad de los cuerpos debe ser mucho menor que la velocidad de la luz en el vacío.
- No pueden ser cuerpos microscópicos en microzonas (electrones en un átomo), pues a ellos no se le puede determinar la velocidad y la posición simultáneamente, cuestión que se presupone en la mecánica clásica. Puede ser una “partícula elemental” en una macrozona, como un electrón en movimiento entre las placas de un condensador, que sí se soluciona por un camino clásico. En fin, el principio de incertidumbre debe mostrar una alta probabilidad de que posición y velocidad puedan determinarse simultáneamente para aplicar la Leyes de Newton.
- El sistema de referencia donde se describe el fenómeno o proceso debe ser inercial. Si fuera clásico el estudio, desde el sistema de referencia no inercial, para aplicar la segunda Ley de Newton (para que aún sea válida) hay que introducir las fuerzas de inercia.

- Se omite la comprobación de si son aplicables las Leyes de Newton o se omite la referida a si se pueden determinar simultáneamente la posición y la velocidad para aplicar dichas leyes.

5. Es muy discutido si en el PEA de la Física hay que declarar de modo intencional y propositivo implicaciones de la filosofía de las ciencias que muestren cómo se construye la ciencia en general, cómo cambian las teorías científicas, y si la ciencia es capaz de revelar la verdad y los procesos de la naturaleza. Su objeto es tan antiguo como la ciencia misma.

Gran parte de la filosofía de la ciencia es inseparable de la teoría del conocimiento (epistemología). Aquí, la omisión se hace por dos razones diferentes: por falta de información, porque lo ven como un lastre en el currículo, o por ambas. Sin embargo, el desarrollo de la cultura científica reclama, cada vez en mayor medida, que se tenga en cuenta familiarizar a los estudiantes con las siguientes cuestiones: cómo se construye la ciencia, cómo una teoría sustituye a otra, entre otros elementos.

3.3. La Teoría de la Omisión e implicaciones didácticas

Los esfuerzos movilizados para perfeccionar la dirección del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la actualidad, en diversas latitudes, se caracterizan de una forma u otra, por tratar de llevar

a la escuela los rasgos de la actividad investigadora contemporánea. Así, por ejemplo, en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, por investigación dirigida se pretende llevar a este proceso lo que los científicos realizan para “hacer” ciencia, lo cual deviene en metodología para que los estudiantes se apropien de los contenidos básicos de las ciencias escolares de manera fundamentada.

Los principios del inicio y puesta en práctica de esta tendencia se centraron, entre otros elementos esenciales, en el hecho de que las concepciones alternativas permanecían después de tratar puntualmente y, “con alto rigor”, los contenidos de las ciencias en tendencias y paradigmas que van desde aprendizaje por descubrimiento, cambio conceptual y el siempre recurrente de transmisión-recepción de conocimientos elaborados, hasta las ideas que trascendieron a partir de corrientes constructivistas.

Todo ello, se ha comportado como la transposición didáctica de los contenidos, pero llevada a los métodos de las ciencias con una visión epistemológica, centrada en cómo se hace ciencia. En consonancia, si se transfiere al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, los rasgos de la actividad investigadora contemporánea y se sitúa a los estudiantes en el rol de aprendices de investigador, con la guía certera del profesor (investigador de experiencia), entonces cabe hacerse la siguiente pregunta al adscribirnos a estas ideas avanzadas, ¿con qué rigor se apropian los estudiantes de los contenidos escolares de las ciencias?

En fin, a pesar de que la ciencia escolar no es la ciencia de los científicos, debe acercarse a esta en cuanto a rigor en un proceso de transposición didáctica. De ahí que, es oportuno y necesario no omitir determinados elementos de los principios, conceptos, leyes y teorías que conforman la ciencia, por mencionar sus niveles de sistematización básicos que sí trascienden a la escuela.

De esta manera, la “Teoría de la Omisión” ocupa un lugar destacado en la preparación del profesor, que en correspondencia con estos “nuevos paradigmas” de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, pretende eliminar la presencia de concepciones alternativas para lograr un aprendizaje significativo de la ciencia, en tanto vehículo cultural y no solo herramienta para la continuidad de estudios. Sin embargo, si se omiten elementos claves de la ciencia, entonces la ciencia escolar que se enseñe estará muy lejos del rigor de la primera.

Así, el contenido como categoría didáctica, debe tener en cuenta no solo los niveles estructurales de la ciencia, es decir, habilidades, conocimientos, valores y rasgos de la actividad investigadora, sino que en cada nivel de sistematicidad: conceptos, modelos, leyes, principios, teorías y cuadros del mundo, ha de tener presente evitar las omisiones que desvirtúan el valor epistemológico de la ciencia escolar y sobre todo el rigor científico.

Como base ejemplificadora de la física escolar, se tiene:

- **De conceptos**

Leyes de conservación en la mecánica clásica, donde solo se precisa el criterio de conservación, después de clasificar las fuerzas en externas e internas y en conservativas y no conservativas, como en el caso de la “Ley de Conservación de la Energía Mecánica”, señalando que si el trabajo de las fuerzas no conservativas es nulo, entonces entre los estados seleccionados en cuestión, la energía mecánica se conserva. No obstante, se omite en el concepto que el problema se describe desde un sistema de referencia inercial, lo cual es decisivo dado que en un sistema acelerado tal ley no se cumple.

- **De teorías**

Se dicen en diferentes textos, que la energía cinética de un cuerpo en movimiento se determina de la siguiente forma: $E = \frac{mv^2}{2}$, pero solo es cierto en la mecánica clásica y al obtener la ecuación de forma hipotético-deductiva, a partir de una hipótesis (investigación dirigida), tal “apéndice” no se puede obviar, no se puede omitir.

Especial relevancia tiene el considerar los límites de validez de conceptos y teorías que al omitirse conspiran a favor de la obtención de conocimientos limitados y poco rigurosos.

- **De leyes**

Las leyes de Newton del movimiento mecánico son válidas para sistemas de referencia inerciales y para cuerpos con velocidades mucho menores que la velocidad de la luz, pero en su aplicación se

omite el hecho de que en este entorno teórico se supone a priori que posición y velocidad se pueden determinar simultáneamente. Un electrón entre las placas de un condensador de caras paralelas es una micropartícula en una macrozona y salvo que se señale una velocidad cercana a la velocidad de luz, de dicha partícula, cumple con las leyes de Newton.

En esto se basa la balística del electrón, pero si el electrón está en una microzona (en un átomo, por ejemplo), entonces ya no se pueden determinar simultáneamente posición y velocidad y la incertidumbre que se introduce es tal, que las Leyes de Newton dejan de cumplirse. Por tanto, no se puede omitir no solo un elemento de un concepto, sino aquellos que definen la teoría que sirve de base.

En fin, no sería oportuno “combatir” la presencia de concepciones alternativas, al intervenir en el proceso de enseñanza-aprendizaje de una ciencia escolar con una visión didáctica de investigación dirigida, por ejemplo, si el conocimiento adquirido no es riguroso y se omiten elementos, por diferentes razones ya señaladas en este libro, que atentan contra el rigor y la seriedad que caracteriza la actividad científica. De esta manera, las implicaciones didácticas de la “Teoría de la Omisión” son realmente útiles para el logro de un conocimiento científico escolar sólido y duradero, sobre todo riguroso como la ciencia en sí misma, de donde procede por medio del proceso de transposición didáctica señalado.

- **De modelos**

Otro ejemplo interesante, con un valor epistemológico y didáctico nada despreciable, es cómo se deduce la ecuación fundamental del cálculo de la presión para un gas ideal, a partir de la validez de la Segunda Ley de Newton (para sistemas de muchas partículas) y de algunas concepciones clásicas de las probabilidades, las cuales permiten determinar su expresión. No obstante, se omite la presencia del modelo que simplifica para que el tratamiento clásico sea válido. Esta implicación a veces se obvia o no se le da la importancia que tiene el hecho de referirse con los estudiantes al valor epistemológico de los modelos, por ello nuevamente la omisión hace acto de presencia, al dificultar el valor filosófico de tal deducción y alejar al estudiante de aquel “paradigma” (corriente o tendencia de la enseñanza de las ciencias) que se seleccionó, por investigación dirigida.

Dicho tipo de omisión también se debe a que es discutido si elementos de la filosofía de las ciencias se deben llevar al proceso de enseñanza-aprendizaje de estas. De este modo, se obvia que omitir las limitaciones en el conocimiento, hace que el estudiante crea que es lo último, que es un conocimiento acabado y que la naturaleza se puede estudiar por medio de modelos aproximados, sin que esto afecte al conocimiento o lo limite a determinados estadios de la ciencia.

El rigor no niega la necesidad de utilizar modelos en el estudio de la naturaleza, la cual es tan compleja que sin estos fuera casi imposible realizar estudios que permitan ponerla al servicio de los hombres. En la medida que se acerque más el modelo a la

propia naturaleza, más complejo se hace. Por ello, la didáctica de las ciencias no puede obviar los razonamientos expuestos y por consiguiente, la Teoría de la Omisión viene a ser un complemento importante de esta, para lograr una dirección acertada, rigurosa y contemporánea de las ciencias en la escuela.

En correspondencia con lo anterior, puede concluirse que si la cultura científica se redefine a la luz de las actuales demandas sociales, por medio del conocimiento que se tenga de los conceptos, principios, leyes y enfoques teóricos de mayor significación de la ciencia que se estudia o se imparte; de los conocimientos acerca de la filosofía de la ciencia y de la lógica de la investigación; de los saberes teóricos, procedimentales y actitudinales para transferir y generalizar los conocimientos científicos a los problemas de la cotidianidad; de las habilidades en el manejo de la tecnología y para el proceder metodológico investigativo, así como de los conocimientos básicos acerca de la interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad, y de la actitud de compromiso social e intereses relacionados con la ciencia, entonces las omisiones que hasta aquí se han tratado, en vez de aportar se convierten en un freno para el alcance de una cultura científica de calidad.

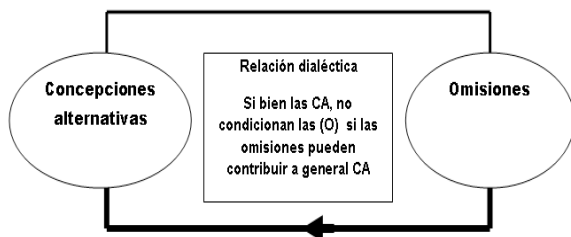
En tal sentido, la cultura científica y general es un tema fundamental para el desarrollo intelectual de los individuos, de ahí que la Teoría de la Omisión resulte imprescindible en la interpretación y significado de los conocimientos físicos y su comprensión. Sin embargo, no solo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física se omite, y de ello se alerta en el presente libro.

3.4. Una última reflexión

Para que la Teoría de la Omisión funcione adecuadamente en el PEA de la Física, no solo debe ser dominada por el profesor que dirige tal proceso, sino también por los estudiantes, en una concepción de estrategia de aprendizaje metacognitiva. Para el logro de esta idea clave, el profesor necesita intencionar su gestión didáctica en tal dirección, así como evaluar con los propios estudiantes, las posibles omisiones, causas y formas de eliminarlas, lo que se debe hacer en el estudio de cada unidad didáctica de los programas en cuestión.

Las órdenes pudieran ser:

- ¿Qué omisión se introdujo? ¿Por qué se omite? ¿Cuáles son las consecuencias de su introducción? ¿Cómo eliminar esa o esas omisiones?
- ¿Qué diferencias y/o analogías hay entre concepciones alternativas, en esta unidad didáctica, y las omisiones? Expréselo en un esquema, por ejemplo:



BIBLIOGRAFÍA

- Alamino, D. J. (2005). Giordano Bruno: varias lecturas de una vida y un pensamiento. *Palabra Nueva, Revista de la Arquidiócesis de La Habana*, XIV(144), p. 62.
- Altshuler, J. (1966). *Galileo IV Centenario*. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba.
- Aristóteles (1995). *Física*. Madrid: Gredos, S.A.
- Arons, A. B. (1970). *Evolución de los conceptos de la Física*. México: Trillas.
- Azcarate, C. (1984). La nueva ciencia del movimiento de Galileo: Una génesis difícil. *Enseñanza de las ciencias*, pp. 203-208.
- Benvenuto, E. R, Contreras, J. L. y García, J. R. (2017). *La Teoría de la Omisión y su papel en la didáctica de la física*. Trabajo presentado en Conferencia Internacional “Retos de la Educación General, Especial y Universitaria”. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Carnevalli, R. (2002). El Delito de Omisión. En particular, La Comisión por Omisión. *Revista de Derecho*, (9). Escuela de Derecho. Universidad Católica del Norte. Campús Guayacán-Coquimbo.

- Carrascosa, J. (2015). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que lo originan y/o mantienen. *Eureka, sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(002). Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia. Cádiz, España.
- Casas, L. M. (2002). *El estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de Redes Asociativas Pathfinder. Aplicaciones y posibilidades en Geometría*. Recuperado de <http://www.uv.es/Angel>.
- Clementi, L. A. (2013). *Física Moderna y Aplicaciones*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Tecnológica edUTecNe.
- Contreras, J. L. (2016). *Recursos didácticos integradores para facilitar, en la estructura cognoscitiva de los profesores, la formación de conceptos del área de las ciencias naturales en la secundaria básica* (tesis doctoral inédita). Cuba: Editorial Universitaria.
- Daniushenkov, V. y Corona, N. (1991). *Historia de la Física*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Fiad, S. (2009). *Introducción a la química general, una guía didáctica*. Recuperado de editorial.unca.edu.ar/.../Susana%20Fiad/LIBROVERSION%20EDITORIAL%202.pdf

Galilei, G. (1981). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Madrid: Editora Nacional.

González, P. y Uriarte, M. del C. V. (2015). *Química I*. Argentina: Secretaría de Educación Pública. Recuperado de <https://www.dgb.sep.gob.mx/servicios-educativos/telebachillerato/.../1.../Quimica-I.pdf>

Gutiérrez, C. (2009). *Física general*. México: McGraw-Hill.

Halliday, D., Resnick, R. y Walker, J. (2016). *Fundamentals of Physics*. Recuperado de www.primeuniversity.edu.bd/160517/vc/eBook/.../fundamentals-of-physics-text-book.pdf

Holton, G, Rutherford, F. J. y Watson, F. G. (1970). *Project Physics Course. Models of Atom*. New York. Recuperado de <https://archive.org/details/projectphysicscollection>

Holton, G. (1952). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Reverté S.A.

Holton, G. (1989). Galileo y la nueva astronomía. En *Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté S.A.

Holton, G., Rutherford, F.J. y Watson, F. G. (1971).

About the Project Physics Course. An Introduction to the Project Physics Course.
Recuperado de fep.if.usp.br/~profis/.../aboutprojectphysharvard00fjam.pdf

Irodov, I. E. (1981). *Leyes fundamentales de la Mecánica*. Moscú: Mir.

Kursanov, G. (1979). *Problemas fundamentales del Materialismo Dialéctico*. La Habana: Ciencias Sociales.

Lederman, L. (2003). *The Role of Physics in Education*. Trabajo presentado en VIII Interamerican Conference on Physics Education. La Havana, Cuba.

Lucrecio, T. (2012). *La naturaleza de las cosas*. Barcelona: Acantilado

Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, p. 257.

Newton, I. (1999). *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Berkeley, California: University of California Press.

Núñez, J., Sifredo, C., Hernández, E. y otros. (2005). *Física Décimo Grado*. La Habana: Pueblo y Educación.

- Peduzzi, L. O. Q. y Zylbersztajn, A. (1997). La física de la fuerza impresa y sus implicaciones para la enseñanza de la mecánica. *Enseñanza de las ciencias*, 15(3), pp. 351-359
- Posada, Y. (2015). Aspectos históricos, filosóficos y físicos de la Primera Ley de Newton. *Eutopía*, (22).
- Real Academia Española (RAE) (2014). *Diccionario de la lengua española (DRAE)*. Soporte digital.
- Savéliev, I. V. (1984). *Curso de Física General*. Moscú: Mir.
- Seeger, R. J. (1964). On Teaching the History of Physics. *American Journal of Physics*, 32.
- Sifredo, C., Hernández, E. y otros. (1991). *Física Duodécimo Grado*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Slisko, J. (2013). *Física I*. México: Pearson.
- Tipens, P. (2006). *Física. Conceptos y aplicaciones*. México: McGraw-Hill.
- Valdés, R. y Valdés, P. (2004). Tres ideas básicas de Didáctica de las Ciencias. En *Didáctica de las Ciencias. Nuevas Perspectivas*, (p. 5). La Habana: Pueblo y Educación.

Westfall, R. S. (1993.). *Isaac Newton: Una vida*. Recuperado de www.librosmaravillosos.com/newtonunavida/.../Newton%20Una%20vida%20-%20Ri..

Wilson, J. y Buffa, A. (2003). *Física*. México: Pearson.

Young, H. D. y Freedman, R. A. (2009). *Física universitaria*. Estados Unidos: Pearson Educacion.