

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**



**CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL**

**“ENRIQUE RODRÍGUEZ-LOECHES FERNÁNDEZ”**

**INTEGRACIÓN DE LA HISTORIA Y LA EPISTEMOLOGÍA EN EL PROCESO DE  
ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN  
PREUNIVERSITARIA**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias  
Pedagógicas**

**YENILE AGUILAR RODRÍGUEZ**

**Matanzas**

**2019**

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**



**CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL**

**“ENRIQUE RODRÍGUEZ-LOECHES FERNÁNDEZ”**

**INTEGRACIÓN DE LA HISTORIA Y LA EPISTEMOLOGÍA EN EL PROCESO DE  
ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN  
PREUNIVERSITARIA**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias  
Pedagógicas**

**Autora: MSc. Yenile Aguilar Rodríguez**

**Tutores: Prof. Tit., Lic. Diego de Jesús Alamino Ortega, Dr. C.**

**Prof. Tit., Lic. Luis Ernesto Martínez González, Dr. C.**

**Matanzas**

**2019**

## AGRADECIMIENTOS

- ✓ Al Dr. C Diego de Jesús Alamino Ortega, mi tutor y esposo, por su paciencia, dedicación, compromiso, ética profesional durante la conducción de esta investigación y que además me propició aprendizajes perdurables en el ámbito científico.
- ✓ Al Dr. C. Luis Ernesto Martínez González, también mi tutor y amigo, por su singularidad, abnegación, por su estilo y método de dirección y por transmitirme serenidad y táctica para enfrentar los embates del proceso investigativo, siempre diciendo ¡...aprieta el acelerador...!
- ✓ A la Dr. C Yuseli Pestana Llerena por transmitirme confianza y por sus consejos tan gratificantes y alentadores, dotados de una vasta inteligencia y a los Dr. C. Manuel G. Pino Batista y Juan G. Kessel Rodríguez por sus recomendaciones tan valiosas.
- ✓ A todos los profesores que imparten Física en el municipio Jagüey Grande, que han sido participantes directos en esta investigación y la metodóloga municipal MSc. Zahirey Lima Fariñas
- ✓ A mis colegas del Centro Universitario Municipal de Jagüey Grande y a su directora M. Sc. Raquel Pérez Cano.
- ✓ A la Dr. C. Inés M. Salcedo Estrada y Dr. C. Zenaida E. Ponce Milián por darme ánimo y confianza para realizar esta difícil pero hermosa tarea y demás colegas del prestigioso Programa de Formación Doctoral de Ciencias Pedagógicas por sus apreciadas recomendaciones.
- ✓ A los profesores que me formaron en el Instituto Superior Pedagógico “Juan Marinello”, que sembraron en mí el gusto por la física y la investigación.
- ✓ A mis hijas por su ayuda y comprensión.
- ✓ A Dios que me fortalece.

A todos, muchas gracias.

## DEDICATORIA

A mis hijas, por ser el gran orgullo de mi vida

A todos aquellos para los que la enseñanza de la  
Física es una razón de su vivir

## **SÍNTESIS**

En los últimos años la investigación educativa en la ciencia ha revalorizado fuertementela importancia de los aportes de la historia de la física y la epistemología de la física a su enseñanza, al favorecer aprendizajes más significativos, enseñanzas más eficientes acordes con la naturaleza de la ciencia, investigaciones científicas epistemológicamente más fundamentadas y robustas. Sobre la base de su experiencia profesoral, la autora constató dificultades en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria que incidían en la comprensión de esta ciencia a partir de recibir la asignatura de una forma pragmática, utilitaria y funcional. Por este motivo desarrolló esta investigación, en la que se propone una metodología para integrar la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. La metodología fue validada mediante el criterio de expertos y un cuasiexperimento que se realizó en el IPU “Félix Duque Guelmes” en Jagüey Grande, lo que corroboró la significación de los aportes de la investigación para perfeccionar el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	1
<b>CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS QUE SUSTENTAN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN PREUNIVERSITARIA</b>	
1.1- Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia-----	11
1.1.1- La epistemología de la ciencia y la enseñanza de la ciencia-----	21
1.2- Proceso de enseñanza aprendizaje de la ciencia y su relación con la historia y la epistemología de la ciencia-----	25
1.3- El proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la integración de la historia y epistemología de la física. Particularidades en la Educación Preuniversitaria-----	36
<b>CAPÍTULO 2. LA INTEGRACIÓN DE LA HISTORIA Y LA EPISTEMOLOGÍA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN PREUNIVERSITARIA. ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN</b>	
2.1- Caracterización de la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria-----	52
2.2- Diseño de una metodología para integrar la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria-----	68
<b>CAPÍTULO 3. CONSTATAción EN LA PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA ELABORADA PARA INTEGRAR LA HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN EL MUNICIPIO JAGUEY GRANDE</b>	
3.1- Valoración de la metodología mediante el método de criterio de expertos-----	95
3.2- Aplicación de la metodología en la práctica escolar-----	99
3.3- Resultados de la aplicación de la metodología mediante un cuasiexperimento-----	107
<b>CONCLUSIONES</b> -----	118
<b>RECOMENDACIONES</b> -----	120
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

### **INTRODUCCIÓN**

La ciencia y la tecnología están cada día más imbricadas con el modo de vida del ciudadano común y la concepción del mundo que pueda poseer. No obstante, la imagen de la ciencia se ve a menudo distorsionada o simplificada, al no considerarse los aspectos filosóficos e históricos que con ella se relacionan. Esto puede estar dado por la interpretación que han tenido la historia y la filosofía de la ciencia, por una parte, y la enseñanza de la ciencia, por la otra. Sin embargo, por imperativos de su objeto de estudio, filósofos de la ciencia, historiadores y educadores, concuerdan en acciones de cooperación desde hace algún tiempo. (Henke y Hottecke, 2015) (Romero, 2016)

La educación que se ofrece en la escuela, tiene mucho que ver con la visión de la ciencia que pueda trascender a la población y la concepción acerca de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento. Sin embargo las leyes, conceptos, teorías y fenómenos científicos, en la mayoría de las oportunidades, se transmiten por los profesores en forma acabada, sin tener en cuenta el largo camino por el que ha debido transitar la ciencia.

La historia y la filosofía de la ciencia no ofrecen todas las soluciones a los problemas que existen en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, pero sí dan la posibilidad de aportar algunas respuestas que modifican el proceso formativo de los estudiantes. Tenerlas en cuenta permite entender la naturaleza de la física; una comprensión de los posibles obstáculos gnoseológicos para el aprendizaje de los estudiantes, al revelar los errores que existieron en el proceso histórico de obtención del conocimiento; ver la ciencia como empresa colectiva y las relaciones entre el

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

desarrollo de esta con otras ciencias, la técnica, la cultura y la sociedad; la humanización de los contenidos de la Física; contribuir con su estudio a la formación de valores éticos en el estudiante, al conocer la biografía de los científicos y el ejemplo que estos representan; y conocer las diferentes interpretaciones filosóficas sobre los conocimientos físicos. (Moltó, 2003) (Acevedo, et al., 2017)

El fin de la Educación Preuniversitaria en Cuba es “contribuir a consolidar el desarrollo y la formación integral de la personalidad del adolescente desde sus formas de sentir, pensar y actuar, expresado en una profunda preparación científico investigativa y para la vida”. (Ortiz, et al., 2016, p.2) El proceso de enseñanza aprendizaje de la Física<sup>1</sup> no puede estar ajeno a los anteriores propósitos. Por esta razón, desde los programas de décimo, onceno y duodécimo grado, los objetivos que se proponen reclaman una formación integral del estudiante, aunque de manera general las orientaciones metodológicas ofrecidas no alcanzan un grado de precisión para el empleo en clases de la historia y la epistemología de la ciencia, lo que es necesario para lograr el fin que se propone la Educación Preuniversitaria.

Los antecedentes de la presente investigación tienen su origen en los resultados obtenidos por la autora en la tesis de maestría “Tareas docentes para el tratamiento histórico de contenidos de Física en octavo grado” (Aguilar, 2003), la cual propició un primer acercamiento al proceso de enseñanza aprendizaje de la Física interrelacionado con la historia de esta ciencia.

---

<sup>1</sup> La palabra física se escribe con minúscula cuando se refiere a la ciencia y con mayúscula cuando se trata del nombre de la asignatura.



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Además, se han asumido como referentes los trabajos de investigadores en el ámbito internacional, los cuales han relacionado la historia y filosofía de la ciencia con la enseñanza. De estos pueden citarse: Freire (2002), Chamizo (2005), Bernal (2007, 2008); Henke y Höttecke (2014), Holton (2015), Menéndez (2016), Grajales (2017), Artigue (2018), Da Silva, Sales, y Alves (2018), Chávez, (2018); Acevedo, Aragón y García (2018), Menéndez (2018), Batista da Silva (2018), Solís-Espallargas (2018), Carreño (2019) y Bedoya y Giraldo (2019). También se consultaron trabajos investigativos de autores cubanos como: Pérez y Montero (2002), Valdés (2003), Moltó (2003), Altshuler (2004), González (2008), Aguilar y Alamino (2012, 2015, 2019), Alamino y Aguilar (2014, 2015, 2018), Sosa y Rivero (2018), García (2018), Sánchez (2019).

Como regularidad, estos autores han aportado argumentos a favor de considerar la historia y filosofía de la ciencia como un recurso didáctico, pues a partir de enseñar la ciencia mediante el uso de su historia, es plausible lograr su adecuada contextualización. Lo que permite ubicar a los estudiantes en el contexto de situaciones concretas de relevancia y de actualidad que pueden ser usadas como motivación e hilo conductor en la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje.

En la práctica educacional cubana se presentan escasos reportes en cuanto a la vinculación de la historia y filosofía de la ciencia al proceso de enseñanza aprendizaje. No obstante, la autora ha realizado un estudio de tesis de doctorado y maestría de profesores cubanos, cuyas temáticas se relacionan con la historia y filosofía de la ciencia y la enseñanza de la ciencia. Algunos de estos autores, al tributar a la cultura científica de los estudiantes, tienen puntos de contacto con lo que

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

se pretende en esta investigación, tales como: Aguilar (2003) Addine (2006), Pino (2007), Vega (2013) y Baralt (2017).

La labor investigativa de la autora y su práctica pedagógica en la Universidad de Matanzas como profesora de Física General e Historia de la Física, le ha permitido apreciar, a partir de la observación del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria en Jagüey Grande y de sus resultados, así como, de los intercambios realizados con estudiantes y profesores en preparaciones metodológicas municipales, la existencia de potencialidades e insuficiencias.

Como potencialidades sobresalen:

- ✓ Se cuenta con profesores con experiencia en la enseñanza de la Física en la Educación Preuniversitaria.
- ✓ Los profesores de Física se superan con sistematicidad, fundamentalmente mediante el trabajo metodológico.
- ✓ Los profesores reconocen la importancia de relacionar la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.

Entre las insuficiencias aparecen:

- ✓ En la formación de profesores de Física en Cuba no ha habido una sistematicidad en la inclusión de la historia de la física dentro los planes de estudio de la carrera. La epistemología no se estudia como asignatura, aunque elementos de esta se imparten dentro de la filosofía marxista leninista.
- ✓ En los programas de la asignatura son insuficientes las orientaciones metodológicas para la integración de la historia y la epistemología de la física en

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

el proceso de enseñanza aprendizaje de esta ciencia, por tanto los profesores no conocen cómo realizar la integración.

- ✓ En los libros de texto que se han empleado y se emplean en Cuba para la enseñanza de la Física se aprecia que con el transcurso de tiempo las ediciones han reducido las menciones históricas. (**Anexo 1**) No obstante, en los proyectos más recientes supeditados al Tercer Perfeccionamiento de la Educación Cubana, se observa un cambio favorable ante esta realidad.
- ✓ Los estudiantes evidencian poco interés, pues el contenido no le resulta significativo en lo cognitivo, experiencial y afectivo. La Física se reduce al cálculo con fórmulas, sin comprender enteramente los conceptos y desarrollar su razonamiento, ni hacer valoraciones críticas.

Entre las causas de estas insuficiencias, pudiera considerarse la escasa sistematización teórica de los aportes obtenidos a nivel nacional e internacional en relación con la enseñanza y el aprendizaje de la física.

La problemática descrita condujo a la autora a determinar una contradicción principal entre la necesidad de integrar la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física para la formación integral de los estudiantes, como demanda el fin de la Educación Preuniversitaria y el insuficiente conocimiento de los profesores para realizar la integración.

Por tal motivo se decidió investigar acerca del siguiente **problema científico**: ¿Cómo integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria? Se asume como **objeto de estudio** el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria,

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

mientras que el **campo de acción** lo constituye la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria. Se planteó como **objetivo de la investigación**: proponer una metodología para integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria en el municipio Jagüey Grande.

El cumplimiento del objetivo y la solución del problema, se orientó desde las siguientes **preguntas científicas**:

1. ¿Cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria?
2. ¿Cuál es la situación actual de la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria en el municipio Jagüey Grande?
3. ¿Qué metodología permite integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria en el municipio Jagüey Grande?
4. ¿Cuál es el resultado que se logra con la puesta en práctica de la metodología elaborada para integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria en el municipio Jagüey Grande?

Para el desarrollo de la investigación se plantearon las siguientes tareas de investigación:

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

1. Determinación de los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.
2. Caracterización de la situación actual de la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria del municipio Jagüey Grande.
3. Elaboración de una metodología para integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria del municipio Jagüey Grande.
4. Constatación en la práctica de la metodología elaborada para integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria del municipio Jagüey Grande.

En la investigación se asumió el método dialéctico-materialista como metodología general del conocimiento, que permite establecer las relaciones y nexos entre todos los momentos del proceso investigativo. Fueron aplicados **métodos del nivel teórico**, entre los cuales están:

- El histórico-lógico, para valorar la evolución de la historia y la epistemología de la ciencia en la enseñanza de la Física, así como las características del proceso de enseñanza aprendizaje, en la escuela cubana.
- El analítico-sintético e inductivo-deductivo, para determinar las generalizaciones teóricas acerca del objeto de estudio y el campo de acción y para el análisis de las insuficiencias y potencialidades del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

- La modelación, permitió representar y diseñar la metodología como resultado científico principal.

Entre los **métodos empíricos** se aplicaron:

- La observación, para valorar el estado de la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en distintos momentos de la investigación.
- La encuesta, para conocer el dominio que tienen profesores y estudiantes sobre la física y su motivación por conocerla y aprehenderla.
- La revisión de documentos, para el análisis de datos valiosos para la investigación en relación con el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.
- Criterio de expertos: para obtener criterios valorativos de los expertos de las instituciones de Educación Superior, así como profesores y metodólogos de Física del Ministerio de Educación sobre la metodología elaborada para integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.
- La prueba pedagógica a estudiantes, para comprobar el dominio de conocimientos sobre la Física.
- El experimento pedagógico (cuasiexperimento), para validar en la práctica escolar la metodología elaborada.

Se empleó además la estadística descriptiva para el análisis y procesamiento de los datos obtenidos con la aplicación de los instrumentos utilizados y la estadística inferencial para comparar mediante pruebas de hipótesis los resultados obtenidos antes y después de la aplicación de la metodología. Se empleó el procesador SPSS.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

La investigación se realizó en el onceno grado del IPU Félix Duque Guelmes del municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas. En el curso escolar 2016-2017 se realizó el diagnóstico del estado de la variable, con el 100% de la población de profesores de Física del municipio y una muestra aleatoria simple de 80 estudiantes del total de la población de onceno grado que eran 102. Además fue consultada la metodóloga municipal de Física en Jagüey Grande. Durante la aplicación práctica, en el curso 2017-2018, para evaluar la validez científica del resultado, se trabajó con una muestra aleatoria de dos profesores y 66 estudiantes, del total de la población de onceno grado que era de tres profesores de Física y 102 estudiantes.

La **contribución a la teoría** se aprecia en los fundamentos teóricos metodológicos y en las reflexiones histórico-epistemológicas en el área del conocimiento físico, lo que enriquece los saberes de la didáctica para integrar la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria. El estudio comprende además la conceptualización de la integración y de sus potencialidades pedagógicas y didácticas.

La **significación práctica** se expresa en la capacidad transformadora de la metodología que se propone, a partir de su estructuración, funcionalidad e integración dinámica y armónica de la historia de la física y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de esta ciencia en la Educación Preuniversitaria mediante el trabajo metodológico, lo que contribuye a elevar la pertinencia para la formación integral de los estudiantes.

La **actualidad** de la investigación responde a la necesidad que hoy enfrenta la sociedad cubana de formar un estudiante que logre el fin de la Educación

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Preuniversitaria dentro del contexto del perfeccionamiento de la educación cubana. La **novedad científica** radica en que la metodología propuesta aporta una vía para la educación y cultura científica de los estudiantes mediante la integración de la historia y epistemología de la física, lo que genera un cambio en la dirección del proceso de enseñanza de la Física y en la comprensión de los contenidos durante el aprendizaje de esta ciencia.

Resultados parciales de esta investigación han sido publicados por la autora en los artículos: “Integración de la historia y epistemología de la ciencia: Fundamentos y experiencias en Cuba”, Memorias de la III Conferencia Interamericana del International History and Philosophy Science Teaching Group (Santiago de Chile, 2014), “Educación y Cultura científica en la escuela, a través de la historia y la filosofía de las ciencias. Visión desde la Física”, Actas del IX Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias (2016), “Cultura científica y enseñanza de la Física” y “Fórmulas vs comprensión de la Física; la epistemología al rescate”, Actas del VII y VIII Taller Iberoamericano de la Enseñanza de la Física Universitaria (2016 y 2019), “Hacia una enseñanza de la Física apegada a sus fundamentos”, *Revista Cubana de Física* (2018), “La cultura científica, la historia y filosofía de la ciencia”, Memorias XI Taller Internacional Maestros ante los retos del siglo XXI (La Habana, 2018) y “La Historia y la Epistemología como Concepción Didáctica en la Enseñanza de la Física” en *Latin-American Journal of Physics Education* Vol 13 No 1 (2019)

La investigación se insertó en el Proyecto de Investigación “Perfeccionamiento de la didáctica de la Matemática y la Física para la formación inicial del profesional de la Educación Media General en la Universidad Central “Martha Abreu” de Villa Clara”.



**CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS QUE SUSTENTAN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN PREUNIVERSITARIA**

En este capítulo se determinan los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria. Se precisan en ese sentido la relación de la historia y la epistemología de la ciencia con el proceso enseñanza aprendizaje de la Física; se exponen diversas consideraciones sobre la importancia de integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y se precisan aspectos básicos para tal la integración.

**1.1. Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia**

Desde mediados del siglo XIX han existido intenciones de relacionar la enseñanza de la ciencia con la historia de la ciencia. (González, et al., 2003) (Gallego, 2007), (Cifuentes y Camargo, 2018) La incorporación de la historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza de la ciencia data de 1855, en un discurso ante la Asociación Británica para el Avance de las Ciencias, al exponer George Campbell, Duque de

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Argyll: “Lo que queremos en la enseñanza para los jóvenes no son solo simples resultados, sino métodos y sobre todo, la historia de la ciencia.” (Freire, 2002)

Por su parte, Michael Mathew (1994) editor de la revista *Science and Education* está entre los que considera que uno de los precursores de la introducción de la historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza, fue Ernst Mach, quien centró su obra en la filosofía de la ciencia, aunque se destacó principalmente en la enseñanza de la física hasta 1901. Otros iniciadores fueron John Dewey, filósofo, pedagogo y psicólogo estadounidense, al cual se reconoce por ser uno de los fundadores de la filosofía del pragmatismo y desarrolló una filosofía que abogaba por la unidad entre la teoría y la práctica. (Valdés, et al., 2002) También Gerald Holton, quien consideró la necesidad de no tratar la ciencia como un producto final, sino que privilegió el descubrimiento en la enseñanza, para entender un suceso en la historia de la ciencia. (Guzmán, 2011). Esta lista pudiera ampliarse con otros nombres como el del físico francés Paul Langevin, quien se destacó en la enseñanza, así como el de Leon M. Lederman, Premio Nobel de Física en 1988.

En Cuba el presbítero y filósofo Félix Varela, denunció en 1837 “el plan puramente mecánico de enseñanza que se observa casi en todas partes” e intuía sus consecuencias al decir que mediante este plan el estudiante “adquiere unos obstáculos insuperables para el estudio de la ideología”, con la consecuencia de encontrarse “inexactos, precipitados, propensos a afirmar o negar cualquier cosa sin examinarla y solo porque se lo dicen, lleno de nomenclaturas vagas, sin entender una palabra de ellas tan habituados al orden mecánico de repetir de memoria”. (Torres-Cuevas, et al., 1997, p.90)

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Otro educador y filósofo fue Enrique José Varona, quien, aunque no estuvo vinculado directamente a la enseñanza de la física, sus ideas pedagógicas y filosóficas fueron las de mayor influencia orientadora en la enseñanza de esta ciencia en los inicios del siglo XX cubano. De Varona ha dicho Carlos R. Rodríguez, que cerró brillantemente el pensamiento del siglo XIX que iniciaran José A. Caballero y Varela, porque como ellos, él mantuvo la línea de un pensamiento apegado al conocimiento del mundo circundante, apoyado en las ciencias naturales y cuyo objetivo esencial era la búsqueda de la verdad. (Instituto de Literatura y Lingüística de la Academia de Ciencias de Cuba, 1990)

Acerca de Manuel F. Gran, profesor de Física de la Universidad de La Habana que es considerado el mayor renovador de la enseñanza de la Física en Cuba después de Félix Varela y antes de 1959, comentó José Altshuler que algunos de sus alumnos se quejaban de que daba “demasiada filosofía en sus clases”. (Altshuler, 2006, p.38) Esta actuación de Gran no puede considerarse algo fortuito, si se tiene en cuenta que en un libro de Leopold Infeld (1942) obsequiado por Altshuler a Gran, aparezca marcado por este último, el fragmento: “Todo físico es también filósofo [...] si uno toma la física en serio, difícilmente podrá evitar entrar en contacto con las cuestiones filosóficas fundamentales”. (Infeld, 1942, p. 204-205)

El devenir histórico del empleo de la historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza de la ciencia, no presentó un desarrollo lineal. Después de la Segunda Guerra Mundial se produjo un distanciamiento significativo entre la historia y filosofía de la ciencia y la enseñanza de la ciencia, debido a que imperó el pragmatismo, pues lo importante era salir de las miserias de la guerra. La ciencia solo atendió a

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

aplicaciones directas y con la puesta en órbita en 1957 del Sputnik soviético, el mundo occidental se percató que estaban rezagados. (Alamino, 2011)

Al considerar este divorcio R. A. Duschl escribió en 1985 el artículo “Enseñanza de la ciencia e historia y filosofía de la ciencia: veinticinco años de desarrollo mutuo exclusivo” (Science Education and the History and Philosophy of Science: Twenty-five Years of Mutually Exclusive Development).<sup>2</sup> Entre los factores responsables de ese distanciamiento señaló la influencia de la psicología conductivista con énfasis en aspectos de interés pragmático, como fue el caso de la reforma realizada en EE.UU en la enseñanza de las ciencias en el período post-Sputnik y que está simbolizado por el Physical Science Scientific Study Committec en el caso de la física. El referido distanciamiento significó un perjuicio para la enseñanza de las ciencias, ya que este período coincidió con un intenso desarrollo y profesionalización de la historia de la ciencia y también con la generalización en la filosofía de la ciencia de la crítica al empirismo lógico. (Alamino, 2014)

El crecimiento de los estudios en historia y filosofía de la ciencia se intensificó en la segunda mitad del siglo XX, lo que respondió a necesidades estrictamente intelectuales y conceptuales, ligadas al desarrollo de ciertas disciplinas, así como a necesidades sociales, resultantes de la creciente influencia que la ciencia y la tecnología pasaron a tener en la sociedad contemporánea. (Kuhn, 1994) Esta influencia es tal que los científicos, historiadores, filósofos y educadores no pueden hoy día abstenerse de valorar críticamente la actividad científica, sus métodos, sus implicaciones políticas y los aspectos institucionales que le están asociados. Un

---

<sup>2</sup> La traducción es de la autora.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

argumento que puede reforzar lo antes planteado es que dos de los filósofos de la ciencia más importantes del siglo XX, Gaston Bachelard y Thomas Kuhn, llegaron a sus teorías a partir de que tuvieron que afrontar la enseñanza de la física. (Asúa, 1997)

Gerald Holton junto a Stephen Brush y otros, desarrollaron a principios de los años 60, el Harvard Project Physics Course para la enseñanza secundaria, el cual fue seguido por casi el 15 % de los estudiantes de secundaria de los Estados Unidos. Este tuvo un currículo educativo de ciencias basado en principios históricos relacionado con la dimensión cultural y filosófica de la ciencia, con el propósito de desarrollar habilidades de pensamiento crítico y alcanzar récords en la superación de exámenes, lo que sirvió de apoyo para los defensores de la historia y filosofía de la ciencia. (Asúa, 1997)

En lo referente a la literatura empleada para la enseñanza de las ciencias, el destacado historiador de la ciencia Bernard Cohen patrocinó la introducción de materiales históricos en los programas universitarios de ciencias. Con ese fin organizó un simposio sobre historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza de la ciencia en la Conferencia anual de 1950 de la American Association of Physics Teachers, en la que contribuyó con la conferencia principal: "A Sense of History in Science", donde abordó algunos tratamientos convencionales de episodios históricos e indicó numerosas equivocaciones cometidas en ellos, además amplió la distorsión de datos históricos hasta la física del siglo XX. (Matthews, 2018)

Paralelamente se dio lugar en los Estados Unidos un movimiento educativo centrado en combatir lo que se denominó el "analfabetismo científico", que anhelaba que la

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

media de la población fuera capaz de comprender los conceptos básicos de la ciencia. Problema al cual denominó Snow en 1964 como “de las dos culturas”, es decir el desencuentro entre la cultura literario-humanística y la científica en el siglo XX. Este movimiento obtuvo logros tales como la impartición de cursos y la producción de libros cuyo objeto era enseñar las ideas fundamentales de las ciencias físicas a los estudiantes de humanidades, los cuales mostraban su contenido mediante la historia de la ciencias, con incursiones más o menos importantes en la filosofía de la ciencia, los cuales se emplearon en los primeros años de las carreras universitarias. (Asúa, 1997)

Los historiadores de la ciencia se han ocupado de desentrañar los intrínquilos por los que ha transitado la ciencia, el papel jugado y las motivaciones de los científicos en las condiciones históricas en que han desarrollado sus investigaciones, lo que ha legado un buen número de publicaciones, documentos y libros que hoy sirven para conocer la historia de la ciencia. Desde los finales del siglo XX se instituyeron varios grupos internacionales dedicados al estudio de los usos de la historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias en distintos niveles. El más distintivo es el International History, Philosophy and Science Teaching Group, que convoca conferencias internacionales desde 1989. También patrocina publicaciones periódicas sobre el tema, tales son: *Science and Education*, y *Contributions from History, Philosophy and Sociology of Science and Mathematics*, editadas por Michael Matthews. Además, la European Physical Society convoca desde 1983 conferencias bianuales sobre la historia de la física y la enseñanza de la física. (Aguilar y Alamino, 2016)

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Valoraciones importantes acerca de la historia de la ciencia se han producido en congresos internacionales, tal fue el caso del Segundo Congreso Internacional de Historia de la Ciencia y la Tecnología, que se celebró en Londres en 1931. Una extensa delegación soviética participó en este Congreso y una de las ponencias más destacadas fue presentada por Boris Hessen, con el título “Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton” (Hessen, 1985), catalogada como una exposición clásica de los criterios externalistas sobre el desarrollo de la ciencia, basada en la interpretación marxista. Varias de las ideas de Hessen repercutieron sobre la ciencia contemporánea, en particular sirvieron de punto de partida para el trabajo de otros investigadores como es el caso de John D. Bernal<sup>3</sup>, autor de dos obras fundamentales *The Social Function of Science* (Bernal, 1939) y *La ciencia en la historia*. (Bernal, 2008)<sup>4</sup>

La Academia de Ciencias de la URSS, a la cual estaba adscrito el Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y de la Técnica, interesándose por la historia de la física publicó un libro con el título *Ensayos sobre el desarrollo de las ideas básicas de la Física*. (Grigorian y Polak, 1974) En esta obra se hace un análisis del origen y desarrollo gradual de ideas tan importantes como la infinitud y la homogeneidad del espacio, la relatividad del movimiento, la conservación de la energía, la irreversibilidad de los fenómenos macroscópicos, los procesos de probabilidad y

---

<sup>3</sup> John Desmond Bernal escribió el libro “Marx y la ciencia” (1952), fue Presidente del Consejo Mundial de la Paz, científico marxista británico. “En un siglo en el que el positivismo capitalista consiguió imponer un modelo de científico superespecializado de pensamiento unidireccional y restringido, ajeno a las implicaciones y responsabilidades sociales de su propia producción, Bernal quiso y supo compatibilizar una producción científica de máxima categoría con la reflexión crítica y la acción política en torno a las interacciones ciencia-sociedad posicionándose de manera inequívoca a favor de los pobres de la tierra”. (Ausejo y Hormigón, 2004, p.5)

<sup>4</sup> La primera edición de este libro data de 1954.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

fluctuación, la realidad del campo electromagnético y el carácter discreto de los microprocesos. También el soviético Piotr L. Kapitsa, Premio Nobel de Física en 1978, mostró interés por la historia de la física, lo cual dejó plasmado en discursos y artículos dedicados a la organización de la ciencia, a la relación ciencia-producción y la educación creadora de las nuevas generaciones, para lo cual divulgó la vida y la obra de eminentes científicos, algunos con los cuales tuvo relaciones personales y de trabajo conjunto.

Ahora bien, en la enseñanza de las ciencias, la filosofía de la ciencia puede ayudar a los profesores a aclarar sus puntos de vistas sobre el conocimiento científico. En este sentido, se revelaron nítidamente dos grandes corrientes que se explicitan en los siglos XVII y XVIII en las escuelas racionalistas y empiristas, las cuales resultan contrapuestas: la racionalista, que destaca la importancia que la razón y los conceptos creados por la mente tienen, en el proceso de formación y fundamentación del conocimiento científico, cuyos principales sustentadores fueron Descartes y Kant y la empirista, que pone acento en la justificación del conocimiento a partir de los datos suministrados por la experiencia sensible, sus representantes: Bacon, Hobbes, Hume y Locke.

A través del tiempo esas corrientes han tenido diferentes seguidores e interpretaciones, aunque las dos indistintamente aportan aspectos significativos para el aprendizaje de las ciencias. De hecho, el modelo de aprendizaje por descubrimiento, que tuvo su base en rasgos de la escuela empirista, estuvo enmarcado en un inductivismo extremo, lo cual provocó su fracaso, por la falta de atención a los contenidos y la insistencia en una actividad completamente autónoma



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

(Gil, 1993), pero se puede valorar que el aprendizaje por descubrimiento no debe rechazarse totalmente, pues constituyó un intento de aproximar el aprendizaje de las ciencias a las características del trabajo científico, aunque no se puede pretender que el profesor durante el proceso de enseñanza aprendizaje coloque al estudiante en el aula en las mismas condiciones del investigador científico.

De igual forma la escuela racionalista ha dado sus aportes en la fundamentación de la adquisición de conocimientos, lo que se hace patente sobre todo en la actualidad, pues hasta finales del siglo XIX la mayor parte de la comunidad científica no concordaba con que se obtuviera un conocimiento de manera teórica, si no le precedía un experimento. Ya a principios del siglo XX comienza a desarrollarse en la ciencia el método hipotético deductivo, tal es el caso de Planck en el año 1900 con la cuantización de la energía, los trabajos acerca de la relatividad de Einstein, la obtención de la ecuación de Schrödinger, etcétera. (Alamino, 2011)

Adentrados en el siglo XX surgió una posición constructivista para la que el conocimiento es una construcción de la inteligencia humana que va creando estructuras nuevas a partir de los conocimientos que se poseen. (Mellado y Carracedo, 1993) Con la orientación constructivista sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de la ciencia se produce una aproximación de la actividad de aprendizaje a la formación de los conocimientos científicos, por eso para llevar a la práctica las propuestas constructivistas de cualquier variante, es necesario tener una sólida comprensión de la forma en que la ciencia ha transitado hacia el conocimiento científico, por lo que aquí subyace, como algo imprescindible, el conocimiento de la historia y la epistemología de la física.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Independientemente de aciertos y críticas, las tendencias educativas anteriormente expuestas, contribuyen a la formación de un cuerpo de conocimientos, que apunta a la necesidad de involucrar a los estudiantes en la construcción del conocimiento científico para que el aprendizaje sea más significativo y duradero. (Valdés, 2002) El constructivismo se ha mostrado como un paradigma coherente y fundamentado para el aprendizaje de las ciencias (Kuhn, 1971), pero no puede considerarse como un paradigma dominante único, que excluya a otros. Shulman (1986) plantea que en educación, la coexistencia de escuelas divergentes de pensamiento, lejos de ser una debilidad de desarrollo, puede ser más bien un estado natural y una muestra de madurez. (Shulman, 1986)

Entre los autores que se pueden de alguna manera enmarcar, aunque con muy distintos matices, con una postura constructivista tenemos a Popper (1983) (falsacionismo); Lakatos (1981) (metodología de la investigación científica); Laudan, (1986) (tradiciones de investigación); Toulmin, (1977) (evolucionismo) y finalmente Kuhn (1971) (revolucionismo). Todos estos filósofos de la ciencia trataron de dar una explicación con sus teorías, acerca de cómo se construye el conocimiento científico. Sin embargo, sus apreciaciones constituyen criterios parciales, unilaterales, que han elevado al plano de lo absoluto. Si se aprecian los criterios de estos filósofos, es opinión de la autora que casi exclusivamente todos constituyen partes integrantes de la teoría marxista-leninista del conocimiento, la cual los trata interrelacionados dialécticamente; por lo que la filosofía de la ciencia puede contribuir a fundamentar epistemológicamente la enseñanza de las ciencias.

### **1.1.1. La epistemología de la ciencia y la enseñanza de la ciencia**

Mario Bunge (1980) plantea que “la epistemología es la reflexión crítica sobre la investigación científica y su producto, el conocimiento, en otras palabras, es la rienda de la ciencia”. (Bunge, 1980, p.15) La epistemología de la ciencia se ocupa de estudiar cómo se desarrollan, evalúan y cambian las teorías científicas y del conocimiento y de cómo éstas pueden ser consideradas como intento de comprender lo no conocido en términos de lo conocido. Es indispensable para todo profesor no estar ajeno a los aportes que ofrece esta disciplina para un mejor desarrollo de la acción docente, al mantener la conexión entre la disciplina que imparte y sus fundamentos epistemológicos. Revelar la naturaleza social de la ciencia es fuente del tratamiento no solo de contenidos específicos de interés para el estudio en cada tema de las asignaturas, sino además, modo y vía para incidir en la conducta, las ideas políticas e ideológicas de los estudiantes, en sus valores y cualidades humanas. (Ausejo y Hormigón, 2004)

Las ciencias, en su enseñanza, no constituyen disciplinas estáticas, sus teorías científicas han cambiado y continuarán con cambios en el devenir de los años. Así, la enseñanza tradicional basada en metodologías y conocimientos de validez universal mantiene una confrontación, desde el punto de vista epistemológico, con la concepción de ciencia, con conocimientos y teorías cambiantes; una teoría científica considerada “cierta” hoy, puede ser falseada en cualquier momento, y dejar de tener validez como resultado del desarrollo científico.

Esta visión debe ampliar el contenido de los cursos de ciencias sin limitarlos a conocimientos y habilidades específicas, como sistema de conocimientos

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

“acabados”, descontextualizados del medio sociocultural, con escasas relaciones interdisciplinarias y ausencia casi total de integración de los contenidos con la metodología, la historia y la epistemología de la física. Además, deben ser contenidos objeto de aprendizaje los relacionados con la actividad investigadora contemporánea, incluyendo los valores y actitudes universales que distinguen el trabajo científico y tecnológico.

La historia de la ciencia está muy ligada a la filosofía de la ciencia, en particular el término epistemología, ha sido utilizado en los círculos científicos con significados ambiguos. (Llantada, 1998; Casañas, 2003) Algunos lo vinculan con cuestiones de índole gnoseológica o a reflexiones teóricas que permiten hacer generalizaciones, en algunos casos de orden metodológico. Esta ambigüedad pudiera estar dada por el sentido etimológico del vocablo, el cual proviene del griego “epísteme” que quiere decir conocimiento. La introducción de este término se le atribuye al filósofo escocés J. F. Ferrier en su libro *Fundamentos de la metafísica* (1854). Es más usado en la filosofía inglesa y norteamericana que en la francesa y alemana. En inglés la palabra epistemology equivale a “teoría del conocimiento” y en francés e italiano epistemologie a “filosofía de la ciencia”. (Llantada, 1998)

La epistemología referida al estudio sobre el saber ha tenido diversas versiones en las diferentes tradiciones científicas: Gnoseología, Filosofía de la ciencia e incluso Sociología de la ciencia; a la que se han unido otros estudios como la Ética y la Historia de la Ciencia. (Martínez, 1997) Según Casañas (2003) el criterio más difundido se remite a reconocer a la epistemología como área filosófica que lleva a cabo reflexiones gnoseológicas sobre la ciencia, lo que implica necesariamente las

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

reflexiones metodológicas de la ciencia que se trate en particular. García (1984) plantea que existen otros criterios que siguen una dirección similar y consideran que “la epistemología debe ocuparse de la caracterización del conocimiento científico y la justificación o fundamentación del mismo”. (García, 1984, p.68)

La autora concuerda con Casañas (2003), al referir que la epistemología se identifica con el contenido fundamental de la filosofía y la metodología de la ciencia, y constituye por tanto una disciplina filosófica. Se examina el concepto en dos sentidos: amplio y estrecho, considerándose así a la epistemología en su sentido estrecho limitada a cuestiones metodológicas y/o gnoseológicas, y en su sentido amplio incluiría elementos sociológicos, éticos, políticos y otros. Se distinguen también los problemas de la epistemología general y la específica. Los primeros se refieren al conocimiento científico en general, sus características comunes, los rasgos más generales del método científico. Los segundos conciernen a las características peculiares de cada ciencia o grupo de ciencias. (García, 1968)

La relación entre la filosofía marxista, su epistemología, con la psicología, quedaría bien explicitada cuando Vigotsky expresó: “hay que encontrar una teoría que ayude a conocer la psiquis y no la solución del problema de la psiquis, no las fórmulas que resumen y suman el resultado de la verdad científica (...) Yo no quiero saber gratuitamente (...) qué es la psiquis; quiero aprender en todo el método de Marx, cómo construir la ciencia y cómo enfocar la investigación de la psiquis”. (Shuare, 1990, p.491)

Cuando se habla de método la autora se aviene a la concepción de Marx expuesta por Engels que “ [...] toda la concepción de Marx no es una doctrina sino un método.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

No ofrece dogmas, hechos, sino puntos de partida para la ulterior investigación y el método para dicha investigación”. (Hart, 2005, p. 38) Por incomprensible que parezca a muchos, el marxismo y el leninismo no son un círculo cerrado que impida el conocimiento de lo nuevo. Son, precisamente, todo lo contrario “se trata de una espiral que obliga permanentemente y por razones de su propia esencia, en especial en la época de cambios, a analizar comportamientos nuevos que se presentan en la vida real”. (Hart, 1991, p.2) Los científicos son, por esencia, antidogmáticos. De esta manera, se confirma que solo con una visión profundamente científica, es decir, materialista-histórica, se podrá, extraer las verdades más profundas y las enseñanzas, más importantes del período histórico de las últimas décadas, así como analizar los problemas que afronta el mundo contemporáneo.

De acuerdo con lo antes expuesto se plantea que la historia no es un montón de hechos, aislados sin ninguna conexión, ni orden, como no lo es la ciencia, que a decir de Bunge: “es conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible”. (Bunge, 1980, p.1) Al seguir con esta línea de pensamiento y la de otros autores como Mathews (1994), Moltó (2003), Alamino (2014) e Izquierdo, et al., (2016), la autora define que la historia de la ciencia se ocupa de investigar el proceso de formación y desarrollo de la ciencia, enfrentándose a tareas como la de reconstruir el camino por el que ha transitado la ciencia, clasificar los hechos, ordenándolos lógicamente y cronológicamente, con el propósito de desentrañar por qué la ciencia ha transitado por ese camino y no por otro, de forma tal que pueda establecerse una relación causal entre los hechos y revelar la postura mantenida por los científicos, dado el contexto socio histórico que les ha tocado vivir.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

De este modo, interpretado su objeto, en la historia de la ciencia se evidencia su trascendencia metodológica en la consecución y la dirección del trabajo científico y en la actividad pedagógica. La historia y la epistemología de la ciencia se consideran importantes por ampliar el horizonte cultural, el cual se enriquece al promover su integración en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias. Se pretende entonces que los profesores además de enumerar momentos históricos en relación con el surgimiento de los conceptos de las ciencias específicas, sepan distinguir las distintas rupturas epistemológicas de un conocimiento físico.

Opina la autora que el conocimiento de la historia y la epistemología de la física debe aportar a la formación de otros saberes y competencias profesionales, de modo que impacten en el currículo y en su hacer en el aula, lo que para ello debe ser un profesor preparado para realizar modificaciones a su práctica cotidiana, a su accionar con una concepción acerca de la epistemología de las ciencias y de la investigación científica, debido al extraordinario desarrollo de la ciencia y la técnica, como un reclamo a la alfabetización científica.

### **1.2. Proceso de enseñanza aprendizaje de la ciencia y su relación con la historia y la epistemología de la ciencia**

La Didáctica como disciplina científica de las Ciencias de la Educación, tiene como objeto de estudio el proceso enseñanza aprendizaje y sus relaciones interdisciplinarias materializadas en un currículo, como proyecto educativo integral, que instrumenta en la práctica la concepción didáctica asumida en la planificación, organización, ejecución y control los resultados del proceso en una institución educativa, para lograr el éxito deseado en la formación de los estudiantes.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

(Calzado y Addine, 2010) Considerar así el objeto de estudio de la Didáctica, permite valorarla como una Ciencia de la Educación de especial significación en el proceso educativo, pues es mediante ella donde se concretan en la práctica sus propios referentes teóricos, así como los aportados por la Pedagogía. Condiciona, en consecuencia, que los profesores puedan organizar, conducir y enriquecer con una amplia visión científica y una posición metodológica investigativa crítica y creativa de su propia actividad, el proceso de enseñanza aprendizaje de sus estudiantes.

La Didáctica responde a los fines de la educación y en consecuencia se identifica con determinados intereses sociales, se sustenta en una filosofía de la educación, se adhiere a concepciones epistemológicas específicas, tiene en cuenta los intereses institucionales y, por supuesto, depende en gran medida de las características, intereses y posibilidades de los sujetos participantes, es decir, de estudiantes, profesores, grupo escolar y demás factores del proceso. (González, 2005)

Permite además enfrentar científicamente los complejos cambios que se producen en el proceso de enseñanza aprendizaje (Addine, et al., 2004) lo que comprende el conjunto sistemático de teorías, leyes, principios, categorías y estrategias específicas que todo profesional de la educación debe conocer y saber aplicar para orientar a sus estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje. Tiene lugar en las instituciones educativas o fuera de ellas, dirigido por la escuela como el centro cultural más importante de la comunidad, que ofrece el contexto donde todos los agentes educativos participan involucrados, creativamente, y de conjunto con ella en el alcance del fin y los objetivos de la enseñanza. Este proceso, dirigido por la escuela, es planificado, organizado y sistémico, dado la complejidad de sus alcances



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

y la diversidad de factores que condicionan su desarrollo. Es un sistema abierto y flexible, sujeto a cambios y que debe ser el resultado de la investigación científica y la práctica creadora. (Rico, et al., 2016)

Debe tenerse en cuenta además el desarrollo de la personalidad, identificar las necesidades y los problemas de aprendizaje de los estudiantes para que la proyección consciente del sistema de acciones, este dirigida al logro de los objetivos formativos y potenciar así el desarrollo de la actividad independiente hacia la búsqueda de nuevos conocimientos, mediante un aprendizaje consciente, activo y reflexivo por parte de los estudiantes. De acuerdo con Álvarez (1999) la labor docente metodológica de los profesores se tiene que desarrollar de modo tal que se deje explícita la potencialidad educativa de cada uno de los contenidos que ofrece desde las didácticas específicas. Es tarea de cada profesor desentrañar las regularidades didácticas, pedagógicas, epistemológicas y psicológicas que subyacen en el proceso de enseñanza aprendizaje escolarizado para alcanzar las aspiraciones de la sociedad. (Álvarez, 1999)

La didáctica de las ciencias, por su parte, ha tenido un desarrollo progresivo desde la década de los 60, nutriéndose fundamentalmente de las propias disciplinas científicas básicas y de la psicología del aprendizaje, la cual cuenta con un cuerpo teórico de conocimientos, configurándose como una disciplina específica. Desde hace unos años se estudia, debaten y revalorizan los fundamentos filosóficos y epistemológicos de la misma. (Colombo de Cudmani, 2003)

En la elaboración de la teoría de la didáctica de las ciencias se ha avanzado en lo que respecta a la determinación de las ideas sociológicas, epistemológicas,

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

psicológicas y pedagógicas que le pueden servir de base, al esbozo de sus objetivos, a la elaboración de criterios para la selección del contenido y la elaboración de metodologías generales. El proceso de enseñanza aprendizaje de la Educación Preuniversitaria en Cuba en el siglo XXI, necesita de una labor educativa de excelencia, pero esto no se logra sólo con normativas, una función fundamental la desempeñan los profesores. La enseñanza debe proceder de un modo secuencial, prestando atención a todos los componentes del proceso para construir una visión necesaria de los conocimientos científicos.

Otro elemento fundamental a tener en cuenta en la didáctica de las ciencias es el empleo de las tecnologías de la información (TICs). Desde la década de 1990 en Cuba se han elaborado numerosas propuestas didácticas de simulación de fenómenos y procesos naturales por computadoras, lo cual representa un avance en la utilización de los medios informáticos, al propiciar que los estudiantes modifiquen los parámetros de la situación estudiada y experimenten con ella. Los estudiantes pueden representar determinadas situaciones previamente imaginadas, modificar sus características, etcétera, es decir, tienen la posibilidad de participar, y no solo de experimentar con modelos, sino llegar a construirlos creadoramente. Esto significa un cambio en el modelo tradicional a favor de un modelo de enseñanza desarrolladora, en el cual los estudiantes participen activamente en la construcción de sus conocimientos. (Calzado y Addine, 2010)

Autores como Furió, et al., (1992) revelan que el cuerpo teórico de conocimientos no simplemente se debe a la suma de contenidos de las asignaturas básicas y de la psicopedagogía, sino que han de considerar los aspectos filosóficos de las ciencias,

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

al fundamentar epistemológicamente la didáctica de las ciencias, lo que trae consigo generalizar los aspectos esenciales de la realidad que estudia la ciencia e incluye un sistema fundamental de las ideas, conceptos, leyes, principios y métodos más generales que caracterizan una etapa histórica de su desarrollo. (Furió, et al., 1992)

A juicio de la autora la fundamentación epistemológica de la didáctica de las ciencias tiene como propósito orientar al estudiante hacia la reflexión sobre la problemática de la práctica científica, actividad que es parte de la dinámica social, no solo porque genera valores, sino porque también está predeterminada por intereses sociopolíticos.

En consideración de quien investiga, la didáctica general y la didáctica de la ciencia deben tener como base el conocimiento histórico de los contenidos que se instruyen, conjuntamente con lo educativo del proceso. Esto implica un conocimiento más amplio de la relación general de la ciencia a la sociedad, y para ello es necesario el conocimiento de la historia, de la ciencia y de la sociedad, lo que permite al estudiante poder contextualizar la enseñanza. De este modo la autora coincide con las palabras de John D. Bernal al plantear: “En la ciencia, más que en ninguna otra institución humana, es necesario investigar el pasado, para comprender el presente y dominar el futuro.” (Bernal, 2007, p.18)

En tal sentido, se analizan opiniones de prestigiosos científicos, filósofos y educadores, que fundamentan la relación de la historia y filosofía de la ciencia con la didáctica de la ciencia. Por ejemplo, Luis D' Broglie, uno de los fundadores de la llamada Física Moderna, ha legado esta esclarecedora reflexión para científicos y maestros de ciencia: “La historia de la ciencia no puede dejar de interesar a los

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

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.”. (Daniushenkov y Corona, 1991, p.12)

El 7 de diciembre de 1944 Albert Einstein, uno de los científicos más relevantes del siglo XX, en carta dirigida a un colega, refiriéndose a su experiencia magisterial expresó: “Al pensar en los estudiantes más capaces con los que me he encontrado como maestro, es decir aquellos que se distinguen por su independencia de criterio y no simplemente por ser los que más rápidamente hablan, puedo afirmar que tenían un gran interés por la epistemología. Empezaron las discusiones sobre los objetivos y los métodos de la ciencia con felicidad y mostraban firmemente, mediante su tenacidad, defender sus puntos de vista, tal que el tema resultaba importante para ellos”. (Einstein, 1944, p.2)

La intelectual cubana Graciela Pogolotti en el artículo “Ciencia y cultura”, publicado en *Juventud Rebelde* el 26 de abril de 2015, refería lo siguiente: “Un puro y abstracto científicismo arrastra imprevisiblemente repercusiones políticas. Por este motivo, siempre me ha parecido imprescindible incluir en los planes de estudio de todas las carreras el conocimiento aleccionador de la historia particular de cada ciencia, surgidas todas del tronco común de la Filosofía, alentadas por el contacto entre diferentes civilizaciones”. (Pogolotti, 2015, p.3)

Jorge Núñez Jover (2014) en la introducción de su libro *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar*, se pregunta ¿Para qué CTS?, y declara entre otras ideas: “los sistemas educativos,

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

desde los niveles primarios hasta los posgrados, se dedican a enseñar la ciencia, sus contenidos, métodos, lenguajes. Desde luego, hay que saber de ciencia, [...] también debemos esforzarnos por saber algo sobre la ciencia, en especial sobre sus características culturales, sus rasgos epistemológicos, los conceptos éticos que la envuelven y su metabolismo con la sociedad...” (Núñez, 2014, p.1)

Por su parte, el Premio Príncipe de Asturias Federico García Moliner (1996) en la *Lección Inaugural del curso académico 1996-1997*, en la Universidad Jaume I, expuso: “La ciencia tiene una envergadura y un calado muy grande; es necesario que a los alumnos se les enseñe también algo sobre su naturaleza, su relación con otras formas de pensamiento y su potencial, tanto benigno como maligno. Es decir, aunque sea a expensas de enseñar algo menos de ciencia, hay que enseñar algo acerca de la ciencia”. (García, 1996, p.5)

En esto concuerda con el Premio Nobel de Física 1988, Leon Lederman (2003), en la conferencia “The Role of Physics in Education”, donde se cuestionaba acerca de lo que se pretende que recuerden los estudiantes una vez recibido un curso de ciencia y recomendaba que “todas las disciplinas deberían dedicar un 20% o 30% a incluir aspectos seleccionados de la historia, aplicaciones a problemas sociales, asuntos políticos, económicos y sociales, que entrelazan la ciencia y la sociedad y añadía no hacer esto de manera exagerada, aunque las historias vinculadas con las disciplinas básicas serán recordadas mucho después que  $E=mc^2$  sea olvidada, porque las historias embebidas en el contenido contribuyen a crear un modo de pensamiento científico.” (Lederman, 2003, p.6)

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

José Martí, en “Maestros ambulantes”, tan tempranamente como mayo de 1884, avizoraba “La cruzada se ha de emprender ahora para revelar a los hombres su propia naturaleza, y para darles, con el conocimiento de la ciencia llana y práctica la independencia personal [...] El sol no es más necesario que el establecimiento de la enseñanza elemental científica” (Martí, 2002, t.8, p.292). Otra frase expresada por el Apostol, la cual tiene gran significación en la línea de investigación de la autora, es la siguiente: “Educar es depositar en cada hombre toda la obra humana que le ha antecedido: es hacer a cada hombre resumen del mundo viviente, hasta el día en que vive [...]; es preparar el hombre para la vida.”. (Martí, 2002, t.8, p.281)

Sobre este aspecto, el intelectual brasileño Frei Betto reflexionaba: “El papel [...] del educador no es formar mano de obra especializada o cualificada para el mercado del trabajo. Es formar seres humanos felices, dignos, dotados de conciencia crítica, participantes activos en el desafío permanente de mejorar la sociedad y el mundo. (Betto, 2016, p.2) En conferencia magistral durante el Congreso Pedagogía 2015, el entonces Ministro de Educación Superior de Cuba, Rodolfo Alarcón, recomendaba a los educadores allí reunidos: “Deberá [el estudiante] adquirir las habilidades para orientarse por sí mismo y poder analizar el mundo no como asignaturas separadas por horarios y libros, sino como un complejo entramado que integra la psicología y las finanzas, la contabilidad y la tecnología, la electrónica y la historia. Más que a resolver un problema habrá que entrenar a los estudiantes en aplicar el método científico”. (Alarcón, 2015, p.1)

Las apreciaciones expresadas anteriormente por significativas personalidades de la política, la ciencia y la educación, dan en primer lugar una medida de cuánto se

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

pondera el valor de la ciencia, su comprensión consecuente e imbricación con la ineludible práctica social, así como la necesaria relación de la historia y epistemología de la ciencia con la enseñanza de la ciencia. Esto corrobora que los profesores no deben estar ajenos a los aportes que ofrecen las disciplinas específicas, para un mejor desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje escolarizado, el cual debe mantener la conexión entre la ciencia y sus fundamentos filosóficos y epistemológicos.

No es que se trate de convertir el curso de ciencia en un curso de historia y filosofía de la ciencia, pero al parafrasear al filósofo de la ciencia Imre Lakatos quien expresó: “Philosophy of science without history of science is empty; history of science without philosophy of science is blind” (Lakatos, 1981), la autora se atreve a plantear que la enseñanza de las ciencias sin historia y filosofía de la ciencia es vacía y ciega. Señalan Adúriz-Bravo (2001, 2009); Freire (2002); Monroy, (2009); Höttecke y Henke, (2010), que la historia y epistemología de la ciencia pueden ser sustento o base para el desarrollo de una educación científica contemporánea, lo que puede contribuir a un trabajo educacional que busque sobrepasar dicotomías entre las culturas técnicas y humanísticas, al reforzar el vínculo entre ciencia y valores y ser una influencia formativa sobre los ciudadanos que son capaces de dirigir proyectos individuales y colectivos que den significado a su existencia.

Expresan además Gil (1983, 1986, 1993), Mathew (1994), Massoni y Moreira (2010), Ferrer y León (2018), que la inclusión de la historia y epistemología de las ciencias en la didáctica de las ciencias es un tema generalmente aceptado por la comunidad científica internacional, por los aportes que la epistemología y la historia de la ciencia

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

han realizado en las últimas décadas a las disciplinas específicas. Concuerdan en que no solo se debe tener en cuenta el papel formativo que las disciplinas específicas puedan aportar, sino el papel que la historia y la epistemología de la ciencia puedan jugar en el desarrollo de un cuerpo de conocimientos didácticos, amén que los aportes en este campo hayan sido relativamente escasos, hasta recientemente, que con el acelerado desarrollo de la didáctica de las ciencias se ha logrado impulsar una fuerte línea de investigación centrada en las relaciones entre historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.

En el contexto más inmediato el filósofo cubano Jorge Núñez Jover, en un ensayo dedicado a la filosofía de la ciencia plantea que: “puede resultar a primera vista una pretensión un tanto exagerada hablar de filosofía de la ciencia en Cuba por el reducido espacio académico que ha ocupado y el limitado número de practicantes y publicaciones que ha generado, por lo que no existe un campo fuerte del cual hayan emergido contribuciones trascendentes...” (Núñez, et al., 2014. p.2) La autora concuerda con la valoración de Núñez Jover, aunque desde hace algunos años se han dado pasos en cuanto a estudios que se han realizado y que han tenido como resultado artículos publicados en libros y revistas, se han defendido tesis de maestría y doctorado, que han sido reportados por Valdés (1986), Crespo (1993), Rodríguez, Moltó y Bermúdez (1999), Valdés (2002), Moltó (2003), Addine (2006), Altshuler (2006), Pino (2007), Vega (2012), Aguilar y Alamino, (2016, 2018), Alamino y Aguilar (2016, 2018, 2019), entre otros.

Estos estudios, en gran medida, son el producto de las intenciones de perfeccionar la enseñanza de la ciencia y en particular de la física, con un enfoque sociocultural



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

para el desarrollo de la cultura científica y donde la historia y la epistemología de la ciencia son consideradas de algún modo. No obstante a lo anterior expuesto, no todas las opiniones favorecen el empleo de la historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza. Por ejemplo, Martin Klein, considerado uno de los más prestigiosos historiadores de física pre-cuántica, ha expresado "... al tratar de enseñar física por medio de su historia corremos el riesgo real de cometer una injusticia con la física o con su historia, si no con ambas a la vez". (Navarro, 2010, p.2)

Hay quiénes han sustentado, fundamentalmente inspirados en la obra de otro gran historiador de la ciencia, Thomas Kuhn, (*The structure of Scientific Revolutions*) que la exposición de la historia de la ciencia debilita las convicciones científicas requeridas para una exitosa consumación del aprendizaje científico (Matthews, 1994). Navarro (2010), advierte que puesto que la selección y uso del material histórico está fuertemente condicionado por los fines que se persiguen, se corre el riesgo de que cada cual acabe por construirse su propia historia, lo que es esencialmente antihistórico. Whitaker (1979), a su vez, es de los que afirma que muchos autores han adaptado la historia de la física a determinados fines, enmascarándose la verdadera historia y presentándose esta como genuina, lo cual este autor ha dado en llamar cuasihistoria de la física. Por otro lado, se presentan, en los textos historias simplificadas y errores de omisión, lo que en la opinión de Klein (1972) resultan seudohistorias. (Chade, 2013)

En las opiniones anteriores hay dos grupos bien diferenciados, el de Kuhn, que creen que al incluir la historia se debilita la enseñanza de las ciencias. En ese caso la autora opina que no se trata de restar tiempo e importancia al conocimiento de la

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

ciencia y al desarrollo de habilidades con narraciones improcedentes. Por otro lado, Navarro, Whitaker y Klein refieren algo que realmente puede ocurrir, que el profesor por déficit de conocimientos, en cuanto al lugar que ocupa el contenido de la asignatura, en el contexto histórico filosófico de la ciencia, o por ingenuidad, refiera ilógicas, simplificadas o hasta distorsionadas historias a los estudiantes, lo cual puede ser evitado mediante su preparación.

La autora considera importante tener en cuenta las advertencias antes expuestas, pero no coincide con estos autores, pues opina que la planificación adecuada del proceso enseñanza aprendizaje así como una correcta preparación de los profesores puede evitar caer en esos errores. Concuere da con Matthew (1994) al plantear que el tratamiento histórico puede hacer las clases más estimulantes y reflexivas, incrementa las capacidades de pensamiento crítico y contribuye en los estudiantes a una mejor comprensión de los contenidos. Igualmente coincide con Addine (2007), al referir que las ideas epistemológicas le pueden servir de base al profesor para el esbozo de los objetivos, la elaboración de criterios para la selección del contenido y la elaboración de metodologías generales.

### **1.3. El proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la integración de la historia y epistemología de la física. Particularidades en la Educación Preuniversitaria**

Como parte de la investigación es necesario un acercamiento a la evolución que ha tenido la enseñanza de la física en Cuba y la formación de profesores para revelar las relaciones entre historia y epistemología de la física en el contexto cubano. Desde el siglo XVIII hay referencias (Sosa y Penabad, 2003) que indican que se

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

impartían contenidos de física en instituciones de carácter religioso (católicas), incluida la Real y Pontificia Universidad de San Jerónimo de La Habana.

El momento más destacado de esta etapa inicial de la enseñanza de la física en Cuba, lo protagonizó el presbítero Félix Varela, quien impartió contenidos de física entre 1811 y 1820 como parte de sus lecciones de Filosofía, en el Real y Conciliar Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio en La Habana. En los años siguientes del siglo XIX la enseñanza de la física en Cuba fue totalmente empírica, sin basamento científico y alejado de los avances mundiales. (Alamino, 2014) Algo similar ocurrió en la República Burguesa, aunque debe destacarse su impartición en todos los niveles de enseñanza y el aporte de figuras como Manuel F. Gran.

En 1962 se aprobó la Reforma de la Enseñanza Superior en Cuba y dos años después surgieron los Institutos Pedagógicos, adscriptos a las Universidades de La Habana, Las Villas y Oriente. Con ellos comenzó la preparación regular y sistematizada de profesores de física. Existieron dos niveles, el nivel básico, que preparaba profesores para la Escuela Secundaria Básica, en una doble especialidad y otro nivel que se le denominaba superior, que permitía al graduado trabajar en la especialidad de física en el bachillerato o preuniversitario. (Mined, 1990) En 1976 los Institutos Pedagógicos se convirtieron en Institutos Superiores Pedagógicos (ISP) como centros independientes de las universidades y con su mismo carácter.

A lo largo de estos años se han desarrollado diferentes planes de formación de profesores de física con el propósito de lograr que estos respondan a las exigencias de la sociedad, donde no siempre ha estado presente la Historia de la Física como asignatura. La urgencia de profesores de física, por diversas razones, ha sido una de

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

las exigencias que ha llevado a instrumentar diversas soluciones, por eso el recorrido por el camino de la preparación de estos profesionales en Cuba ha transitado por continuidades y rupturas.

En el vigente Plan de Estudio E, el graduado de la carrera de Física es egresado con el título de Licenciado en Educación. Física. En el último año de formación y como parte del currículo base aparece la asignatura Historia de la Física, la cual forma parte de la disciplina Formación Laboral Investigativa en la Enseñanza de la Física. Tiene como propósito integrar aspectos epistemológicos, historiográficos y didácticos vinculados a la evolución de los conocimientos que ha de enseñar en la escuela media cubana y de las circunstancias del desarrollo de la física como ciencia, desde una perspectiva que, en lo posible, aborda el contexto social, cultural, político y económico en que se desarrollaron las ideas fundamentales de esa ciencia, de modo que se muestre la actividad científica en su perspectiva social. (Pérez, 2016)

En la Educación Preuniversitaria las unidades contempladas en el programa de Física de los tres grados, están dirigidas a completar la información necesaria, con el fin de aportar los elementos indispensables, sobre esta ciencia, a la cultura general integral de los jóvenes desde una orientación sociocultural. El tratamiento del contenido potencia el desarrollo de una cultura científica, que permita entender el mundo físico viviente, para lograr actuar en él y tener en cuenta su proceso cognitivo, su protagonismo en el saber y hacer científico-tecnológico, como el conocer, teorizar, sistematizar y evaluar sus actos dentro de la sociedad (Mined, 2016).

Sin embargo, en la Educación Preuniversitaria la Física es considerada por los estudiantes como un entramado de fórmulas recitadas y aprendidas de memoria que

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

a la postre son incomprendidas, lo que trae consigo una desestimulación por su estudio (Valdés, et al., 2002) (Moltó, et al., 2005) (Pereira y Rodríguez, 2018) y por ende se refleja en la calidad de los resultados académicos que posteriormente obtienen los estudiantes al finalizar el curso escolar. (García, 2017)

Hay muchas razones que pueden influenciar en la distorsión de la comprensión de la física, entre las que se encuentran los contenidos mayoritariamente conceptuales a veces demasiados específicos o desactualizados, el desarrollo de habilidades excesivamente particulares (Valdés, et al., 2002), el método de enseñanza, la forma de evaluación, sin olvidar la ausencia de la epistemología de la ciencia o de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, que sí están orientadas en los programas de estudio. (Solbes y Traver, 2001) (Hart, 2003)

Otra de las razones pudiera estar dada en el escaso empleo de las TICs durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la física. Los medios informáticos están en función de la asimilación de conocimientos y no en la solución de problemas, que es la esencia de la actividad investigadora. La superación de esta limitación está en utilizar la computación no solo para la construcción activa de conocimientos, sino también como herramienta en la solución de problemas, que de otro modo sería muy difícil o imposible lograr. Para esto es necesario integrar la experiencia adquirida en la elaboración y utilización de software educativo en una concepción teórica, fundamentada y coherente, acerca de la educación científica. (Pérez, et al., 2006)

En Cuba existen numerosos programas muy útiles para el aprendizaje de los contenidos propios de las asignaturas de las ciencias para la Educación Preuniversitaria. Tal es el caso de las enciclopedias generales o especializadas en

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

ciencias, en las cuales se pueden encontrar los elementos esenciales de los conocimientos científicos, ilustraciones en imágenes fijas, videos, animaciones y artículos de profundización. Uno de los aportes de la producción de multimedia como es la Colección Futuro, especialmente creada para la Educación Preuniversitaria, donde se disponen varios software educativos específicos para el curso de Física: “Sustancia y Campo” y “Fismat” adecuados al currículo y con los contenidos y particularidades de la asignatura. Otras vías factibles son: consultar en Cubaeduca, el Portal de Física y la proyección y análisis de filmes. (**Anexo 2**)

En tal sentido existen diferentes propuestas didácticas que argumentan su utilización en las aulas para revolucionar los recursos didácticos o medios de enseñanza, inmersos en lo que se reconoce como nuevos ambientes de aprendizaje. Lo anterior puede contribuir a actualizar y ampliar los fundamentos epistemológicos de la física, siempre desde la concepción del empleo de los medios tecnológicos como parte y en relación estrecha con el resto de los componentes del proceso de enseñanza aprendizaje.

La funcionalidad didáctica de la orientación sociocultural para el curso de Física en la Educación Preuniversitaria se basa en fundamentos didácticos que aportan la epistemología e historia de la física. Esos aportes revelan la potencialidad del método científico en el estudio de esta ciencia. Por otro lado, debe generarse una dinámica, cuya expresión concreta se manifiesta en los cambios que se van operando en el estudiante a medida que se apropia del contenido integrado con la historia y la epistemología de la física para acercarse al objetivo. La dinamización estará relacionada con la selección, organización y funcionamiento de los

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

componentes dinámicos del proceso, métodos, formas, medios y evaluación, que permiten generar un movimiento del proceso dirigido al logro de los objetivos previstos. (Pérez, et al., 2006)

Con la puesta en vigor del Tercer Perfeccionamiento Educacional en Cuba en el proceso de enseñanza aprendizaje en la Educación Preuniversitaria, se establecen nuevos cambios. De manera general se distingue por la experimentación pedagógica sobre nuevas formas de trabajo que se expresan en las modificaciones de la concepción curricular, que desde el 2014 se desarrolla en 68 instituciones educativas de seis provincias del país y que a partir del curso 2020-2021 se generalizará en toda la nación cubana. (Colectivo de Autores ICCP/Mined, 2018)

En la concepción curricular, el currículo es entendido como: “el sistema de actividades y de relaciones, dirigidos a lograr el fin y los objetivos de la educación para un nivel y tipo de institución educativa determinada; es decir, los modos, formas, métodos, procesos y tareas, mediante los cuales se planifica, ejecuta y evalúa la actividad pedagógica conjunta de educadores, educandos y otros agentes educativos, para lograr la educación y el máximo desarrollo de los educandos”. (Colectivo de Autores, 2018, p.2)

Al tener en cuenta los reclamos de los objetivos formativos que aparecen en los programas de Física para décimo, oncenno y duodécimo grado, conviene una renovación de métodos, procedimientos, medios, formas de organización y en la evaluación. Lo anterior tiene como propósito aprender a buscar conocimientos, a actuar con sus semejantes en el trabajo científico, a ser un miembro del colectivo productivo, modesto y aprender a hacer ciencia al nivel de la cultura contemporánea;

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

potenciar la investigación científica-investigativa mediante la asignatura, sociedades científicas, movimiento de monitores y proyectos sociales, culturales, técnicos y productivos para así acercarlos a las exigencias que enfrentará en la universidad. Pueden introducirse cambios en la evaluación final, al definir que la asignatura pueda culminar además con la defensa de un trabajo investigativo integrador, contribuyendo así a la estimulación al talento incorporándolos a diferentes tipos de eventos competitivos. (Colectivo de Autores, 2018)

En las orientaciones metodológicas del programa debe fundamentarse una idea metodológica que promueva la construcción del conocimiento; sustentada en el accionar de estudiantes y profesores acorde con las características de la actividad científica investigadora contemporánea y en correspondencia con la ejecución permanente de una actividad docente diversificada, de continua búsqueda de información, de uso de los medios informáticos, del estudio de la bibliografía y del debate colectivo y en pequeños grupos. (Pérez, et al. 2006) Lo antes planteado demanda una fuerte preparación del profesor desde la institución y mediante formas de superación posgraduada en el contenido y la didáctica de la Física. La labor del profesor en su actividad está dada en promover el cambio desde su clase, a partir de una enseñanza diferente o transformadora en cuanto al proceder metodológico de los contenidos, de manera que el proceso formativo garantice una adecuada preparación de los estudiantes para alcanzar una profunda preparación científica.

Desde esta perspectiva el profesor ha de estudiar, profundizar e investigar en temas que coadyuven a su preparación a fin de enriquecer la enseñanza de la Física. Se proponen temas para integrarlos con la historia y epistemología de la física con la



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

intención de suscitar mediante ellos, el interés, diálogo y estudio en torno a este asunto, entre ellos: en décimo grado: movimiento mecánico, caída libre de los cuerpos, conceptos de masa, peso y fuerza, Ley de Gravitación Universal y Ley de Conservación de la Energía Mecánica. En onceno grado: Movimiento Browniano, Teoría Cinético Molecular, conceptos de temperatura y calor, elementos de Termodinámica y Electromagnetismo. En duodécimo grado: Experimento de Young, Teoría Especial de la Relatividad, cuantización de la energía, efecto fotoeléctrico, modelos atómicos y elementos de la física nuclear.

De otra parte, un elemento fundamental a tener en cuenta en la actividad del profesor en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física son los fundamentos psicológicos sobre los que descansa la enseñanza y el aprendizaje de los conocimientos científicos, así como las principales características y los procedimientos fundamentales para su obtención. Se debe prestar atención a la transmisión de conocimientos en forma ya acabada, lo cual implica que los estudiantes los fijen como cadenas verbales a partir de la aplicación mecánica de los mismos, o sea como una unión consecutiva e inalterable de palabras o frases, por lo general afuncional para el estudiante. En realidad, el conocimiento científico debe ser adquirido a partir del establecimiento de las relaciones que como generalización se instituyen en el mismo. (Rodríguez, Moltó y Bermúdez, 1999)

Lo anterior permite a la autora manifestar la necesidad de que la enseñanza sea participativa y que el aprendizaje sea activo en la formación de conocimientos, modo de pensar y actitudes. Por tanto, de acuerdo con la psicología de orientación marxista, es en la actividad, incluida la comunicación, donde tiene lugar el

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

aprendizaje, se producen cambios en los conocimientos, experiencias y actitudes de las personas. Al respecto, Vygotski aseveró la importante proposición de que: "...el buen aprendizaje es sólo aquel que precede el desarrollo." (Vygotski, 1979, citado por Torres, 1993) El enfoque histórico cultural le da tanto peso a las consecuencias que en el desarrollo de la personalidad tenga el aprendizaje del conocimiento diverso, como al propio conocimiento, pero en otra dimensión: siempre que este propicie en alguna medida la aparición de las diferentes formaciones psicológicas, capacidades, autovaloración, etcétera. (Fariñas, 2004)

Con la introducción del concepto de zona de desarrollo próximo Vygotski realizó una crítica a las posiciones psicológicas tradicionales que se centraban en la medición del nivel alcanzado por el estudiante para enjuiciar la efectividad del aprendizaje. La solución que dio a esa problemática fue original, al destacar la necesidad de valorar las potencialidades del estudiante para la actividad cognoscitiva dependiente de la colaboración, más que a lo que ya logra realizar independientemente. En otras palabras, diferenciar el desarrollo real del potencial, con preferencia por este último.

La zona de desarrollo próximo, como distancia que separa a las áreas del desarrollo real y potencial, emerge así como un desafío a la regla lógica del tercero excluido. La clave para Vigotsky la ofrece la lógica dialéctica; el paso del desarrollo real al potencial puede verse favorecido por el intercambio productivo entre el estudiante y el profesor (o discípulos más aventajados), con la negociación de saberes, con el empleo y solución de contradicciones (profesores, en este caso) que generen desarrollo. Vygotski hablaba de "otros más capaces", no obstante, la autora

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

concuerta con Fariñas (2004) al plantear que la cooperación con otros con igual capacidad, también puede tener un efecto desarrollador en la persona.

En el enfoque histórico-cultural la adquisición del conocimiento es una de las vías para el enraizamiento del sujeto en la cultura. El conocimiento adquirido condiciona de forma compleja, la aparición de formaciones psicológicas superiores (pensamiento teórico, motivación, conciencia idiomática, etcétera). La dirección científica del profesor en la actividad cognoscitiva, práctica y valorativa de los estudiantes de la Educación Preuniversitaria, debe tener en cuenta el nivel de desarrollo alcanzado por estos y sus potencialidades para lograrlo. Mediante procesos de socialización y comunicación, se debe propiciar la independencia cognoscitiva y la apropiación del contenido de enseñanza (conocimientos, habilidades, valores). La física, como parte de las ciencias y como parte de la cultura, no debe enseñarse con el tradicionalismo de tratar solo conocimientos específicos y ciertas habilidades particulares, sin conocer el carácter social de la ciencia y su lugar en la cultura. (Moltó, 2005)

Opina la autora que se debe considerar además, por parte de los profesores los rasgos distintivos de la actividad científica investigadora contemporánea y las características de la actividad psíquica humana. Mostrar la significación de lo que debe ser aprendido y hacer que esta se convierta en una significación personal mediante la motivación hacia el estudio, son aspectos básicos donde la historia y epistemología de la ciencia puede desempeñar un papel importante en la enseñanza de la física. Esto puede repercutir en el estudiante, en la formación de actitudes y valores, cualidades, habilidades y capacidades que hagan de aquel un aprendiz

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

responsable, independiente y autodeterminado. (Castellanos, Reinoso y García, 2003)

Debe existir una motivación intrínseca en los estudiantes que sustente la implicación e interés personal por el propio contenido de la física en estudio y en la satisfacción y los sentimientos de realización personal que el estudiante experimenta al llevarla a cabo, contraria a la motivación extrínseca, en la cual, la tarea es concebida por el estudiante sólo como un medio para obtener gratificaciones externas a la propia actividad o proceso. El desarrollo de motivaciones intrínsecas hacia el aprendizaje de la física constituye la fuente de la que surgen de manera constante los nuevos motivos para aprender, y la necesidad de realizar aprendizajes permanentes a lo largo de la vida. (Baralt, 2017)

Para referirse a lo que la autora denomina integración, otros autores han empleado términos tales como: enfoque, recurso, empleo, asistencia, uso, apoyo, aprovechamiento e introducción, entre otros, lo cual no revela la verdadera dimensión de la función que debe cumplir la historia y la epistemología, obviándose el carácter de componente esencial e inherente al proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Lo anterior lleva a la concepción reduccionista de algunos profesores que asumen la historia de la ciencia como la definen los diccionarios: narración y exposición de los acontecimientos pasados y dignos de memoria, sean públicos o privados. Estas narraciones y comentarios pueden o no hacerse a los estudiantes, y en gran medida se considera que si se incorporan a la enseñanza de la ciencia, es para hacerla más “amena” o “edulcorarla”. Al asumir la integración se debe entender esta, no como la yuxtaposición, añadidura o una simple suma, al modo de la

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

matemática, sino como la composición de determinados elementos en una forma dinámica y armónica, para enriquecer un todo, sin producir rupturas ni desbalances.

La integración debe asumirse como algo ineludible para llevar a cabo el proceso de enseñanza de los conocimientos científicos y lograr con ello contextualizar histórica y socialmente los hechos de la física, lo que permite contribuir así a paliar las dificultades en la comprensión de esta ciencia, desarrollar los procesos del pensamiento lógico, el desarrollo de habilidades intelectuales y promover un espíritu crítico y creativo en los estudiantes. En consecuencia, la autora asume como variable de la investigación: la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Se define como el resultado de la incorporación dinámica y armónica de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, lo cual se expresa mediante la actividad del profesor y la actividad del estudiante con el propósito de contribuir a su formación integral en la Educación Preuniversitaria.

En la actividad del estudiante el aprendizaje es esencial para instruirse en su formación, en el saber, saber aprender, saber hacer, el saber ser, saber actuar y querer ser, de forma activa, reflexiva y valorativa, por su papel activo en la búsqueda de respuestas y alternativas para la modelación real de nuevas situaciones y su resolución individual o en colectivo. De manera recurrente valoran con visión retrospectiva lo aprendido, y gradualmente proyectan e interiorizan, de forma consciente y responsable, las metas inmediatas y mediatas requeridas para lograr la solidez de los aprendizajes que requieren para su desarrollo intelectual y formativo.

(García, 2016)

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

La actividad del profesor se expresa mediante su labor educativa y dentro de ella el modo de actuación profesional pedagógico, en las diferentes esferas en las que interactúa, lo que revela el carácter dialéctico del proceso de enseñanza aprendizaje, en el cual la asimilación de los contenidos pasa de la reproducción a la producción sin fronteras estrictamente definidas, con el grado de conciencia de dinamizar el proceso, con el traslado de la necesidad social a la necesidad individual. Otro aspecto fundamental en la labor que desarrollan los profesores en su actividad, es la vinculada a la organización, planificación y control del proceso, identificada con el trabajo metodológico. Por tales motivos, se hace indispensable esclarecer qué aporta el trabajo metodológico al proceso de enseñanza aprendizaje en la Educación Preuniversitaria.

En el Reglamento de Trabajo Metodológico del Ministerio de Educación de la República de Cuba, Resolución Ministerial 200/2014, capítulo I, artículo 1, se plantea que el trabajo metodológico es: “el sistema de actividades que de forma permanente y sistemática se diseña y ejecuta por los cuadros de dirección, funcionarios y los profesores en los diferentes niveles y tipos de Educación para elevar la preparación político-ideológica, pedagógico- metodológica y científico-técnica de los funcionarios en diferentes niveles, los profesores graduados y en formación [...] en correspondencia con los objetivos del sistema educativo cubano” (Mined, 2014, p.1) Es su materialización la que permite la organización, planificación, regulación y control de los aspectos didácticos que garantizan un pleno conocimiento a directivos y profesores acerca de las regularidades de las ciencias que se imparten. (Alarcón, 2016, citado por García, 2017)

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

En este sentido el trabajo metodológico debe constituir la vía principal en la preparación de los profesores para lograr que pueda concretarse de forma integral el sistema de influencias que ejercen en la formación de los estudiantes, para dar cumplimiento a las direcciones principales del trabajo educacional y las prioridades de la Educación Preuniversitaria. (Addine y García 2001) Según estos autores, entre los criterios a tener en cuenta para lograr una adecuada concepción de trabajo metodológico está el establecimiento de prioridades desde las más generales hasta las específicas; el carácter diferenciado y concreto del contenido en función de las necesidades de cada instancia y grupo de profesores; la combinación racional de los elementos epistemológicos, políticos, científico-teóricos y pedagógicos en el contenido de trabajo y el carácter sistémico del proceso. (Addine, et al., 2004)

Al desarrollar el trabajo metodológico en la Educación Preuniversitaria se deben tener en cuenta dos direcciones fundamentales: el trabajo docente-metodológico, el cual garantiza el perfeccionamiento de la actividad docente educativa mediante la incorporación de los contenidos más actualizados de las ciencias pedagógicas y las ciencias particulares; y el científico-metodológico, referido a la aplicación creadora de los resultados de las investigaciones pedagógicas a la solución de problemas del proceso docente educativo y la búsqueda por la vía metodológica de la respuesta a los problemas científicos proyectados. En esencia, comprende aquellas actividades de orientación, ejecución, comprobación y control encaminadas a elevar progresivamente la calidad de la educación, ha de caracterizarse por ser dialéctico, científico, sistémico, sistemático, procesal, progresivo, participativo y demostrativo (García y Caballero, 2004)

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Para la asunción de la enseñanza de la Física no se puede prescindir de ideas metodológicas, las cuales reflejan la concepción de la asignatura de acuerdo con la orientación sociocultural de la educación científica y que cada profesor debe tener presente para su preparación desde el trabajo metodológico. Se debe tener en cuenta, entre otras, la siguiente: “La enseñanza de la física en la Educación Preuniversitaria está esencialmente dirigida a lograr la asimilación consciente, por parte de los estudiantes, de un sistema de conocimientos, habilidades y actitudes relacionadas directamente con esta disciplina científica que, por formar parte de la cultura contemporánea, debe contribuir a la formación de una visión científica del mundo, al desarrollo de sus capacidades intelectuales y prácticas y erigir, sobre una base firme, su ulterior formación profesional, laboral e inserción en todas las esferas de la vida como ser social”. (Ortiz, Gómez y Rodríguez, 2016, p.3)

Opina la autora que el profesor debe tener el propósito de ampliar la preparación cultural general de los estudiantes y consolidar, sistematizar, profundizar y ampliar sus conocimientos en algunos campos de especial importancia para la continuidad de estudios en carreras de ciencias o tecnología, y con énfasis en algunos métodos de trabajo de la física. Se impone que esta ciencia ha de ser enseñada y aprendida, no centrada en la atención a saberes y habilidades específicos, sino con toda la riqueza de métodos y formas de trabajo que le son inherentes a su sistema conceptual.

Como resultado del análisis realizado se establecen como conclusiones parciales de este capítulo las siguientes:



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Existen diversos referentes y fundamentos en la didáctica de la física dados por la comunidad científica internacional y nacional que plantean que, no se debe enseñar la física como una ciencia abstracta o descontextualizada, sino incluirla y abordarla desde lo real. Se expresa la necesidad y la posibilidad que ofrece la historia y la epistemología para trabajar con una ciencia amena, afectiva y sobre todo humanizada.

Integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, permite abordar no solo la instrucción de los estudiantes y la asimilación eficiente de los contenidos, sino la contribución al desarrollo de una conducta responsable y social (valores, sentimientos, voluntades) y la adquisición de los conocimientos, habilidades y hábitos. Constituye una vía para afrontar la mejora del interés por la física, para despertar el espíritu crítico ante los hechos en que esta ciencia está involucrada y para manifestar, que es una forma más, de la cultura de la humanidad, lo que asegura la pertinencia del egresado de la Educación Preuniversitaria.

**CAPÍTULO 2. LA INTEGRACIÓN DE LA HISTORIA Y LA EPISTEMOLOGÍA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN PREUNIVERSITARIA. ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN**

En este capítulo se explica la operacionalización de la variable que se pretende transformar: integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Se informa sobre el proceso, vías de constatación y los resultados del diagnóstico que permitieron la caracterización de su estado inicial en la Educación Preuniversitaria y se presenta la metodología diseñada para contribuir a dicha integración, acompañada de recomendaciones para su implementación.

**2.1. Caracterización de la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria**

Una importante tarea en esta investigación es la caracterización de la situación que prevalece en cuanto a la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria en Jagüey Grande. Para ello se tuvieron en cuenta la ejecución de las siguientes acciones:

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

- ✓ Definición de la variable “Integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria en Jagüey Grande”
- ✓ Operacionalización de la variable
- ✓ Selección de la muestra
- ✓ Aplicación de métodos empíricos
- ✓ Valoración de los resultados obtenidos de los instrumentos aplicados mediante el análisis de las dimensiones e indicadores, a partir de la triangulación de las informaciones adquiridas (Aguilar y Barroso, 2015)

### Definición de la variable

En el capítulo anterior, de acuerdo con el estudio teórico y metodológico realizado, la autora definió la variable principal: integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria, como el resultado de la incorporación dinámica y armónica de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, lo cual se expresa mediante la actividad del profesor y la actividad del estudiante con el propósito de contribuir a su formación integral en la Educación Preuniversitaria.

### Operacionalización de la variable

Para la variable de estudio la autora identificó dos dimensiones: actividad del profesor y actividad del estudiante. La dimensión actividad del profesor se reconoce como el proceso que brinda información sobre cómo los profesores conciben la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

la Física en la Educación Preuniversitaria. Se determinaron como indicadores de esta dimensión los siguientes:

1. Orientaciones que contribuyen a la integración de la historia y epistemología en la enseñanza de la Física desde los programas de estudio y las orientaciones metodológicas.
2. Dominio de la historia y la epistemología de la física para integrarlas en los contenidos de Física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura.
3. Dominio conceptual y procedimental de los métodos, formas de organización y evaluación propias de la asignatura que permitan integrar la historia y la epistemología de la Física en el proceso de enseñanza aprendizaje.
4. Actitud que asume en cuanto a la preparación y autopreparación sobre la historia y la epistemología de la física para integrarlas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.
5. Aprovechamiento de oportunidades para el desarrollo de la motivación en los estudiantes hacia la física.

Para la autora, la participación de los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física se identifica como un proceso de comprensión, reflexión e implicación consciente en la apropiación de sus contenidos para lograr una formación científica adecuada.

De este planteamiento se deriva la identificación de la otra dimensión establecida, actividad del estudiante, la cual expresa los resultados que se alcanzan en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física con la integración de la historia y la epistemología. Los indicadores son los siguientes:

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

1. Conocimiento de los aspectos esenciales de la ciencia.
2. Motivación por aprender, a partir de la comprensión del papel de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física para promover valoraciones ante las actitudes mantenidas por los científicos
3. Actitud que asume ante la presentación de los contenidos de la Física relacionados con la historia y la epistemología de la física.

En el **anexo 3** aparece la descripción de cada uno de estos indicadores, los cuales son medibles a partir de descriptores cualitativos y se organizan en los siguientes niveles: muy adecuado, adecuado, bastante adecuado, poco adecuado e inadecuado.

En la dimensión actividad del profesor se valora como:

- **Muy Adecuada:** los profesores conciben la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y muestran una sólida preparación teórica y metodológica para integrarlas.
- **Adecuada:** los profesores tienen en cuenta la historia y epistemología en la mayoría de los conceptos, hechos y fenómenos de la Física y muestran preparación teórica y metodológica para integrarlas.
- **Bastante Adecuada:** los profesores tienen en cuenta la historia y epistemología en determinados conceptos, hechos y fenómenos de la física y muestran una cierta preparación teórica y metodológica para integrarlas.
- **Poco Adecuada:** los profesores conciben en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física pocos elementos de la historia y la epistemología integrados y muestran poca preparación para integrarlas.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

- Inadecuada: en el proceso enseñanza aprendizaje de la física los profesores no tienen en cuenta la historia y la epistemología, lo que evidencian no estar preparado para la integración.

La dimensión actividad del estudiante se valora como:

- Muy Adecuada: los estudiantes muestran marcado interés y comprenden la física a partir de la evolución y desarrollo de esta ciencia, para adquirir una formación integral con una profunda preparación científica.
- Adecuada: los estudiantes muestran interés y comprenden la física a partir de la evolución y desarrollo de esta ciencia, para adquirir una formación integral con una profunda preparación científica.
- Bastante Adecuada: los estudiantes se interesan por comprender la Física a partir de la evolución y desarrollo de esta ciencia para adquirir una formación integral con una profunda preparación científica.
- Poco adecuada: los estudiantes muestran un interés limitado y comprenden los conceptos y fenómenos más importantes que se imparten en el grado para adquirir una formación integral con una profunda preparación científica.
- Inadecuada: los estudiantes no muestran ningún interés por el estudio de la física y la comprensión de los contenidos es insuficiente para adquirir una formación integral con una profunda preparación científica

El estudio sobre las características que definen el estado actual de la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria, a partir de su propio diseño, se reconoce como una investigación con un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo). En ese sentido, “se

## Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física

manifiesta una combinación armónica y complementaria de diferentes procedimientos y técnicas, de acuerdo con la naturaleza de las acciones investigativas sobre el objeto de la investigación”. (Torres, 2010, p.7)

### Selección de la muestra

En el caso de los profesores (doce), se trabajó con el 100 %, al considerar que son los responsables de la enseñanza de la Física en los preuniversitarios de Jaguey Grande, trabajan en ciclos, por tanto comienzan con los estudiantes en el décimo grado y transitan con ellos hasta el duodécimo grado, esto significa que todos participan en la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura. Se adiciona la metodología municipal de Física.

Los trece profesores 100% son Licenciados en Educación en la Especialidad de Física y Astronomía, de ellos dos son Master en Ciencias (15.38%). En el caso de los estudiantes se seleccionó una muestra aleatoria simple de 80 estudiantes, de una población de 102. Se utilizó un error del 5% y una confiabilidad del 95%, la expresión utilizada para el cálculo del tamaño de la muestra es:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 P(1-P)}{e^2(N-1) + Z_{\alpha/2}^2 P(1-P)}$$

Donde:

n: tamaño de muestra

N: tamaño de la población, 102

(1- 100%: confiabilidad, 95 %)

Z  $\alpha/2$ : valor de la normal para una confiabilidad dada, 1.96

P: proporción esperada del porcentaje a medir, 0.5

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

e: error, 5%

Las unidades de análisis o los elementos muestrales se eligen aleatoriamente para asegurarse de que cada elemento tenga la misma probabilidad de ser elegido. Se utilizó para ello el procedimiento denominado Tómbola, el cual resultó simple y rápido, consistió en numerar todos los estudiantes de la población, del uno al número 102. Después se hacen papeles, uno por cada estudiante, se revuelven en una caja y se van sacando 80 números de papелitos, según el tamaño de la muestra obtenida. Los números elegidos al azar conformarán la muestra. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010)

### Aplicación de métodos empíricos

Se observaron diez clases de Física en oncenno grado del Instituto Preuniversitario Urbano (IPU) “Félix Duque Guelmes” en el municipio Jagüey Grande, cuatro pertenecientes al Capítulo uno “Postulados Fundamentales de la Teoría Cinético Molecular”, tres clases del Capítulo dos “Teoría Cinética del Gas Ideal” y tres clases del Capítulo tres “Fenómenos Térmicos y Fundamentos de la Termodinámica”, en las que se abordan conceptos y leyes fundamentales de la Física. Se empleó para las observaciones de las clases la guía que aparece en el **anexo 4**.

Se aplicaron dos encuestas: una de ellas al 100% de los profesores considerados como unidades de análisis. (**Anexo 5**) La otra se aplicó a los estudiantes seleccionados como muestra de oncenno grado. (**Anexo 6**)

Para la revisión de documentos (**Anexo 7a, 7b y 7c**) se consultaron los siguientes: programas de Física de décimo, oncenno y duodécimo grado; los planes de clases correspondiente a cada profesor que imparten oncenno grado en el (IPU), curso



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

(2016-2017) y el Reglamento de Trabajo Metodológico del Ministerio de Educación de la República de Cuba, Resolución Ministerial 200/2014. En el procesamiento estadístico se empleó el software SPSS versión 21 para el análisis de los resultados y caracterizar la preparación de los profesores.

Valoración de los resultados obtenidos de los instrumentos aplicados a partir el análisis de las dimensiones e indicadores, mediante la triangulación de las informaciones adquiridas

Dimensión: Actividad del profesor

El indicador “Orientaciones que contribuyen a la integración de la historia y epistemología en la enseñanza de la Física desde los programas de estudios y las orientaciones metodológicas” se evaluó de poco adecuado, a partir de los resultados de la revisión de documentos, encuesta a profesores, observación a clases y análisis de los planes de clases.

Desde la revisión de documentos se analizó que los programas de estudio de la asignatura Física tienen concebidos objetivos formativos en los cuales se hace alusión al empleo de la historia y epistemología de la física, lo que deviene en una potencialidad para el trabajo con la metodología.

El 100% de los profesores en la encuesta manifiestan la existencia de esos objetivos pero desconocen cómo integrar la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, ya que las orientaciones metodológicas que se proponen, son insuficientes para orientar cómo alcanzar ese propósito.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

En el 100% de los planes de clases, así como en el 100% de las clases observadas se constató el trabajo con la derivación de objetivos, pero sin tener en cuenta la historia y la epistemología de la física.

Se pudo apreciar que se trabaja la física sobre la base de solución de problemas físicos docentes, obviándose el componente educativo y desarrollador del proceso de enseñanza aprendizaje.

El indicador “Dominio de la historia y la epistemología de la física para integrarlas en los contenidos de Física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura” se evaluó de poco adecuado.

Desde el 100% de los planes de clases y en las clases observadas, se observó que los profesores, tienen insuficiente dominio sobre los aspectos esenciales acerca de cómo la ciencia procede para llegar a nuevos peldaños en el conocimiento de la naturaleza.

Esta situación se reveló en la encuesta aplicada, pues solo el 46.15% reconoce el método científico como el método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias.

Se constató además en los profesores que tienen escaso conocimiento de historia de la física y el 84.61% de los profesores no conocen lo que significa el término epistemología.

En los planes de clases y la observación de clases no se observó intencionalidad para concebir la historia y epistemología de la física desde los objetivos.

Es insuficiente la planificación de actividades dirigidas a la sistematización y aplicación de los conocimientos vinculados con la historia.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

No se precisan desde la orientación acciones que involucren elementos históricos y epistemológicos, que demandan de los estudiantes esfuerzos cognitivos, solo se hace referencia a científicos al trabajar las unidades de medidas de magnitudes físicas o leyes de la naturaleza.

En la encuesta a profesores el 100% señala que les resulta engorroso y difícil integrar la historia, a las clases de Física, porque primero tienen que volverla a recordar, buscar libros que no poseen y leer sobre los temas a tratar.

El indicador “Dominio conceptual y procedimental de los métodos, formas de organización y evaluación propias de la asignatura que permitan integrar la historia y la epistemología de la Física en el proceso de enseñanza aprendizaje” se evaluó de poco adecuado.

Desde la revisión de los planes de clases así, como en el 100% de las clases observadas, se detectó que los profesores generalmente emplean el método expositivo y elaboración conjunta, dirigen dogmáticamente el proceso, mínimamente tienen en cuenta elementos de la historia de la física para incluirla en la enseñanza por lo que el dominio de su contenido es deficiente, el empleo de medios de enseñanza es escaso y emplean la heteroevaluación para el control y evaluación del aprendizaje.

Se constató en la encuesta que el 100% no se sienten preparados para introducir la historia de la física en la enseñanza de la Física.

El indicador “Actitud que asume en cuanto a la preparación y autopreparación sobre la historia y la epistemología de la física para integrarlas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física” fue evaluado de adecuado.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

El 92.30% de los profesores mantienen una actitud positiva y de aceptación ante las recomendaciones ofrecidas en el análisis de las clases observadas, con el propósito de prepararlos futuramente para impartir el contenido de la Física integrado con la historia y epistemología de la física, lo que resulta una potencialidad para el trabajo con la metodología.

Durante ese intercambio manifiestan que le sería mucho más fácil para su autopreparación orientaciones más precisas sobre cómo realizar la integración desde las orientaciones metodológicas y el acceso a bibliografías sobre estos temas. Este resultado se corroboró en la encuesta realizada a los profesores.

El indicador “Aprovechamiento de oportunidades para el desarrollo de la motivación en los estudiantes hacia la física” fue evaluado como poco adecuado.

En el 100% de los planes de clases no se evidencia que se tengan en cuenta acciones para despertar el interés hacia la física en los estudiantes.

La observación a clases permitió ratificar la existencia de esta dificultad, pues no es notable el aprovechamiento de las necesidades, motivaciones, aspiraciones, sentimientos y orientaciones valorativas de los estudiantes que pueden ser desarrolladas con el aprendizaje de los contenidos de la Física.

Se reveló en el 100% de las clases observadas, que son complejas y con muchos problemas físicos docentes a resolver, lo que no deja tiempo para realizar demostraciones que son las que permiten en alguna medida, según los encuestados, motivar a los estudiantes a conocer más de la física.

Esto se corroboró en la encuesta realizada, se obtuvo que el 69.23% de los profesores admiten que no son muchas las oportunidades que brindan las clases

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

para motivar hacia el estudio de esta ciencia, en algunos casos lo que logran es atormentar, por las fórmulas que deben dominar los estudiantes, generalmente de memoria y los complejos algoritmos de solución de los problemas tanto cualitativos como cuantitativos a los que se tienen que enfrentar.

Se puede concluir que la dimensión actividad del profesor fue evaluada de poco adecuada en correspondencia con el resultado de sus cinco indicadores, pero se reafirma la existencia de objetivos formativos en el programa de estudio que demandan la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje y la aceptación de los profesores ante la preparación y autopreparación sobre la historia y la epistemología de la física para incorporarlas a la enseñanza de la Física.

Dimensión: Actividad del estudiante

El indicador “Conocimiento de los aspectos esenciales de la ciencia”, se mostró inadecuado. En todas las clases observadas se constató que el 100% de los estudiantes presentan insuficiencias en el dominio de aspectos de historia de la ciencia.

Es mínimo el aprovechamiento de la historia y epistemología de la física para contextualizar los contenidos de esta ciencia, se observó en varios momentos, comentarios dirigidos a la procedencia de unidades de magnitudes físicas. Se comprobó que en muy pocas ocasiones trabajan la figura de algún científico, solo hacen mención a la fecha de nacimiento y nacionalidad.

El 100% de los estudiantes manifiesta en la encuesta que les gustaría conocer más sobre cómo fueron y cómo se obtuvieron los brillantes resultados que han hecho

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

posible la evolución y desarrollo de la física. Es mínima la orientación a consultar bibliografías en soporte duro y magnético para estudiar la historia de la física, por lo que pudiera constituir una de las razones de su desconocimiento.

No obstante esta realidad, reconocen la necesidad e importancia de conocer la historia y la epistemología para integrarlas en la enseñanza de la Física, por lo que pudiera aportar a la formación de valores morales a partir del análisis de la vida y obra de los hombres de ciencias y el carácter colectivo de su trabajo.

Se comprobó que no se realizan reflexiones sobre pseudohistorias o cuasihistorias que pudiesen encontrarse en el libro de texto de la asignatura, esto pudo estar dado por el insuficiente conocimiento que poseen los profesores hacia las cuestiones históricas de la ciencia como ya se analizó en la anterior dimensión.

El indicador “Motivación por aprender, a partir de la comprensión del papel de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física para promover valoraciones ante las actitudes mantenidas por los científicos” se manifestó poco adecuado.

Durante el 80% de las clases observadas se apreció cierto desinterés e indiferencia ante el contenido que se enseñaba. Se revisaron actividades orientadas a trabajar en equipo en el aula, notándose que solo un estudiante realiza el trabajo y el resto copia por él.

El 100% de los profesores, aunque reconocen esta situación, modifican escasamente su desempeño y se mantienen sin otorgarle la debida significación a la determinación de intereses de los estudiantes, pues manifiestan desde las clases observadas que

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

deben cumplir con lo orientado en el programa de estudio y declaran no tener otra vía de impartir la asignatura.

Esto se corrobora en la encuesta realizada a los estudiantes, el 85.29 % esta de acuerdo con que, reconocer los momentos más importantes del desarrollo de la física, constituye una razón para motivarse hacia su estudio, pero el profesor mínimamente trata esos temas.

El indicador “Actitud que asume ante la presentación de los contenidos de la Física relacionados con la historia y la epistemología de la física” fue evaluado bastante adecuado, mostrándose en un 95% en los estudiantes, lo que deviene en una potencialidad para el trabajo con la metodología.

De la encuesta realizada a los estudiantes se patentiza la aceptación de la historia de la física en las clases porque pueden conocer anécdotas curiosas, saber cómo vivieron los científicos en su época y así la asignatura no solo se basa en fórmulas que deben memorizar.

En las clases observadas se avizoró esta aceptación a partir de cuestionamientos realizados por los estudiantes ante determinados contenidos tales como: en el descubrimiento del movimiento browniano, las leyes de los gases, el desarrollo de la termometría y en el primer principio de la termodinámica.

En sentido general la dimensión actividad del estudiante, en correspondencia con el resultado de los tres indicadores que la integran, fue evaluada de poco adecuada, pero se reconoce el hecho de que los estudiantes aceptan la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

expresan que pudiese ser una vía para motivarlos al estudio de esa ciencia, lo que trascendería a la preparación integral de los estudiantes.

En el análisis de los resultados de los indicadores de cada una de las dimensiones se constatan las insuficiencias descritas como parte de la situación problemática que dio origen a la investigación. No obstante, de forma general, en estas dimensiones, se evidenciaron las siguientes potencialidades:

- Los objetivos formativos que se proponen en el programa de estudio de la Física para los tres grados de la Educación Preuniversitaria comprenden en sus enunciados aspectos a cumplir, a lo cual la historia y la epistemología de la física puede contribuir.
- La aceptación por parte de los profesores de sus insuficiencias en el orden cognoscitivo y metodológico para lograr la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje.
- Los profesores muestran interés por participar en cursos de superación sobre historia de la física y epistemología de la física para integrarlas en el proceso de enseñanza aprendizaje de esta ciencia.
- Interés de los estudiantes por conocer la historia y la epistemología de la física lo que permite ampliar su preparación integral.

Los resultados obtenidos en el proceso de caracterización del estado actual de la variable de la investigación, permitieron a la autora concluir que la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria, está caracterizado por las siguientes insuficiencias:



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

- Las orientaciones metodológicas vigentes no aportan ideas valiosas a los profesores para integrar la historia y epistemología en las clases de Física, en los tres grados de la Educación Preuniversitaria.
- Los profesores poseen carencias teórico-metodológicas en el orden de la preparación para integrar la historia y epistemología en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física.
- La deficiente concientización y la débil actuación intencional desde la planeación y durante el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje en función de contextualizar la enseñanza de la Física, así como la motivación de los estudiantes hacia su conocimiento.
- La poca utilización de procedimientos de trabajo por los profesores para despertar el interés en los estudiantes hacia la física, para lograr una mejora en la comprensión de los contenidos de la asignatura, mediante el estudio de la historia y epistemología de esta ciencia.

El diagnóstico realizado admite concluir que la operacionalización de la variable de la investigación permitió evaluar con mayor efectividad el estado de la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

La medición de la variable permitió la determinación de potencialidades e insuficiencias para la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, que sirvieron de base para la elaboración del cuerpo teórico y metodológico del resultado científico que se propone.

### **2.2. Diseño de una metodología para integrar la historia y epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria**

En este epígrafe se presenta la propuesta que permite dar solución al problema científico y cumplir así el objetivo general de la investigación y la tercera tarea de investigación. Se ha considerado, por tanto, la necesidad de elaborar una metodología para la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

La metodología como resultado científico, según las opiniones de autores consultados: Bermúdez y Rodríguez (1996), Addine (1998), De Armas, et al., (2004), Cerezal y Fiallo (2004), Galdós (2009), Valle (2010), Rodríguez (2013) y Torres (2016), permite revelar la unidad/diversidad de enfoques, con un carácter flexible y con un orden lógico que define el camino a seguir para transformar el objeto en estudio.

Se destacan los trabajos realizados por Bermúdez y Rodríguez (1996) y retomados por De Armas (2004) consideran la metodología como: “Una forma de proceder para alcanzar determinado objetivo, que se sustenta en un cuerpo teórico y que se organiza como un proceso lógico conformado por una secuencia de etapas, eslabones, pasos o procedimientos condicionantes y dependientes entre sí que ordenados de manera particular y flexible, permiten la obtención del conocimiento propuesto”. (De Armas, et al., 2004, p.14)

Estos autores argumentan, además, que las posiciones asumidas según las diferentes definiciones se basan en dos ámbitos de referencias diferentes: por una

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

parte, lo filosófico y de otra el nivel metodológico particular especializado, declaran así los componentes teórico y metodológico que guían cualquier ciencia. (Bermúdez y Rodríguez, 1996).

En este sentido, plantean que la metodología desde el punto de vista estructural se compone de dos aparatos: el aparato teórico o cognitivo (en alusión a lo didáctico) y el metodológico o instrumental. El primero se corresponde con el sustento teórico de la metodología como concreción de la integración de los fundamentos que, en un intento por acercarlo más a la didáctica lo llaman cognitivo, y el segundo, por su carácter procedimental, con la secuenciación de pasos que se deben realizar.

La autora asume las pautas que ofrecen De Armas, et al., (2004) y Rodríguez (2013), al plantear que: “toda metodología determina su dirección en dependencia de la parte del objeto que se intente explicar” (Rodríguez, 2013, p.65), la metodología que se presenta, permite representar desde su enfoque sistémico con recomendaciones metodológicas, cómo debe ser la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

Siguiendo lo establecido por De Armas, et al., (2004) la autora define la metodología que propone como: una forma de proceder para integrar la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física sustentada en un conjunto de componentes teórico-metodológicos, organizados como un proceso lógico, conformado por una secuencia de etapas y pasos, que dependientes entre sí y ordenados de manera flexible, permiten la obtención del nuevo conocimiento. A continuación se expone una representación gráfica de la estructura de la metodología.

# Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física

Representación gráfica

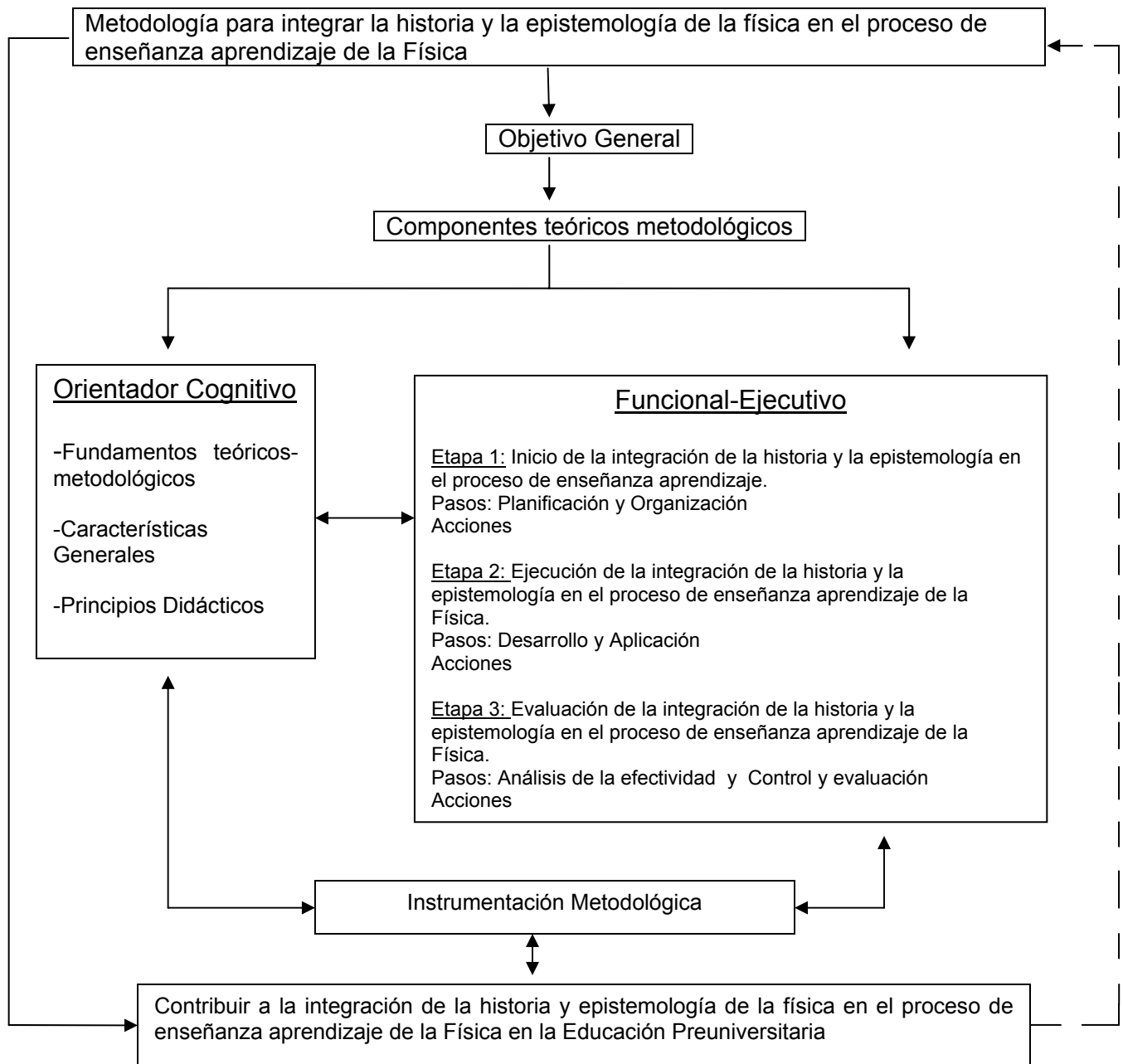


Figura 1. Estructura general de la Metodología (elaborado por la autora)

El objetivo general de la metodología es contribuir a la integración de la historia y epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Posee una estructura sistémica. Está integrada por dos componentes teórico-metodológicos interrelacionados entre sí: componente orientador-cognitivo que por su función orientadora comprende los fundamentos teórico-metodológicos, características generales y los principios didácticos por los que se rige la metodología y componente funcional- ejecutivo el cual tiene la función de ejecutar y concretar la integración mediante instrumentaciones metodológicas. Este componente está integrado por tres etapas, seis pasos metodológicos y un sistema de acciones interrelacionadas entre sí.

### Componente orientador- cognitivo

#### I. Fundamentos de la metodología

La metodología está sustentada en los fundamentos filosóficos, sociológicos, psicológicos, pedagógicos, didácticos, curriculares y legales, que permiten profundizar en el desarrollo del pensamiento científico y lo que es aún más importante, la transformación de la práctica educativa. En este sentido, desde el punto de vista filosófico, se corresponde con la concepción dialéctico-materialista marxista leninista ya que expresa una posición filosófica de base donde se crean situaciones para que los profesores se apropien de herramientas que le permitan operar con los contenidos de la física e incidir en los estudiantes para afrontar la realidad educativa con una actitud científica, personalizada y creadora. Se corresponde además con la filosofía de la educación, pues se dirige a la formación de una concepción científica del mundo y al cumplimiento de los fines de la educación cubana para lo cual se asume la teoría marxista del conocimiento.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

En lo sociológico, con la interacción institución-sociedad, así como las relaciones entre los participantes y el grupo; en lo psicológico se asumen los puntos de vista del enfoque histórico-cultural, las vivencias adquiridas, situación social de desarrollo de los estudiantes, la interacción social en el aprendizaje y el papel de la cultura. En lo pedagógico, en el sistema de influencias que rige el proceso enseñanza aprendizaje a partir de criterios desarrolladores. En lo didáctico se asume la relación entre componentes didácticos y protagonistas del proceso como sistema, se hace énfasis fundamentalmente en el contenido, métodos y medios de enseñanza que apoyarán el proceso de integración.

En lo curricular, en el cumplimiento de los reclamos establecidos en los objetivos formativos en los programas de estudio de Física en los tres grados de la Educación Preuniversitaria, orientaciones metodológicas y contenidos que aparecen en los libros de textos. Es fundamental el desarrollo de reflexiones científicas, a partir de integrar la historia y la epistemología de la física. Su materialización en el currículum se ejecuta a partir de recomendaciones metodológicas que se proponen, lo que requiere de un profesor que sea un verdadero agente transformador, al situarse en condiciones de realizar una influencia pedagógica de calidad. En cuanto a lo legal, en las resoluciones y disposiciones que se norman, así como los programas de la asignatura y el modelo de Preuniversitario.

La estructura de la metodología manifiesta una lógica que tributa en su conjunto a la naturaleza sistémica del proceso de integración. Esto permite una concatenación de los objetos, hechos, fenómenos y procesos, en los que se concreta la ley de los cambios cuantitativos en cualitativos. En el proceso de enseñanza aprendizaje de

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Física se da la unidad de contrarios entre lo que conoce el estudiante y lo nuevo, lo que sabe y ya puede hacer y lo que aún no sabe y no logra hacer, lo que actúa como fuerza impulsora o motriz. Lo nuevo aprendido por el estudiante niega dialécticamente lo anterior y es a su vez, fuente de nuevas contradicciones que influirán en su desarrollo.

Se tuvieron en cuenta las contradicciones y las leyes de la dialéctica que se manifiestan en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, esencialmente la contradicción entre el nivel cognitivo real de los estudiantes en el aprendizaje dentro del grupo escolar y las potencialidades para elevar este a partir de la dirección eficiente del proceso de enseñanza por parte del profesor. En el nivel cognitivo, se revela además, la contradicción entre la forma del profesor enseñar y la forma de los estudiantes aprender, elemento a tener en cuenta en los métodos y procedimientos a emplear en la planificación de las clases. Otro aspecto a considerar son las particularidades de los estudiantes de preuniversitario y su situación social del desarrollo.

Las contradicciones antes referidas y otras, dirigidas a promover cambios cuantitativos a cualitativos en el desempeño profesional de los profesores y en el desempeño intelectual de los estudiantes ante cualquier situación de aprendizaje, a partir de una sucesión de acciones conscientemente planificadas, constituyen premisas para la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. La metodología se dirige al cumplimiento de los fines de la educación cubana, se sustenta en el carácter educable del ser humano y contribuye a la formación axiológica de los estudiantes. En esta concepción, la

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

actividad docente, es concebida como una forma de intervención, donde el profesor y el estudiante son sujetos activos del proceso de transformación de la realidad.

Entre los fundamentos sociológicos se destaca la epistemología y la historia de la física en los distintos contextos en los que se desarrolla la actividad científica. En la metodología para la enseñanza de la Física hay que tener en cuenta el contexto de descubrimiento de los hechos de la ciencia, importa la producción de una hipótesis o de una teoría, el hallazgo y la formulación de una idea, la invención de un concepto, todo ello relacionado con circunstancias personales, psicológicas, sociológicas, políticas y económicas o tecnológicas que pudiesen haber gravitado en la gestación del descubrimiento o influido en su aparición.

El estudiante, en el proceso de enseñanza aprendizaje, se apropia de contenidos científicos cotidianos socialmente válidos, que debe asimilar y personalizar mediante un proceso de individualización, que conforma su base de conocimientos y sistema de habilidades, soportes de un saber, saber hacer, querer ser y emprender en el contexto social. En la metodología se considera la historia de la física y la epistemología la cual posee cuestiones metodológicas y/o gnoseológicas, que incluye elementos sociológicos, éticos y políticos. Un análisis epistemológico de la física, abarcaría la lógica de la investigación de los acontecimientos de la ciencia, la ética de los científicos, los problemas sociológicos de la época, por sólo mencionar algunos.

El carácter social y contextualizado del proceso de enseñanza aprendizaje y la necesidad de lograr un estudiante preparado científicamente en correspondencia con el fin que propone la Educación Preuniversitaria en la actualidad, constituyen líneas



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

de acción en la metodología propuesta. En este sentido, mediante los componentes teórico-metodológicos, se obtienen datos que permiten transformar de forma sistemática el desarrollo integral de los estudiantes y posibilita un mejor desempeño de los mismos mediante su participación responsable y creadora en la vida social. (Addine y García, 2012)

Los fundamentos sociológicos de la metodología que se propone se basan en el carácter de la educación como un fenómeno social desde una posición humanista; en las relaciones sujeto-sujeto, en este caso profesor-estudiante, estudiante-estudiante; y las relaciones recíprocas con los profesores; así como la interdependencia entre todos estos agentes. (Calzado, 2011)

Acerca de los fundamentos psicológicos puede plantearse que, de acuerdo con el enfoque histórico-cultural de L. S. Vigotsky y sus continuadores, la metodología toma en consideración la influencia que ejerce la sociedad en el desarrollo del sujeto, es un tributo a la formación del estudiante como ser social y a su actuación en la actividad docente y extradocente que desarrolla, pues permite que los que intervengan en el proceso de formación, no solo obtengan conocimientos, sino además, reconozcan el desarrollo de hábitos y habilidades, su capacidad creadora y la ampliación de sus relaciones con el mundo los que, en su conjunto, favorecen el desarrollo de su personalidad, conjugan sus intereses personales con los sociales, mediante su participación activa, crítica y constructivamente de su desarrollo. (Fariñas, 2005)

Desde el punto de vista vygotkiano el conocimiento que se transmite es la búsqueda de la esencia de la realidad, la búsqueda de verdades, de carácter relativo, no

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

absoluto, que lo hacen infinito. Se pondera la heurística que conduce al conocimiento y la epistemología que la orienta. Para Vygotski, la búsqueda se realiza para ejercer una práctica transformadora sobre el mundo y sus objetos de conocimiento, sean éstos concretos o abstractos. Por tales razones mediante esta metodología, la enseñanza de la Física tiene repercusión en el desarrollo de la personalidad del estudiante, así como la formación de la concepción del mundo, convicciones y el desarrollo de un pensamiento complejo y dialéctico para comprender la ciencia.

El rol de las vivencias en el desarrollo psíquico constituye un fundamento importante de la metodología, al considerarse como valiosas las vivencias que experimentan los estudiantes durante las clases ante las exposiciones de relatos de hechos ocurridos en la ciencia y en la solución de problemas, recreados en situaciones que pudiesen ocurrir en la práctica educativa, las que permiten que la actividad de los científicos adquiera para ellos una determinada significación. La unidad entre lo afectivo y lo cognitivo, la zona de desarrollo próximo y la relación entre la enseñanza y el aprendizaje, se establecen como fundamentos, al concluir que la creación de un clima emocional afectivo favorable durante la clase constituye una condición importante para contribuir a la formación de los estudiantes.

Con relación a los fundamentos pedagógicos en la metodología se asume la educación como proceso de desarrollo, que es al mismo tiempo, cambios y transformaciones cuantitativas y cualitativas de la personalidad de los estudiantes y que los impulsan hacia nuevos niveles superiores de desarrollo. (Zilberstein y Silvestre, 2005)

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

La instrucción y la educación son dos categorías de la pedagogía. Ambas se relacionan entre sí y forman una unidad dialéctica, plasmada en todo proceso pedagógico de manera organizada y con una dirección, basada en programas y metodologías que propicien el desarrollo del individuo.

En la pedagogía el análisis epistemológico de los problemas, conceptos, leyes, cualidades y métodos de una ciencia, se convierte en un enfoque esencial en el logro de la excelencia que se aspira y consiste en significar sus fundamentos conceptuales y sistema categorial, objeto, dimensiones, cualidades, componentes, leyes y eslabones, lo que permite concluir que, sobre la base de sus propios métodos científicos, es posible el análisis y la solución de los problemas que con más fuerza se revelan en la escuela contemporánea.

El análisis epistemológico de la ciencia ha ganado un amplio campo en las investigaciones teóricas relacionadas con la educación. No es posible negarse a discutir los problemas gnoseológicos si se trata de la conducción del aprendizaje, por lo que es importante la correcta preparación del profesor para enfrentar la enseñanza de la ciencia, sin llegar a plantearse seudohistorias, cuasihistorias o errores históricos.

En correspondencia con lo anterior la autora plantea que existe la necesidad de asumir la epistemología en la pedagogía, a partir de la legítima demanda de ésta en el orden teórico y metodológico, de sustentar su desarrollo como ciencia, su expresión como rama del saber y como actividad humana dada en la práctica pedagógica. Ello permite sistematizar su sustento teórico a la altura de las exigencias contemporáneas, de modo que se convierta en una verdadera guía funcional para

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

la práctica pedagógica, el uso y la interpretación de los resultados de las investigaciones en los medios escolares educativos. Por lo que se hace un reclamo a la aplicación de la epistemología como punto de partida y como enfoque filosófico preciso al abordar las complejas contradicciones, indefiniciones e insuficiencias de la enseñanza de la física en la práctica educativa.

En este sentido, si se integran la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física se podría favorecer en los estudiantes la incorporación de conceptualizaciones científicas, así como relacionar las ideas alternativas y los procesos de enriquecimiento conceptual que se dan en ellos, con los que tuvieron lugar en la comunidad científica a lo largo de la historia. Una vez egresados de la Educación Preuniversitaria y de acuerdo al modelo del preuniversitario tendrían mayores elementos aprehendidos que ampliarían su cultura científica lo que le permitiría alcanzar niveles superiores de crecimiento personal y cultural.

También la metodología se sustenta sobre fundamentos didácticos. En la escuela actual persisten elementos negativos de una enseñanza tradicional. (Addine, 2012) Se evidencia que los profesores enfatizan la transmisión y reproducción de los conocimientos. Centran ellos la actividad y se anticipan a los razonamientos de los estudiantes, no propician la reflexión y la comunicación y tratan el contenido sin llegar a los rasgos de esencia que muchas veces se presenta descontextualizado. Esto permite una verdadera aplicación práctica; controlan y atienden al resultado, no al proceso para llegar al conocimiento o la habilidad, no utilizan el “error” como una forma de aprender. Absolutizan el método de trabajo con el libro de texto de manera

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

"esquemática" y se centran en lo instructivo por encima de lo educativo, entre otros elementos. (Rico, et al., 2016)

En el proceso de enseñanza aprendizaje se revela la conexión esencial y objetiva dada entre la manera de dirigir la enseñanza y el modo en que debe ocurrir el aprendizaje para no incurrir en las dificultades antes expuestas. Del rigor alcanzado en esa relación a partir de la dirección del profesor, dependerá en gran medida el proceso formativo de los estudiantes. Otro elemento fundamental lo constituye la motivación que debe lograr el profesor en la presentación de cada tema, cada unidad y cada clase; haciendo uso de los aspectos metodológicos, donde de manera precisa se realice el análisis, la discusión y el esclarecimiento de los conceptos tratados en clases, y la utilidad que reporta su estudio.

Para la aplicación de la metodología el profesor debe tener en cuenta los componentes del proceso de enseñanza aprendizaje como un sistema. El objetivo, como componente rector, constituye el punto de partida en la preparación de las clases y son el resultado de la derivación gradual que ha de hacerse para ubicar en qué medida dar respuesta a los objetivos del grado, así como al fin de la Educación Preuniversitaria.

El contenido debe expresar los conocimientos, habilidades y valores que garanticen el cumplimiento del objetivo. Al dirigir el proceso de enseñanza aprendizaje, el profesor debe tener en cuenta para la dosificación y determinación del contenido de la clase, sus potencialidades para la formación de conceptos, la aprehensión de datos, el desarrollo de habilidades, hábitos, operaciones y procedimientos. Lo cognitivo se expresa además en la creatividad, la criticidad, la profundidad del

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

pensamiento, en la memoria histórica que desarrolle el estudiante, el refinamiento de la sensibilidad hacia lo que piensa, memoriza o hace, entre otras cualidades, propiciando estas, siempre con miras a su integración. (Rico, et al., 2016)

En el proceso de enseñanza aprendizaje además de la determinación y formulación de objetivos y contenidos, se precisa del método que materializa y dinamiza la relación entre ellos, por cuanto es la vía que permite el aprendizaje y el cumplimiento de los objetivos. Los métodos permiten configurar en los estudiantes las estructuras intelectuales y cultivar sus operaciones mentales. Se debe incluir una sucesión lógica de acciones y operaciones dirigidas a un objetivo, es decir, la manera de proceder planificada y sistemática que hay que producir para alcanzar un objetivo determinado. Es necesario considerar al método de enseñanza como decisivo para lograr una adecuada integración de la historia y epistemología mediante la relación entre la actividad de dirección del profesor y el aprendizaje activo, consciente, independiente y creativo de los estudiantes. (Labarrere y Valdivia, 2002)

En estrecho vínculo con los métodos se enfatiza en la utilización de los procedimientos didácticos por su importancia para la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Se concuerda con Calzado (2011) al plantear que estos guardan una estrecha relación con los objetivos y contenidos, lo que potencia su sistema de acciones y operaciones la zona de desarrollo próximo de los estudiantes.

Otros componentes del proceso enseñanza aprendizaje a tener en cuenta son: los medios de enseñanza como elementos facilitadores del proceso, mediante objetos reales, sus representaciones e instrumentos, que sirven de apoyo material para la

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

apropiación del contenido el cual complementa al método para la consecución del objetivo; (Addine y García, 2012) la evaluación, constituye un componente de retroalimentación en todas las aristas del proceso enseñanza aprendizaje y las formas de organización, referidas al aspecto externo del proceso, que puede comprenderse como las distintas maneras en que se manifiesta externamente la relación profesor-estudiante. (Labarrere y Valdivia, 2002)

En cuanto a lo curricular, la autora concuerda con lo señalado por Addine y García (2012) al plantear que constituye una dimensión aplicada de la educación que, de acuerdo con su base teórico-metodológica, se contextualiza en los principios, teorías, componentes y regularidades didácticas; está contenido en la didáctica y es expresión de una concepción didáctica determinada que propicia la integración de las características especiales del desarrollo de los estudiantes y las condiciones del contexto donde se aplica. Va a mediar entre la ciencia didáctica y el proceso de enseñanza aprendizaje; por tanto, el currículo se puede considerar como un instrumento de mediación histórico-cultural, ya que mediante el currículo es posible la organización y selección de determinados contenidos. (Addine y García, 2012)

Con la metodología propuesta no se incrementan contenidos en el currículo, sino que los instituidos son los que se recomiendan integrar, fundamentalmente en las clases de tratamiento al nuevo contenido y las de sistematización. Se redactaron recomendaciones metodológicas para que los profesores consulten, con el propósito de integrar conceptos, leyes, teorías, modelos, hechos y fenómenos con la historia de la física y la epistemología de la física, los que se relacionan en los capítulos de los libros de textos en los tres grados de la Educación Preuniversitaria. Estas

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

recomendaciones son flexibles y pueden enriquecerse con la creatividad de los profesores. En el primer capítulo se relacionaron los contenidos fundamentales que por cada grado se hicieron referencia.

Se asumen como fundamentos legales, los reglamentos jurídico-normativos, entre ellos, la Constitución de la República de Cuba (2019) en el Título III: Fundamentos de la Política Educacional, Científica y Cultural, Artículo 32, el cual plantea que el Estado orienta, fomenta y promueve la educación, las ciencias y la cultura en todas sus manifestaciones. En este sentido, los incisos c, d, f y g son postulados que en su conjunto fundamentan la participación ciudadana en la política educacional, científica y cultural, la estimulación a la investigación científica con un enfoque de desarrollo e innovación, así como la formación de personas con capacidades científicas para el desarrollo del país.

De la Política Social del Partido Comunista de Cuba, se asumen los Lineamientos Generales de Educación del 120 al 122 referidos en sentido general a continuar avanzando en la elevación de la calidad y el rigor del proceso docente-educativo, así como en el fortalecimiento del papel del profesor frente al estudiante ; incrementar la eficiencia, jerarquizar la superación permanente; formar con calidad y rigor el personal docente que se precisa en cada provincia y municipio para dar respuesta a las necesidades de los centros educativos de los diferentes niveles de enseñanza. Avanzar en la informatización del sistema de educación y desarrollar de forma racional, los servicios en el uso de la red telemática y la tecnología educativa, así como la generación de contenidos digitales y audiovisuales.



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

También la Resolución Ministerial 200/2014, en la cual se ofrecen las orientaciones para el trabajo metodológico en la Educación Media. Otros documentos consultados y valorados fueron el Manual del Director del Preuniversitario y los programas de la asignatura Física de los grados décimo, onceno y duodécimo, los cuales coadyuvan al propósito del fin de la Educación Preuniversitaria.

### II- Características generales

Por su concepción, estructuración e implementación, la metodología que se propone reúne las siguientes características:

- Integradora: considera la historia de la física y la epistemología de física en estrecha relación con la Física y otras disciplinas, para contribuir a desarrollar en los estudiantes una preparación científica e integral.
- Flexible: parte del diagnóstico de la realidad educativa tanto de profesores y estudiantes involucrados en el proceso enseñanza aprendizaje y se adecua a las necesidades de los estudiantes a partir de las potencialidades de la física.
- Desarrolladora: estimula la reflexión, la crítica y el debate mediante vivencias significativas de la actividad de los científicos y la evolución de la ciencia.
- Contextualizada: permite revelar los vínculos del método de la ciencia con el contenido de la Física y a la vez reproducirlos mediante la actividad teórica y su integración con la práctica para su aplicación en su actividad en la escuela.
- Sistémica: sus componentes están interrelacionados. Tanto el profesor como los estudiantes se involucran de manera activa en la planeación y ejecución de las acciones de integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

- Dinámica: las orientaciones metodológicas pueden variar en dependencia de las características y experiencia de los profesores y estudiantes. Acepta los cambios que se generan en la transformación del proceso de enseñanza aprendizaje.

### III. Principios didácticos

Constituyen posiciones orientadoras, postulados generales, normas, que han surgido de regularidades de la práctica educativa y que desde sus fundamentos posibilitan una conducción eficiente del proceso de enseñanza aprendizaje. (Caballero y Santos, 2019) Resultados de investigaciones en esta misma dirección se encuentran en el grupo TEDI (Técnicas del Desarrollo Intelectual) desarrollado en la década del noventa del pasado siglo en el Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. (Santos, 2016) Elaboraron fundamentos teórico-metodológicos, primero como exigencias psicopedagógicas y posteriormente reconocidos como principios didácticos, los que acentúan en el estudiante una posición activa en la búsqueda del conocimiento; su interacción constante con este a un nivel teórico, de argumentar y discutir sus puntos de vista; de generar suposiciones, de elaborar y resolver problemas; de aplicar el conocimiento, de valorarlo; de planificar, controlar, evaluar su tarea y de actuar con independencia. (Silvestre, et al., 2002). En la investigación se consideran necesarios principios que se ajusten a las exigencias de la Educación Preuniversitaria, por lo que la autora asume los propuestos por los autores del TEDI:

- Diagnóstico integral de la preparación del estudiante para las exigencias del proceso de enseñanza aprendizaje, nivel de logros y potencialidades en el contenido del aprendizaje, desarrollo intelectual y afectivo valorativo.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

La aplicación de este principio demanda un previo conocimiento por parte del profesor acerca de las concepciones ingenuas o alternativas que traen los estudiantes de la vida o de grados anteriores sobre la física, amén de diagnosticar integralmente otros elementos de la esfera cognitiva y afectiva valorativa de los estudiantes.

- Estructurar el proceso de enseñanza aprendizaje hacia la búsqueda activa del conocimiento por el estudiante.

Este principio exige del protagonismo del estudiante hacia la búsqueda del conocimiento científico durante el aprendizaje de la ciencia, donde se deben tener en cuenta las relaciones entre inteligencia, motivación, afectividad, creatividad, actividad y comunicación, durante los momentos de la actividad docente.

- Concebir un sistema de actividades para la búsqueda y exploración del conocimiento por el estudiante, desde posiciones reflexivas, que estimule y propicie el desarrollo del pensamiento y la independencia en el escolar.

Es factible la búsqueda y exploración de conocimientos para aprehender los contenidos de la física integrados con la historia y la epistemología mediante tareas docentes. Lo anterior debe conllevar a consultas de otros textos, y software educativo, donde a partir de su estudio se lleguen a valoraciones reflexivas y críticas sobre el trabajo de los científicos y los períodos evolutivos de los conocimientos científicos sobre la física.

- Orientar la motivación hacia el objeto de la actividad de estudio y mantener su constancia. Desarrollar la necesidad de aprender y de entrenarse en cómo hacerlo.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Es importante centrar el proceso en el aprendizaje de los estudiantes, ofreciéndoles variadas posibilidades de interacción con el contenido y tener en cuenta sus individualidades y así lograr la motivación hacia el aprendizaje de la física. Aplicar este principio significa que se puede estudiar la vida y obra de los grandes genios que contribuyeron al desarrollo de la ciencia, a partir de conocer el contexto socio histórico en que vivieron, los períodos evolutivos de la ciencia física, así como el tránsito de las teorías entre los siglos, entre otros aspectos.

- Estimular la formación de conceptos y el desarrollo de los procesos lógicos de pensamiento y el alcance del nivel teórico, en la medida que se produce la apropiación de los conocimientos se eleva la capacidad de resolver problemas

Al aplicar este principio se puede estimular la formación de conceptos según su significado epistemológico. Se produce el desarrollo de los procesos lógicos del pensamiento que favorecen el aprendizaje, lo que puede incidir de manera positiva en la comprensión de la física y repercute en la resolución de problemas físicos docentes, lo que coadyuva a elevar la cultura científica de los estudiantes.

- Desarrollar formas de actividad y de comunicación colectivas, que favorezcan el desarrollo intelectual, el logro de una adecuada interacción de lo individual con lo colectivo en el proceso de aprendizaje.

Este principio permite incorporar a la actividad docente técnicas de aprendizaje y analogías que estimulen el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico, a partir de que el estudiante pueda pensar, preguntar, cuestionar y experimentar sentimientos positivos por la actividad intelectual y práctica que realice, lo cual lo

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

convierte, de hecho, en protagonista de su aprendizaje y no en un receptor de conocimientos detenidos en el tiempo.

- Atender las diferencias individuales en el desarrollo de los estudiantes, en el tránsito del nivel logrado hacia el que se aspira.

La aplicación de este principio en el orden práctico es fundamental al trabajar con las diferencias individuales de los estudiantes en la obtención de operaciones y aplicaciones de conocimientos por medio de mecanismos efectivos de aprendizaje, en el que pueda integrar, de manera lógica, cada nuevo contenido adquirido con su experiencia anterior.

La valoración de estos principios, no solo admite asumirlos por resultar necesarios para la concepción e implementación de la metodología, sino revelan que en su concepción e instrumentación, es preciso tenerlos en cuenta, para contribuir al éxito del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

### **Componente funcional-ejecutivo**

Se encuentra determinado por el orientador-cognitivo, que le facilita su dinamización. Tiene la función de ejecutar y concretar, mediante del trabajo metodológico, la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Está integrado por tres etapas (Figura 2).

## Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física

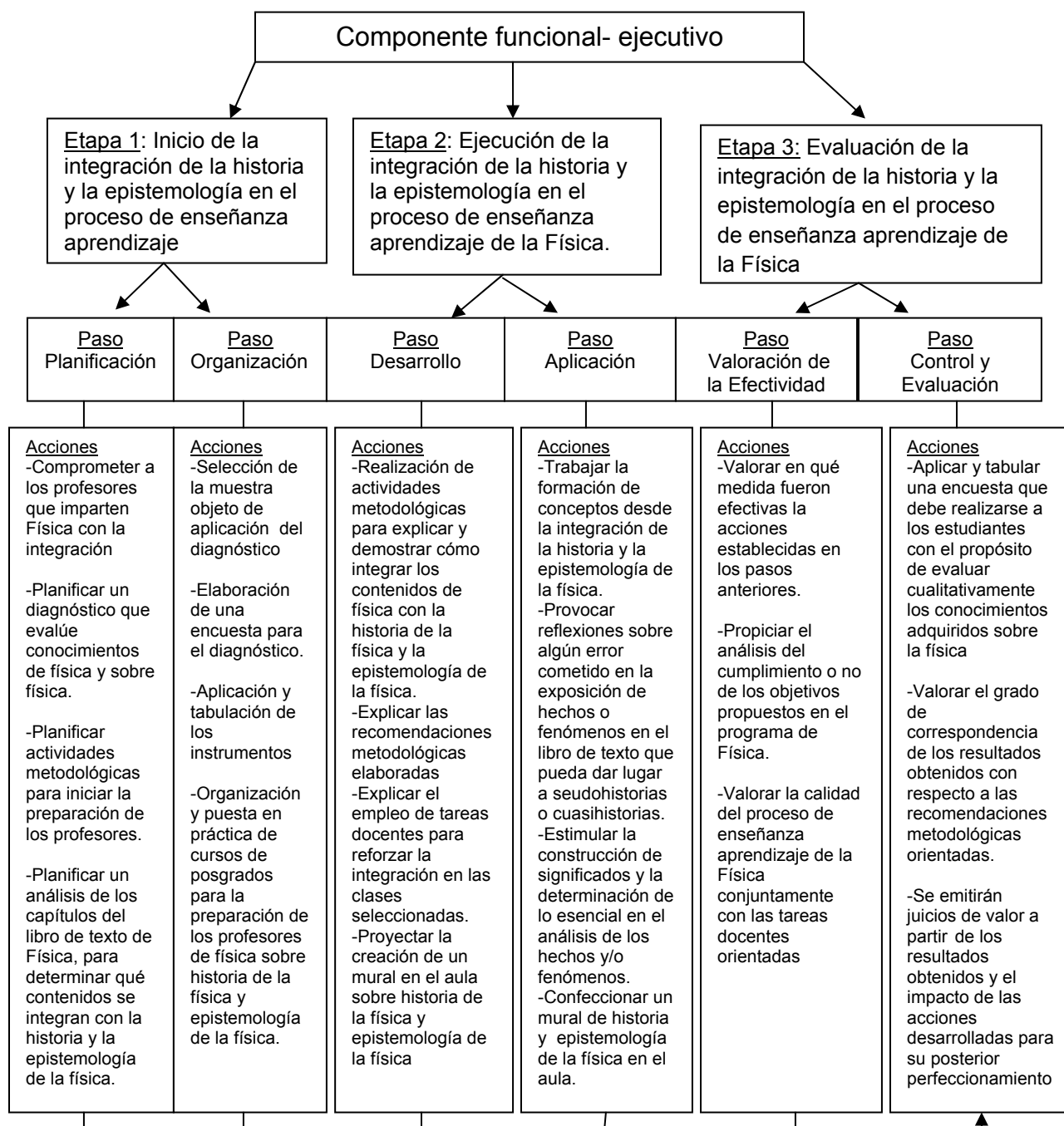


Figura 2. Esquema del componente funcional-ejecutivo (Elaborado por la autora)

Las etapas que posee este componente teórico-metodológico, permiten implementar los pasos y el sistema de acciones que garantizan cómo realizar el proceso de integración de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

### Etapa 1: Inicio de la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje

Esta etapa constituye punto de partida de todo el proceso de implementación de la metodología y de su adecuada realización depende el éxito de las dos etapas siguientes. Para su concreción es necesario crear un clima favorable entre todos los profesores que intervienen. Este ambiente favorable debe garantizar el acercamiento de directivos, profesores y estudiantes, en función de la planificación y organización de la metodología.

#### Paso: Planificación

La planificación es el primer paso de esta etapa y por su importancia requiere de una buena previsión de los elementos que constituyen el punto de partida para implementar la metodología. Es imprescindible comprometer a los profesores que imparten Física en el trabajo que se va a realizar, pues constituye un cambio en la enseñanza de la Física, a partir de que se imparten los contenidos integrados con la historia y la epistemología de la física. Esto conlleva en primer lugar a diagnosticar el nivel de conocimientos de física y sobre física que poseen, así también se diagnosticarán estudiantes de preuniversitario. Se planifican actividades metodológicas con miras a la preparación de los profesores y como parte de las mismas se analizan los capítulos de los libros de textos de Física de los grados décimo, onceno y duodécimo, para determinar qué contenidos se integran con la historia y la epistemología de la física.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

### Paso: Organización

La organización constituye el segundo y último paso de esta etapa. Implica seleccionar la muestra objeto de aplicación del diagnóstico, elaborar encuestas para profesores y estudiantes e imprimirlas. Se aplican y tabulan los resultados de los instrumentos. Se imparten cursos de posgrados sobre historia de la física y epistemología de la física para paliar las insuficiencias encontradas en los profesores. Estos se aplicaron durante los cursos (2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017). **(Anexo 8a, 8b, 8c)**

### Etapa 2: Ejecución de la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física

En esta etapa se materializan en la práctica lo concebido durante la etapa de inicio. Se precisan aspectos esenciales para proceder con la integración de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Se confeccionó un material de estudio que constituyen recomendaciones metodológicas, **(Anexo 9)** que para la integración es necesario que el profesor las tenga en cuenta.

### Paso: Desarrollo

El desarrollo constituye el primer paso de esta etapa y tiene entre sus acciones implementar actividades metodológicas (reuniones metodológicas, clases metodológicas instructivas **(Anexo 10)**, clases metodológicas demostrativas y clases abiertas) para explicar y demostrar cómo integrar los contenidos de física con la historia de la física y la epistemología de la física. Otra de las acciones es la concreción en la práctica educativa de las orientaciones expuestas en las recomendaciones metodológicas elaboradas por la investigadora las cuales llevan



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

implícito el empleo de tareas docentes, establecidas como la menor unidad en que aparecen todos los componentes del proceso, relacionados como una integridad, (Álvarez, 1999) con el propósito de fortalecer la integración de los contenidos en las clases de Física, y la proyección de un mural en el aula sobre historia de la física y epistemología de la física en el cual se manifieste la creatividad de los estudiantes a partir de los estudios realizados.

### Paso: Aplicación

La aplicación es el segundo paso de esta etapa y constituye un momento esencial dentro de la metodología para garantizar la integración. Este paso permite trabajar la formación de conceptos desde la integración de la historia y la epistemología de la física, debe tenerse en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes. Provocar reflexiones sobre algún error cometido en la exposición de hechos o fenómenos en el libro de texto que pueda dar lugar a seudohistorias o cuasihistorias. Estimular la construcción de significados para el logro de la integración para la formación científica de los estudiantes. Determinar lo esencial en el análisis de los hechos y/o fenómenos a partir de fundamentar desde la historia y la epistemología de la física la solución de tareas docentes para la aprehensión de la física, así como ponerlas en práctica. Se confecciona un mural de historia y epistemología de la física en el aula, previamente proyectado.

### Etapa 3: Evaluación de la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física

Esta etapa tiene como prioridad analizar si la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física fue efectiva o no.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Comprende la evaluación la cual ha estado presente durante todo el proceso de integración implicada en el cumplimiento de los objetivos del programa de Física para contribuir al fin de la Educación Preuniversitaria.

### Paso: Valoración de la efectividad

Para el cumplimiento de este paso se valora en qué medida fueron efectivas las acciones establecidas en los pasos anteriores. Se propicia el análisis del cumplimiento o no de los objetivos propuestos en el programa de Física y se valora la calidad del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física conjuntamente con las tareas docentes recomendadas.

### Paso: Control y evaluación

El control y evaluación es el segundo paso de esta etapa, la evaluación de la metodología no es una actividad final, sino un proceso sistemático desde la etapa inicial hasta la comprobación de los resultados. Se realizan observaciones a clases y se aplican y tabulan encuestas realizadas a profesores y estudiantes con el propósito de evaluar cualitativamente los conocimientos adquiridos sobre la física durante las clases una vez realizada la integración. Se valora el grado de correspondencia de los resultados obtenidos con respecto a las recomendaciones metodológicas orientadas. Se emitirán juicios de valor a partir de los resultados obtenidos y el impacto de las acciones desarrolladas para su posterior perfeccionamiento.

Para implementar la metodología propuesta debe tenerse en cuenta que, el espacio para su materialización es el que corresponde a las preparaciones metodológicas de asignaturas de los profesores de la Educación Preuniversitaria, por ser la actividad rectora y responsable del trabajo metodológico de las asignaturas, que se

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

conforman en función de lograr un aprendizaje de la Física que conlleve a un desarrollo científico e integral en los estudiantes. Es fundamental crear condiciones ambientales y psicológicas favorables que estimulen la reflexión, el autoaprendizaje, la autodeterminación y la creatividad, para enriquecer la interacción individual y grupal mediante el sistema actividad-comunicación y asuman una actitud motivada, cooperativa y de responsabilidad con el aprendizaje de la Física.

Partir del diagnóstico en la reunión de preparación de asignatura, con la finalidad de determinar las fortalezas y debilidades de los profesores para integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Preparar teórica y metodológicamente a los profesores mediante el desarrollo de conferencias, talleres metodológicos, científicos, de debates constructivos, de consensos científicos, diálogos académicos, etcétera sobre los fundamentos epistemológicos e históricos de la ciencia en la enseñanza de la Física.

Propiciar que los profesores, durante las conferencias, participen de un modo crítico y comprometido de manera que puedan incorporar lo aprendido a su accionar didáctico cotidiano. Presentar la metodología a los profesores de Física en función de lograr su motivación, comprensión e implicación consciente en la transformación que se espera alcanzar en la enseñanza de la asignatura. Para ello se propicia el análisis y la reflexión sobre su aparato teórico y metodológico, con lo cual se devela el sistema de relaciones entre los mismos.

Ofrecer indicaciones precisas a fin de que haya claridad en lo que se quiere realizar y lograr, brindar apoyo en el momento de la valoración de los programas de la asignatura con la finalidad de identificar sus potencialidades para integrar la historia y

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

epistemología de la física, así como reflexionar acerca de las exigencias para la concepción de las tareas docentes e integrar armónicamente la historia, la epistemología y la física.

Personalizar los componentes estructurales de la metodología y tener en cuenta las características individuales de cada profesor, estudiante y de cada grupo, pero sin modificar los aspectos que le otorgan el carácter sistémico. Posibilitar a profesores y estudiantes expresar su nivel de satisfacción o insatisfacción con el proceso de aplicación de la metodología y sus resultados.

Como conclusiones parciales del capítulo se plantea que, la caracterización del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria, arrojó resultados que corroboran la existencia de insuficiencias, reveladas esencialmente en una escasa preparación teórico- metodológico en los profesores para integrar la historia y epistemología, así como un limitado conocimiento en los estudiantes sobre estas ciencias. La metodología propuesta parte de la concepción expresada en los fundamentos filosóficos, sociológicos, psicológicos, pedagógicos, didácticos, curriculares y legales. Tiene el objetivo de contribuir a la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria. Está organizada a partir de dos componentes teórico- metodológicos: el primero, orientador-cognitivo, donde se establecen los fundamentos teórico- metodológicos, características generales y principios didácticos que la sustentan; el segundo, funcional-ejecutivo, compuesto por tres etapas, seis pasos y acciones a cumplimentar así como, las recomendaciones para su implementación.

**CAPÍTULO 3. CONSTATAción EN LA PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA ELABORADA PARA INTEGRAR LA HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN PREUNIVERSITARIA EN EL MUNICIPIO JAGÜEY GRANDE**

El propósito de este capítulo es mostrar los aspectos de la investigación relacionados con la valoración teórica y validación práctica del resultado científico alcanzado. Se describe la aplicación del método de criterio de expertos y la aplicación en la práctica pedagógica de la metodología mediante un cuasiexperimento y se exponen los resultados obtenidos.

**3.1. Valoración de la metodología mediante el método de criterio de expertos**

La valoración teórica de la metodología propuesta, se realizó mediante la consulta de expertos. Para la aplicación del método de criterio de expertos se parte de la utilización del Método Delphi, el cual revela un alto grado de pertinencia y es calificado uno de los métodos más fiables para confeccionar un cuadro mediante la elaboración estadística de las opiniones de expertos en el tema abordado.

Para el proceso de selección de los expertos se recurrió al coeficiente de competencia, el cual se establece de acuerdo con la opinión del experto sobre su

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

nivel de conocimiento, con respecto al problema que se aspira a resolver y con las fuentes que le permiten comprobar su valoración (Frías, et al., 2007). Este coeficiente de competencia se calcula de la siguiente manera:  $K = (K_c + K_a) / 2$ . De acuerdo con los valores obtenidos de K, comprendido entre 0,25 (mínimo posible) y 1 (máximo posible) se asume un criterio para decidir si el experto debe ser incluido y el peso que deben tener sus opiniones. Los valores de K considerados para determinar la inclusión de los sujetos como expertos fueron 0,8, 0,9 y 1. Además, se tuvo en cuenta sobre los expertos, la creatividad, capacidad de análisis, espíritu autocrítico y disposición a participar en el trabajo; lo que se valoró en los contactos que se mantuvieron durante la aplicación de la consulta.

Los expertos seleccionados poseen entre 20 y 40 años de experiencia profesional. De ellos, catorce, que representa el 70 % son docentes, dos que representan el 10 % son directivos y cuatro, el 20 % son asesores en la Educación Superior. Cinco expertos, que constituye el 25 %, poseen título académico de Máster y 15 ostentan el grado científico de Doctor para un 75 %. Se les aplicaron los instrumentos dirigidos a determinar su coeficiente de competencia (**Anexo 11, Anexo 12**) y la guía de encuesta para valorar la metodología con el objetivo de contribuir a la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria (**Anexo 13**).

El procesamiento y análisis del coeficiente de conocimiento ( $K_c$ ) de los expertos, oscila entre 0,8 -1. Al determinar el coeficiente de competencia de cada uno, se obtuvo como resultado que los 20 expertos tenían un coeficiente alto. Por tal razón, se seleccionan todos los expertos para la consulta. Valoraron la metodología en once

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

aspectos, sobre los cuales deben opinar, mediante una escala de cinco categorías: muy adecuado, adecuado, bastante adecuado, poco adecuado e inadecuado. Además, existen dos preguntas para emitir juicios sobre las potencialidades o insuficiencias que presenta la metodología propuesta. La consulta realizada a los expertos permitió arribar a un consenso con respecto a los once aspectos valorados.

### **(Anexo 14 y 15)**

-La concepción teórica y práctica de la metodología refleja los principios teóricos que la sustentan. Este aspecto fue evaluado como muy adecuado por 16 expertos, tres lo evalúan como adecuado y uno como adecuado.

-El aparato conceptual y metodológico favorece el logro del objetivo por el cual se elaboró. Este aspecto fue evaluado por 13 expertos como muy adecuado, cuatro como adecuado y tres como bastante adecuado.

-Es factible la aplicación de la metodología propuesta y las acciones que la componen. Este aspecto fue evaluado como muy adecuado por catorce expertos, cinco lo evalúan como adecuado y uno como bastante adecuado.

-Se reflejan con calidad y precisión las etapas a seguir en la metodología. Este aspecto fue evaluado como muy adecuado por dieciocho expertos y dos lo evalúan como adecuado.

-Existe correspondencia entre las etapas, pasos y las acciones que comprende la metodología. Este aspecto fue evaluado por dieciocho expertos como muy adecuado y dos como adecuado.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

-Se reflejan con calidad y precisión los pasos y las acciones a seguir en la primera etapa. Este aspecto fue evaluado como muy adecuado por diecisiete expertos, dos expertos de adecuado y uno lo evalúa como bastante adecuado.

-Se reflejan con calidad y precisión los pasos y las acciones a seguir en la segunda etapa. Este aspecto fue evaluado como muy adecuado por diecinueve expertos y uno como bastante adecuado.

-Las recomendaciones metodológicas que se sugieren integran de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Este aspecto fue evaluado como muy adecuada por dieciocho expertos, uno lo evalúa de adecuado y otro experto lo evalúa bastante adecuado.

-Las tareas docentes que se proponen complementan la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Este aspecto fue evaluado como muy adecuado por dieciséis expertos y tres lo evalúan como adecuado y uno como bastante adecuado.

-Se reflejan con calidad y precisión los pasos y las acciones a seguir en la tercera etapa. Este aspecto fue evaluado como muy adecuado por dieciocho expertos y dos lo evalúan como adecuado.

-La metodología propuesta contribuye a la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Este aspecto fue evaluado como muy adecuado por dieciocho expertos y dos lo evalúan como adecuado.

Se manifestaron un conjunto de criterios que viabilizaron el perfeccionamiento de la metodología propuesta; entre ellos se destacan: incrementar otras acciones en la



segunda etapa, así como, ampliar la integración a otros aspectos de la enseñanza de Física, en los tres grados de la Educación Preuniversitaria.

### **3.2. Aplicación de la metodología en la práctica escolar**

Con la intención de validar en la práctica de la metodología, se aplicó un cuasiexperimento, que constituye un método de investigación en el cual se carece de un control absoluto de las variables por la falta de aleatorización ya sea en la selección o en la asignación de los sujetos a los grupos experimental y control (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010) tal es el caso de la distribución de los grupos en el IPU “Félix Duques Guelmes” en Jagüey Grande que fueron objeto del experimento pedagógico.

En el cuasiexperimento se consideró como hipótesis de trabajo la siguiente: La metodología elaborada contribuye a la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria. Los instrumentos utilizados fueron los mismos que se elaboraron para evaluar el estado de la variable presentado en el segundo capítulo de esta obra.

En el IPU “Félix Duque Guelmes”, los profesores imparten las clases siguiendo el ciclo completo, o sea, comienzan desde décimo grado con un grupo de estudiantes y terminan con ellos en duodécimo grado, por lo que generalmente, cuando los profesores de Física concluyen la enseñanza han abarcado todos los contenidos que comprenden los programas de estudio. Se decidió entonces que la metodología comenzara aplicarse en el mes de abril del curso 2016-2017 con las acciones de preparación al profesor que en el curso venidero 2017-2018 trabajaría el oncenno grado, momento en que se aplicaría el cuasiexperimento. La selección del grado

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

estuvo dada porque los estudiantes ya han permanecido un curso en la Educación Preuniversitaria, lo que permitió diagnosticar la comprensión y aprendizaje de contenidos fundamentales del décimo grado, además de acuerdo a la situación social del desarrollo, revelan madurez para aceptar transformaciones en el método de enseñanza de esta ciencia.

Se decidió que para el cuasiexperimento se escogería al azar uno de los grupos asignados al profesor que se preparó y como grupo de control, se escogería al azar uno de los grupos asignados al profesor que se incorporaría al centro al inicio del curso escolar y no fue preparado. Esto garantizaría que en el grupo experimental el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física se desarrollara según la metodología elaborada y que en el grupo de control este proceso se desarrollara como se hacía tradicionalmente.

Inicialmente se realizó con el profesor que se iba a preparar, el jefe del departamento de ciencias de la escuela y la metodóloga municipal de Física una reunión de coordinación de la que surgieron acuerdos en función de viabilizar la introducción de la metodología en la práctica pedagógica. Las acciones realizadas tuvieron lugar en los meses de abril, mayo y primera quincena de junio, del curso escolar 2016-2017. El día seleccionado fue el martes, por estar previsto en el sistema de trabajo la preparación metodológica para los profesores de Física.

Se explicó la esencia de la metodología, donde se enfatizó en su fundamentación, componentes teóricos y metodológicos, recomendaciones metodológicas y tareas docentes. Se abordaron además las generalidades teóricas acerca de la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, y

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

se orientó la autopreparación del profesor para el desarrollo de las clases metodológicas.

En las sesiones de trabajo sucesivas se desarrolló una clase metodológica instructiva y tres demostrativas para orientar y demostrar cómo integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. Las actividades se desarrollaron conforme a lo previsto con un gran nivel de aceptación por parte de los participantes. Se profundizó tanto en lo teórico como en lo metodológico y se ofrecieron las reflexiones necesarias y suficientes que permitieron un rico y dinámico intercambio en cuanto al proceso evolutivo de la ciencia.

Al iniciar el curso 2017-2018, en la última semana del mes de agosto, se incorporó al centro un profesor de Física que procedía de otro preuniversitario y lo asignaron a trabajar en onceno grado, luego el claustro de física quedó conformado por dos profesores con tres grupos cada uno. Ambos son Licenciados en Educación, graduados hace 37 años, siempre han impartido Física y se han desempeñado en la Educación Preuniversitaria.

Se escogieron, entonces, al azar, el grupo experimental (34 estudiantes) y el de control (32 estudiantes). Durante esa semana se sostuvo un encuentro con el profesor que no fue preparado, para explicarle sobre la aplicación de la metodología y su participación. Los dos grupos seleccionados para el cuasiexperimento, fueron grupos naturales, establecidos por la secretaría docente del centro teniendo en cuenta variables ajenas a la investigación como lugar de residencia, sexo, raza y procedencia social.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

En la primera semana de septiembre se aplicó una prueba pedagógica inicial a los estudiantes (**Anexo 16**) como parte del diagnóstico inicial, sobre las leyes de Newton estudiadas en décimo grado, las cuales constituyen fundamentalmente la base de toda la Mecánica Clásica. Al inicio no tenían diferencias significativas, como eran muestras independientes se aplicó la Prueba de Mann-Whitney, los resultados obtenidos en ambos grupos fueron similares, lo que demuestra que no hay diferencias significativas como se observa en el **anexo 17**.

Posteriormente se desarrolló un encuentro con los estudiantes de los grupos que participarían en el cuasiexperimento para comunicarles al respecto y dialogar sobre cómo había sido el aprendizaje y la comprensión de la física en décimo grado y sobre la importancia que reportaría en la enseñanza de la Física integrar la historia y la epistemología de la física.

De los resultados de la prueba pedagógica y del encuentro con los estudiantes, se reveló que:

- Tienen insuficientes conocimientos sobre la historia y epistemología de la física.
- Tienen marcada tendencia hacia la reproducción de los conocimientos, más que a la aplicación y creación.
- Es insuficiente el conocimiento que presentan los estudiantes sobre la evolución de la física como ciencia.
- Es significativo la importancia que le atribuyen al conocimiento de la historia de la física para la enseñanza de esta ciencia.

La unidad número uno del programa de Física de onceno grado tiene 25 horas clases, de las cuales 13 corresponden a la subunidad 1: Postulados de la Teoría

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Cinético Molecular y Teoría Cinética del Gas Ideal y 12 horas clases pertenecen a la subunidad 2: Fundamentos de Termodinámica. La frecuencia semanal de clases es tres horas, por lo que la unidad 1 se impartió, en ambos grupos durante el mes de septiembre y hasta la tercera semana de octubre.

En el grupo de control el profesor que impartió la asignatura lo hizo de la forma en la que ha estado acostumbrado según su experiencia profesional de largos años; en el grupo experimental la enseñanza se llevó a cabo integrando los contenidos de la unidad con la historia y la epistemología, por un profesor igualmente experimentado, pero preparado y orientado a tal fin. Brevemente se exponen ejemplos de contenidos del capítulo 1 que se integraron, más extensos aparecen en el anterior anexo 9.

En el programa de estudio de Física de onceno grado aparece el siguiente objetivo: “Argumentar la importancia y trascendencia del movimiento browniano y describir los métodos de medición de la masa y de las dimensiones, por medio del análisis de la Teoría Cinético Molecular (TCM), para fortalecer la concepción científica del mundo en los estudiantes” (Ortiz, M. et al. 2016) El estudio del Capítulo I: Postulados Fundamentales de la Teoría Cinético Molecular, puede darle respuesta. Puede contribuir a ello el análisis del Epígrafe: 1.2 Movimiento caótico de las moléculas. Explicación del movimiento browniano. (Núñez, et al. 1990)

Se sugiere que en el tema, amén de lo ubicado en las orientaciones metodológicas establecidas en el programa, el profesor hace referencia a que, el descubrimiento del movimiento browniano fue la primera prueba de la existencia del movimiento molecular. El llamado movimiento browniano fue observado y caracterizado por primera vez por el botánico Brown, y su teoría explicada 80 años después por Albert

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Einstein, quien la hizo pública en su segundo artículo del memorable año 1905, titulado: *Sobre el movimiento de partículas pequeñas suspendidas en un líquido estacionario*. La Teoría Cinética pudo formularse cuantitativamente después de laboriosas investigaciones teóricas y experimentales. Lo que se descubrió en el movimiento browniano resultó ser una de las claves que proporcionaron datos cuantitativos y se evidenció que los mismos resultados pueden obtenerse por caminos diferentes. El hecho de que los métodos confirmen el mismo punto de vista, es muy importante porque demuestra la coherencia interna de la teoría cinética de la materia.

Ahora bien, el profesor orienta como trabajo independiente para dar cumplimiento a los objetivos del programa y reforzar así los elementos de historia y epistemología de la física tareas docentes, las cuales se pueden analizar en el próximo turno de clases o en las clases de sistematización al finalizar el capítulo. Para ello deben asistir a la biblioteca escolar o a la biblioteca municipal y consultar los siguientes textos: Monitor Enciclopedia Salvat para todos (1965), Diccionario Enciclopédico Color (1999), Enciclopedia Autodidáctica Interactiva Océano (2000), Preguntas 1000 Respuestas (2014). El software educativo Colección Futuro “Sustancia y Campo”, en el portable Cubaeduca el Portal de Física, Wikipedia, Ecured y Encarta.

Ejemplo de tarea docente:

- La teoría cinético molecular está asociada a los nombres de John Dalton (1776-1844), Amadeo Avogadro (1776-1856), Robert Brown (1773-1857), Edme Mariotte (1620-1684), Robert Boyle (1627-1691) y Jean Perrin (1870-1942).

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Investigue acerca de los postulados fundamentales de esta teoría y del vínculo con ellos de cada uno de los científicos nombrados.

Otros objetivos del grado: “Explicar las escalas de temperatura y establecer la relación de esta última con la energía cinética de las moléculas, tomando como referencia el punto de fusión y de ebullición del agua, para fortalecer la concepción científica del mundo en los estudiantes” cuyo epígrafe 2.3: Concepto temperatura. Interpretación de la temperatura según la Teoría Cinético Molecular. (Núñez, et al. 1990) puede dar cumplimiento, entre otros que aparecen en el libro de texto de onceno grado. El profesor puede agregar en clases que, la termometría resultó una esfera experimental muy atendida y muchos investigadores se ocuparon de ella, por el carácter fundamental de esta magnitud y la posibilidad real de medirla directamente. Transcurrió un tiempo muy largo en la historia de la ciencia para que los conceptos temperatura y calor fueran diferenciados entre sí, pero una vez hecha la distinción el resultado fue un rápido progreso

Ante “Explicar las diferencias entre trabajo y calor como formas de variación de la energía interna de los cuerpos, a través del análisis energético de los fenómenos termodinámicos, para fortalecer la concepción científica del mundo en los estudiantes”, cuyos epígrafes 3.4 El trabajo en la termodinámica y el 3.5 Equivalencia entre cantidad de calor y trabajo, responden a él. Al trabajar el equivalente mecánico del calor se explica que el calor se considera como una forma de transferencia (intercambio) de energía, idea la cual fue sospechada por el médico alemán Mayer y confirmada experimentalmente por Joule. Constituye una coincidencia curiosa que

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

gran parte de los estudios sobre la naturaleza del calor lo realizaran no físicos profesionales.

Se explica además que, varios experimentos realizados mostraron que un calentamiento puede ser obtenido por la realización de un trabajo. Así como en la mecánica el trabajo realizado es igual a la variación de la energía del cuerpo, en la termodinámica es necesario considerar a la cantidad de calor como una medida de la variación de la energía del sistema. Joule demostró con el experimento, la conjetura que considera al calor como una forma de transferencia de la energía en contraposición de ideas muy arraigadas en la comunidad científica que trataba al calor como una sustancia imponderable contenida en los cuerpos, el calórico, idea que a manera de preconcepción aún está presente en los estudiantes.

Tareas docentes recomendadas:

- Hubo un experimento crucial realizado alrededor de 1840 que ayudó a comprender mejor los conceptos de calor y trabajo (movimiento). Describa el experimento, principal ejecutor y su significación.
- Para justificar el calentamiento de un cuerpo por otro al estar en contacto, se consideró que esto se producía al transmitirse una sustancia llamada calórico de unos cuerpos a otros. Argumente si aún se sigue considerando así el intercambio de energía en forma de calor.

En este período se visitaron cinco clases en cada uno de los dos grupos. La guía de observación fue la empleada para caracterizar el estado de la variable de la investigación. Al finalizar el cuasiexperimento se realizó otra prueba pedagógica al 100% de los estudiantes de los dos grupos (**Anexo 18**).



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Estas acciones se realizaron para constatar el estado de la variable en ambos grupos y se emplearon los mismos instrumentos que se utilizaron para caracterizar el estado de la variable de la investigación en el segundo capítulo. También se tuvieron en cuenta las mismas dimensiones e indicadores, y escalas de medición.

El análisis de los resultados obtenidos en los instrumentos, permitió caracterizar el estado de la variable al concluir el cuasiexperimento en el grupo experimental y en el grupo de control. La caracterización realizada se presenta en el siguiente epígrafe.

### **3.3. Resultados de la aplicación de la metodología mediante un cuasiexperimento**

Análisis del estado de la variable de la investigación en el grupo experimental.

#### Dimensión 1: Actividad del profesor

El indicador “Orientaciones que contribuyen a la integración de la historia y epistemología en la enseñanza de la Física desde los programas de estudio y las orientaciones metodológicas” se evalúa de adecuado, puesto de manifiesto en la encuesta al profesor donde emitió que, de acuerdo al programa de estudio de Física dio cumplimiento a los objetivos formativos que demandó el mismo, pues la metodología establecida orientó desde las recomendaciones metodológicas cómo integrar la historia y la epistemología en los contenidos de física en las clases.

En el 100% de las clases observadas se evidenció que los componentes didácticos de las clases se estructuran de manera tal que permiten la integración de la historia y la epistemología en la enseñanza de la física, así mismo, se constató que el nivel de profundidad en el tratamiento de los contenidos fue suficiente a partir de las posibilidades existentes.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

En el plan de clases revisado y en todas las clases observadas se puso de manifiesto que las tareas que se realizaron se plantearon en función de cumplir los objetivos de la clase, se tuvo en cuenta aspectos de la historia y la epistemología de la física. Ocurrió de manera similar en la orientación del estudio independiente donde en las tareas orientadas se potenció el método investigativo fundamentalmente, lo que facilitó a los estudiantes profundizar más en la física y su evolución histórica.

El indicador “Dominio de la historia y la epistemología de la física para integrarlas en los contenidos de Física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura” se evaluó de adecuado. A partir de los cursos de posgrados sobre historia de la física y epistemología de la física impartidos a los profesores, se apreció mayor dominio de los aspectos esenciales de la ciencia en sentido general, manifestándose una mejora en la comprensión de la evolución y desarrollo de la ciencia y del método científico, constatado mediante la encuesta aplicada y durante el desempeño profesional en las clases observadas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, a partir de realizar acciones intencionadas hacia el estudio de la historia y epistemología de la física. Se observó que el profesor integra los contenidos de Física con la historia y la epistemología de la física, lo que resultó de interés para los estudiantes. En las clases, orientó tareas las cuales propiciaron la búsqueda independiente del conocimiento en diversas fuentes bibliográficas. Por otro lado, reconoció lo positivo que resultó lograr la integración de la historia y la epistemología en los contenidos de física y la aplicación de las tareas docentes mediante la encuesta aplicada.

El indicador “Dominio conceptual y procedimental de los métodos, formas de organización y evaluación propias de la asignatura que permitan integrar la historia y

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

la epistemología de la Física en el proceso de enseñanza aprendizaje” se evaluó de adecuado. En la encuesta al profesor señaló que utiliza diferentes métodos y procedimientos que orientan al estudiante hacia la búsqueda, independiente del conocimiento, su procesamiento, valoración y posiciones críticas, logra mantener activos a los estudiantes y los implica con responsabilidad en el aprendizaje de la física mediante tareas docentes. En todas las clases observadas se contribuyó al desarrollo de habilidades donde el estudiante tuvo la posibilidad de emitir juicios, reflexiones y conclusiones donde demostraron la comprensión del contenido, hubo motivación y disposición hacia el aprendizaje, de modo que los contenidos de la física adquirieron sentido personal para los estudiantes.

El indicador “Actitud que asume en cuanto a la preparación y autopreparación sobre la historia y la epistemología de la física para integrarlas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física” se evaluó de muy adecuado. En el 100% de las clases observadas el profesor mantuvo una actitud de beneplácito ante las recomendaciones realizadas, con vistas a prepararlo para impartir el contenido de la Física integrado con la historia y epistemología. Aceptó las recomendaciones metodológicas elaboradas, las que fueron a su vez aplicadas en clases. Esta actitud se constató en los resultados de la encuesta realizada.

El indicador “Aprovechamiento de oportunidades para el desarrollo de la motivación en los estudiantes hacia la física” se evaluó de adecuado. Durante la observación de clases el profesor propició el debate, la confrontación y el intercambio de vivencias, en el grupo escolar, momentos que tuvo en cuenta para resaltar el trabajo de los hombres de ciencias a pesar del contexto social en que vivieron, actitudes, valores

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

y sus contribuciones al desarrollo de la ciencia, lo que permitió motivar a los estudiantes e incentivarlos hacia el estudio de la física.

### Dimensión 2: Actividad del estudiante

El indicador “Conocimiento de los aspectos esenciales de la ciencia” fue evaluado de bastante adecuado. Los aspectos que favorecieron la evaluación de este indicador según los criterios señalados por los estudiantes en la encuesta están dados en que se reconocen aspectos de la historia de la física que fundamentan el conocimiento recibido, desde las clases de Física y su vinculación con el contexto actual de la ciencia.

En el 100 % de las clases observadas se puso de manifiesto acciones por parte del profesor hacia la búsqueda y aprendizaje de aspectos de la historia y la epistemología de la física, no tratados anteriormente. A partir de la exigencia cultural de los saberes se tuvo en cuenta el nivel de profundidad, complejidad matemática, incidencia en los aspectos valorativos, éticos, estéticos, conductual, afectivo y cognoscitivo de la personalidad del estudiante. De la encuesta se pudo identificar que las cuestiones de la ciencia cuya interpretación dan lugar a seudohistorias o cuasihistorias no son debidamente identificadas por los estudiantes, esto pudiera estar dado en la insuficiente profundización en el aprendizaje de la Física, la historia y epistemología de esta ciencia.

El indicador “Motivación por aprender, a partir de la comprensión del papel de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física para promover valoraciones ante las actitudes mantenidas por los científicos” fue evaluado de adecuado. En tal sentido desde la encuesta aplicada a los estudiantes, de

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

acuerdo a los criterios expuestos, el 95 % de estos, reconocen con bastante interés el papel que juega la historia y la epistemología en la enseñanza de la Física para comprenderla, dada la importancia que reviste conocer la vida de los hombres y mujeres que hicieron ciencia así como las actitudes mantenidas ante la vida y su trabajo, las cuales pueden servir de ejemplo.

En el 100% de las clases observadas se propició en gran medida el conocimiento de las estrategias que usaron los científicos para resolver un determinado problema, lo que permitió a los estudiantes ver la ciencia con una naturaleza integradora, o sea, como un proceso en el que están incluidos seres humanos, método científico, ideas, oportunidades, otras ciencias que ayudan, y no sólo como los principios y fórmulas que deben memorizarse para un examen.

El indicador “Actitud que asume ante la presentación de los contenidos de la Física relacionados con la historia y la epistemología de la física” se evaluó de adecuado. De la observación a clases se constató que los estudiantes reconocen que traen ideas preconcebidas sobre aspectos que constituyen contenidos de la física. Reconocen con suficiente interés y responsabilidad que debe existir una posición crítica ante las falsas teorías científicas u oscurantistas vinculadas con los contenidos de la Física y del conocimiento científico en general, como el movimiento anticencia que existe, como por ejemplo: el movimiento antivacunas, los terraplanistas etcétera. Por lo que los estudiantes aceptan la integración de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de esta ciencia, como quedó también patentizado en los resultados de la encuesta.

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

Por los resultados alcanzados se considera que la variable de la investigación en el grupo experimental se transformó positivamente, al evaluarse globalmente sus dos dimensiones de adecuadas, lo que evidencia avances en relación al estado inicial.

### **(Anexo 19)**

Análisis del estado de la variable de la investigación en el grupo de control.

#### Dimensión 1: Actividad del profesor

El indicador “Orientaciones que contribuyen a la integración de la historia y epistemología en la enseñanza de la Física desde los programas de estudio y las orientaciones metodológicas” se evaluó de poco adecuado. Entre las causas que tributan a este resultado se señala por parte del profesor que el programa de estudio de Física está esencialmente dirigido a lograr la asimilación, por parte de los estudiantes, de un sistema de conocimientos, habilidades y actitudes relacionadas directamente con esta disciplina científica, al planteamiento y resolución de problemas y al trabajo experimental. Las orientaciones metodológicas que en él aparecen, indican el trabajo conceptual fundamentalmente y no hace alusión al trabajo con la historia y la epistemología de la Física.

En el 100% de las clases observadas se evidenció que los componentes didácticos de las clases se estructuran de manera tal que se tiene en cuenta mínimamente la historia y la epistemología de la física. En el plan de clases revisado y en todas las clases observadas se puso de manifiesto tal apreciación. Los problemas tanto cualitativos como cuantitativos que se realizan son los orientados por el texto del grado, no hay presencia en ellos de aspectos de la historia y la epistemología de la física. Ocurrió de manera similar en la orientación del estudio independiente, no se

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

planificaron actividades que potencien el método investigativo con el propósito que los estudiantes puedan profundizar sobre la física.

El indicador “Dominio de la historia y la epistemología de la física para integrarlas en los contenidos de Física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura” se evaluó de poco adecuado, desde la planificación de clases se observó que el vínculo entre los contenidos de física y la historia y la epistemología es limitado. En algunas ocasiones de acuerdo a los epígrafes del libro de texto, hacen mención a Brown, por el movimiento browniano, a Avogadro, por el número de Avogadro, a Stern por su experimento, Boyle, Mariotte y Dalton en las leyes de los gases, pero en ninguno de los casos se profundiza en la personalidad de los científicos, sus actividades así como en el proceso de obtención del conocimiento. Se observó en el 40% de las clases algunas menciones a nombres de científicos, lo que corrobora lo planteado. Fueron escasas las acciones intencionadas hacia el estudio de la historia de la física, de acuerdo a los contenidos impartidos.

El indicador “Dominio conceptual y procedimental de los métodos, formas de organización y evaluación propias de la asignatura que permitan integrar la historia y la epistemología de la Física en el proceso de enseñanza aprendizaje” se evaluó de poco adecuado. De la revisión de los planes de clases se obtuvo que los métodos y procedimientos que fundamentalmente se utilizan son: expositivo, explicativo y elaboración conjunta, este último principalmente en la resolución de problemas, ya que le resultan complejos a los estudiantes, y necesariamente les es imprescindible la ayuda del profesor. Las particularidades antes planteadas se constataron en el 100% de las clases observadas, donde se destacaron la participación activa e

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

independiente de una minoría de los estudiantes del aula, pues la gran mayoría demuestran inseguridad en sus conocimientos y necesitan que el profesor realice los problemas en la pizarra.

El indicador “Actitud que asume en cuanto a la preparación y autopreparación sobre la historia y la epistemología de la física para integrarlas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física” se evaluó de adecuado. El profesor es receptivo en el análisis de las clases observadas y comprende la importancia de integrar la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de esta asignatura, luego revela aceptación ante la integración y por ello manifiesta una actitud positiva y de entusiasmo en cuanto a participar en cursos de superación y su autopreparación. Este resultado fue corroborado en la encuesta aplicada al profesor.

El indicador “Aprovechamiento de oportunidades para el desarrollo de la motivación en los estudiantes hacia la física” se evaluó de poco adecuado”. En este sentido es necesario señalar un grupo de causas que repercuten en los resultados alcanzados en la medición del mismo. Según lo observado en clases al profesor le resultó difícil motivar en alguna medida a los estudiantes hacia el estudio de esta ciencia, por el cúmulo de fórmulas que tienen que memorizar, los problemas que se orientan son resueltos en la pizarra con algoritmos de trabajo diferentes, lo que devino en confusiones y rechazos. Se constató en clases cuestionamientos realizado por estudiantes tales como: ¿para qué me sirve esto? ¿Yo no voy hacer físico? ¿A quién se le ocurrió la física? ¿Por qué no se da la asignatura de forma diferente? A pesar del marcado desinterés en lo estudiantes, el profesor aprovecha mínimamente las



## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

potencialidades de la física para motivar a los estudiantes hacia su estudio, esto se confrontó en la encuesta aplicada.

### Dimensión 2: Actividad del estudiante

El indicador “Conocimiento de los aspectos esenciales de la ciencia” se evaluó de inadecuado. Desde la perspectiva de los estudiantes en la encuesta realizada se obtuvo que el 93.75% coincidió en que, son muy limitadas las ocasiones en que el profesor trabaja aspectos de la ciencia que no sean objeto de estudio en el libro de texto. Solamente conocen que, las leyes y magnitudes físicas se nombran con los apellidos de los científicos que las descubrieron. No identifican las cuestiones de la ciencia cuya interpretación de lugar a seudohistorias o cuasihistorias. Expresaron que para identificar lo que es una cuasihistoria, deben en primer lugar conocer la verdadera historia del hecho y para eso deben indagar y profundizar más en la física, lo cual se verificó en las clases observadas. En las mismas fueron muy escasas las ocasiones en que el profesor hizo alusión a un conjunto de ideas o contenidos que pudiesen interpretarse como cuasihistorias o seudohistorias. Por otro lado, en las observaciones a clases se pudo apreciar que existía cierto interés por parte de los estudiantes en conocer cómo los científicos podían obtener sus resultados.

El indicador “Motivación por aprender, a partir de la comprensión del papel de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física para promover valoraciones ante las actitudes mantenidas por los científicos” fue evaluado de inadecuado. En tal sentido en la encuesta aplicada a los estudiantes de acuerdo a lo marcado, reconocieron que desean conocer sobre los hombres y mujeres de ciencia que hicieron posible el descubrimiento de los fenómenos que estudian en el

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

grado. En las clases observadas se constató lo anterior, pues resulta restringida la enseñanza sobre el trabajo de los científicos y por tanto las actitudes mantenidas por estos hombres y mujeres ante la actividad científica, no son tomadas en cuenta para contribuir a la formación de valores en los estudiantes.

El indicador “Actitud que asume ante la presentación de los contenidos de la Física relacionados con la historia y la epistemología de la física” fue evaluado de poco adecuado. En la encuesta revelaron que deben ser bien preparados para enfrentar la enseñanza de física integrada con la epistemología y su historia. Reconocen que tienen insuficiente conocimiento sobre física, aceptan esta transformación en el proceso de enseñanza aprendizaje de esta ciencia, lo que puede resultar más ameno. Estos criterios se observaron desde las clases.

Como muestran los resultados obtenidos, en el grupo de control la variable es similar a como se diagnosticó en el segundo capítulo de la investigación al ser en ambos casos evaluada de poco adecuada. **(Anexo 20)** Se estableció una comparación de los resultados alcanzados por los estudiantes del grupo experimental y del grupo de control en la prueba pedagógica aplicada al final del cuasiexperimento. **(Anexo 21)**

Durante el proceso de aplicación práctica de la metodología se pudo constatar que de forma general ocurrieron transformaciones en los profesores y estudiantes de onceno grado del preuniversitario “Félix Duque Guelmes”, pues se apreció que la preparación metodológica asumida por los profesores así como las recomendaciones metodológicas y las tareas docentes propuestas, le permitieron dirigir el proceso de enseñanza aprendizaje con un carácter integrador, y pudieron lograr desarrollar el método investigativo con creatividad en el desempeño de sus funciones

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

profesionales. Se experimentó un clima de entendimiento, aceptación y profesionalidad que viabilizó la preparación metodológica de los profesores a partir de integrar la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. En los estudiantes, se producen cambios positivos en lo cognitivo, valorativo y motivacional, manifestados en la comprensión de la Física y el reconocimiento de la integración de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje, para consolidar el desarrollo y la formación integral de los estudiantes de acuerdo con el fin de la Educación Preuniversitaria.

Como conclusiones parciales del capítulo se plantea que, la valoración de los expertos consultados favoreció un consenso en la concepción del resultado investigativo, así como su aplicación. La metodología fue aplicada durante el curso escolar 2017-2018 y constituye una respuesta factible a la solución del problema planteado en la investigación, lo que se ve corroborado por los resultados alcanzados. Los profesores se encuentran preparados para conducir la integración de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, mientras se reconoció que los estudiantes se apropiaron de los conocimientos, habilidades investigativas y actitudes valorativas esenciales para la comprensión de la física.

### **CONCLUSIONES**

La sistematización teórica realizada acerca del objeto de investigación en el ámbito internacional y en particular en Cuba, permitió establecer los referentes teóricos en los núcleos conceptuales acerca de la historia y la epistemología de la física, integración, y proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, sustentados en la dialéctica marxista-leninista, en la concepción histórico-cultural de L.S. Vigostky y sus seguidores, en los requerimientos del proceso pedagógico y en la didáctica de la Física, que resultan indispensables para profundizar en el método científico y la comprensión de la Física, por parte de los profesores y estudiantes, cuestión necesaria para la transformación de la práctica escolar y el desarrollo del pensamiento científico que, unido a los sustentos didácticos, curriculares y legales que rigen el proceso de formación en la Educación Preuniversitaria actual, conforman las bases teóricas de esta tesis.

El diagnóstico realizado permitió caracterizar el estado de la variable de la investigación obteniéndose que no ha habido sistematicidad en la inclusión de la historia de la física en los planes de estudio para la formación de profesores; en los programas de Física son insuficientes las orientaciones metodológicas para la integración de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje en la Educación Preuniversitaria; en los libros de textos aparecen pocas menciones vinculadas a cuestiones históricas y a datos biográficos de científicos, lo cual ha ido en decrecimiento con las últimas ediciones y los profesores tienen insuficiente preparación teórico-metodológica para aprovechar las posibilidades que

## **Historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física**

ofrecen la historia y la epistemología de la física integradas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.

Para ofrecer los requerimientos necesarios, así como las bases teóricas y metodológicas para la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria, se elaboró una metodología que se estructura en objetivo general, fundamentación, dos componentes teórico-metodológicos: el primero, orientador-cognitivo y el segundo, funcional-ejecutivo que, unido a recomendaciones metodológicas y tareas docentes permiten ejecutar la integración con rigor científico.

La valoración teórica de la metodología para la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, se probó con la aplicación del método del criterio de expertos, mediante el procesamiento Delphi. También se realizó una constatación en la práctica del resultado en la experiencia educativa, con la aplicación de un cuasiexperimento que permitió avalar la validez, funcionalidad y efectividad de la metodología propuesta, expresados en las diferencias significativas entre los resultados de las evaluaciones de las dimensiones e indicadores de la variable antes y después de la aplicación de la metodología; así como el progreso de los resultados obtenidos durante su introducción en la práctica educativa, demostrada estadísticamente mediante porcentajes basados en la estadística descriptiva, ratificada con pruebas de la estadística inferencial no paramétrica, como la prueba de los signos. La investigación realizada demuestra que es posible y necesaria la integración de la historia y epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de esta ciencia en la Educación Preuniversitaria.

## **RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados alcanzados con la puesta en práctica de la metodología para integrar la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria, se recomienda:

- Continuar el desarrollo de esta línea investigativa, con énfasis en la integración de la historia y epistemología de la física en el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos específicos de esta ciencia, y en especial, en la formación de profesores de Física.
- Socializar la metodología y sus resultados con directivos del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, así como profesores, para una posible incorporación en la Educación Preuniversitaria, mediante adecuaciones en las recomendaciones metodológicas.
- La metodología propuesta puede servir de referente para realizar otros estudios de profundización, en otras asignaturas tales como la Matemática, la Química y la Biología.
- Considerar la inclusión de las principales ideas de la metodología, mediante sociedades científicas en los preuniversitarios atendiendo al nuevo perfeccionamiento que está en proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. et al. (2017). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia*. Madrid: Resultados y Conclusiones de un Proyecto de Investigación Didáctica Iberoamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura. IBERCIENCIA No 5.
- Acevedo, J. A. y García, A. (2016). Una controversia de la historia de la tecnología para aprender sobre naturaleza de la tecnología: Tesla vs Edison- La guerra de las corrientes. *Enseñanza de las Ciencias Vol. 34 No 1*, 193-209.
- Acevedo, J. A., Aragón, M., García, A. (2018). *Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia*. Obtenido de Revista Científica 33(3): Doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.13355>
- Addine, F. (1998). *Didáctica y optimización del proceso de enseñanza aprendizaje*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Addine, F. et al. (2004). *Didáctica: Teoría y Práctica*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. 2004. La Habana: Pueblo y Educación.
- Addine, F. y García, G. (2001). *Formación Permanente de Profesores. Retos del siglo XXI*. La Habana: Curso Prereunión del Evento Pedagogía 2001.
- Addine, F. y García, G. (2012). La didáctica general y su enseñanza en la Educación Superior Pedagógica. *Revista Congreso Universidad. Vol. 1, No. 3, 2012, ISSN: 2306-918X*, 1-11.
- Addine, R. (2006). *Estrategia didáctica para potenciar la cultura científica desde la enseñanza de la Química en el preuniversitario cubano [Tesis doctoral]*. La Habana, Cuba Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona".
- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias [Tesis doctoral]*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. (2009). La epistemología en la formación de profesores de ciencias. *Educación y Pedagogía Vol.XVIII, No 45*, 1-12.

- Aguilar, S. y Barroso, J. (Julio 2015). La triangulación de datos como estrategia en la investigación educativa. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación. Nº 47*  
ISSN: 1133-8482. e-ISSN: 2171-7966. doi:  
<http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i47.05>, 73-88
- Aguilar, Y. (17- 21 de mayo 2016). Historia y Epistemología para la formación de la cultura científica desde la escuela. *Curso en el XI Taller Internacional ENFIQUI 2016" La enseñanza de la Física y la Química" y IV Taller "La enseñanza de las Ciencias Naturales".* Varadero, Matanzas.
- Aguilar, Y. (2003). *Propuesta de tareas docentes para integrar la historia de la física al proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Media Básica [Tesis de Mestría].* Ciudad de la Habana, Cuba: Instituto Superior Pedagógico " Enrique José Varona".
- Aguilar, Y. y Alamino, D. de J. (17 -21 de mayo de 2016). Historia y Epistemología para la formación de la cultura científica desde la escuela. *Curso en el XI Taller Internacional ENFIQUI " La Enseñanza de la Física y la Química" y IV Taller "La Enseñanza de las Ciencias Naturales".* Varadero, Matanzas, Cuba.
- Aguilar, Y. y Alamino, D. de J. (2019). La Historia y la Epistemología como Concepción Didáctica en la Enseñanza de la Física. *Latin-American Journal of Physics Education Vol 13 No 1*, 301-306  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7023971>.
- Aguilar, Y. y Alamino, D de J. (2015). La historia de la Física en la formación de profesores de física. *Memorias del Evento CIUM 2015* . Centro de Convenciones de Plaza América, Varadero, Matanzas, Cuba.
- Aguilar, Y. (Marzo de 2012). Contextualización histórica para la enseñanza de Física Cuántica con el empleo de una cronología comparada. *IX Taller Internacional "ENFIQUI 2012" "La Enseñanza de la Física y la Química. I I Taller: La Enseñanza de las Ciencias Naturales* . Centro de Convenciones de Varadero, Matanzas, Cuba.
- Aguilar, Y. y Alamino, D. de J. (2018). La cultura científica, la historia y la filosofía de la ciencia. *XI Taller Internacional Maestros ante los Retos del Siglo XXI.* La Habana: ISBN 978-959-18-1246-9.



- Alamino, D. de J. y Aguilar, Y. (7-11 de Mayo de 2016). Cultura Científica y Enseñanza de la Física. *VII Taller Iberoamericano de la Física Univesitaria y XXXIII Curso Centroamericano y del Caribe de Física*. La Habana, Cuba: ISBN 978-959-282-099-9.
- Alamino, D. de J. y Aguilar, Y. (2018). Hacia una enseñanza de la Física apegada a sus fundamentos. *Revista Cubana de Física*, 35 E50.
- Alamino, D. (2011). Historia, Filosofía y Enseñanza de la Física. *Revista Vinculando. Desarrollo Sostenible + Desarrollo Personal*. Obtenido de <http://vinculando.org>
- Alamino, D. (2014). The Training of Physics Teachers in Cuba: A Historical Approach. En A. e. Baraca, *The History of Physics in Cuba* (págs. 261-268). Boston: Springer.
- Alamino, D. de J. (2005). Raíces Históricas de la Enseñanza de la Física en Cuba: desde Varela a Gran; un material para maestros de Física. Ensayos Históricos. Caracas: Anuario del Instituto de Estudios Hispanoamericanos, Universidad Central de Venezuela, Segunda etapa.
- Alamino, D. de J. y Aguilar, Y. (17- 19 de Noviembre de 2014). *Integración de la Historia y la Filosofía de la Ciencia y la Enseñanza de la Física: Fundamentos y Experiencias en Cuba*. Obtenido de III International History, Philosophy and Science Teaching Group Latinoamerican Conference. Bella Terra. Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de la Ciencia. IHPST: <http://sociedadbellaterra.cl/congreso2014/>
- Alamino, D. de J. y Aguilar, Y. (2018). Hacia una enseñanza de la Física apegada a sus fundamentos. *Revista Cubana de Física No 35, E50*, 12-14.
- Alamino, D. de J. y Aguilar, Y. (28-1 de abril de 2016). Educación y cultura científica en la escuela a través de la historia y filosofía de la ciencia. Visión desde la Física. *IX Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias y XIV Taller internacional sobre Enseñanza de las Ciencias*. La Habana, Cuba.
- Alamino, D. de J. y Simon, G. . (4 de Aug de 2004). Physics Education in Cuba . 129 American Association of Physics Teachers Meeting. Sacramento, CA.
- Alamino, D. de J.; Aguilar, Y.; Adúriz- Bravo, A. (2015). Integración de la Epistemología y la Historia de la Ciencia en la enseñanza de la Física.

*Reunión de Educación en Física. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Buenos Aires, Argentina.*

- Alamino, D. (11-15 de Marzo de 2019). *Fórmula vs Comprensión de la Física, la Epistemología al Rescate. VIII Taller Iberoamericano de la Enseñanza de la Física Universitaria.* La Habana, Cuba.
- Alarcón, R. (27 de enero de 2015). *Las Ciencias de la Educación en una Universidad Integrada e Innovadora.* Obtenido de CubaEduca Portal Educativo Cubano
- Altshuler, E. et al. (2014) *Preguntas 1000 Respuestas Universo Tomo I.* La Habana: Editorial Universitaria Félix Varela ISBN 978-959-07-1959-2
- Altshuler, J. (2006). *Para una Historia de las Ciencias Físicas y Técnicas en Cuba.* La Habana: Científico-Técnica.
- Altshuler, J. (25-27 de febrero de 2004). Física Experimental contra Escolasticismo en Cuba, desde el papel periódico hasta el seminario de San Carlos. *memoria Electrónica Mínima de las Actividades del IV Congreso Nacional de Historia de la Ciencia y la Tecnología.* La Habana, Cuba.
- Álvarez, C. (1999). *Didáctica: La escuela en la vida.* 3era Edición. La Habana: Pueblo y Educación.
- Álvarez, C. (1999). *Hacia una escuela de excelencia.* Formato Digital: Alsi Colección.
- Arias, M. y Navarro, M. (2017). Epistemología, Ciencia y educación Científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica. *Actualidades Investigativas en Educación Vol 17 No 3, Septiembre- Diciembre, 1-20.*
- Artigue, M. (2018). Epistemología y didáctica. *El cálculo y su enseñanza, Enseñanza de las ciencias y la matemática, Volumen 11, 1-31.*
- Asúa, M. (1997). Los trabajos de Clío: La Historia y la Filosofía de la Ciencia aplicadas a la Enseñanza de las Ciencia. *Educación en Ciencias Vol , No 1, 28-32.*
- Ausejo, E. y Hormigón, M. (25-27 de febrero de 2004). Bernal en la historia. *memoria electrónica mínima de las actividades del IV Congreso Nacional de Historia de la Ciencia y la Tecnología.* La Habana, Cuba.

- Autores, C. d. (2018). *El Tercer Perfeccionamiento del Sistema Nacional de Educación. Cambios más Significativos*. La Habana: Formato Digital.
- Banasco, J. et al. (2011). Desarrollo histórico de las Ciencias Naturales en Cuba. *Varona, digital, No 52 enero-junio obtenido de <http://www.relalyc.org/articulo.oa?id=360635574007>*, 35-41.
- Banasco, J. et al. (2014). La historia de la Biología en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la formación inicial de los estudiantes de las carreras Biología-Química y Biología-Geografía. *Varona, digital, No 59 julio-diciembre <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360636905012>*, 72-78.
- Banasco, J. et al. (2011). *Ciencias Naturales: Una aproximación epistemológica*. La Habana: Pueblo y Educación
- Baraca, A. y Henríquez, B. (2012). El despegue de la física en Cuba, desde 1959, hasta la década de los setenta: un enfoque abarcador en Cuba. *Revista Española de Física*, Vol 13 No 4, 6-11.
- Baraca, A., Renn, J. y Wendt, H. . (2016). *The History of Physics in Cuba*. Boston: Springer .
- Baralt, D. (2017). *La motivación por el aprendizaje de la Física con enfoque interdisciplinario comunicativo en el proceso de formación inicial de la carrera Matemática- Física [Tesis doctoral]*. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente, ISBN: 9789591641403.
- Batard, L. F. y Villegas, P.T. (2010) *Las Ciencias Exactas y Naturales en Cuba*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Batista da Silva, B. (2018). Didáctica da Física: uma análise de seus elementos de natureza epistemológica, cognitiva e metodológica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, V. 35 n. 1, 20 41.
- Bedoya, J. L. (2019). *Los simuladores: estrategia didáctica en la inclusión de los conceptos matemáticos en la Física*. Obtenido de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>
- Bermúdez, R., y Rodríguez, M. (1996). *Aproximación al estudio de la metodología como resultado científico. Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela". (Resultado de Investigación)*. Santa Clara.

- Bernal, J. (2007). *La Ciencia en la Historia, Tomo I*. La Habana: Científico Técnica.
- Bernal, J. (2008). *La Ciencia en la Historia, Tomo II*. La Habana: Científico Técnica.
- Betto, F. (18 de febrero de 2016). *La Universidad: Formación Humanista de los Profesionales*. Obtenido de X Congreso Internacional Universidad 2016: cubadebate.htm
- Blanco, A. (2003). *Filosofía de la Educación. Selección de lecturas*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Bugaev, A. I. (1989). *Metodología de la Enseñanza de la Física de la escuela Media*. La Habana, Pueblo y Educación. La Habana: Pueblo y Educación.
- Bunge, M. (1980). *Epistemología, ciencia de la ciencia*. Barcelona: Arie.
- Bunge, M. (s.f.). *La ciencia, su método y filosofía*. Obtenido de [www.philosophia.cl/](http://www.philosophia.cl/) Escuela de Filosofía Universidad ARCIS
- Caballero, E. y Santos, E. (2019). *Introducción a la didáctica general para escuelas pedagógicas*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Calzado, D. (2011). *Curso de Didáctica General: Didáctica, su objeto y sus problemas actuales. Material Docente*. La Habana.
- Calzado, D. y Addine, F. (2010). *Curso: Didáctica, Curriculum e Interdisciplinariedad en el preuniversitario. Material Básico*. La Habana: Formato Digital.
- Carreño, A. (2019). Dios y la nueva Física en la enseñanza de la naturaleza de las ciencias. *Revista Científica ISSN 0124 2253 Número Especial, Bogotá D. C.*, 12-25.
- Casañas, M. (2003). Bases epistémicas de la educación en Cuba. *Integra Educativa IV No 1*, 219-249.
- Castellanos D. et al. (2002). *Aprender y enseñar en la escuela*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Castellanos, D. et al. (1999). *Hacia una concepción del aprendizaje desarrollador*. La Habana: Colección Proyectos UCP"Enrique José Varona.
- Castellanos, D. et al. (2005). *Aprender y enseñar en la escuela: una concepción desarrolladora*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Castellanos, D., Reinoso, C., y García, C. (2002). *Hacia una comprensión del aprendizaje desarrollador*. La Habana: Material en soporte digital.

- Castellanos, D., Reinoso, C. y García, C. (2003). *Para promover un aprendizaje desarrollador*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Castro, M. y Pérez, C. . (1988). La problemática de la enseñanza de la física en el nivel medio superior. *Revista Mexicana de Física*, No 3, Vol 34, 428-431.
- Cerezal, J. et al. (1997). Metodología para la caracterización de los centros internos del nivel medio. En L. Gómez (Presidente). Congreso Internacional "Pedagogía 1997". La Habana. Cuba. La Habana.
- Cerezal, J. y Fiallo, J. (2004). *Cómo investigar en Pedagogía*. La Habana. La Habana: Pueblo y Educación.
- Chade, P. (Julio de 2013). *Superación de las visiones deformadas de la ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza*. Obtenido de Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Universidad de Cádiz. APAC-Eureka. ISSN: 1697-011X: DOI: [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2014.v11.i1.05](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i1.05)
- Chamizo, J. (2005). We, teachers of chemistry, have become teachers of the history of chemistry, have,become teachers of history of chemistry...but wich type of history must me teach? *8th International History and Philosophy of Science Teaching Group International Conference*, (págs. 15- 18). Leeds.
- Chávez, G. A. (2018). Paralelos epistemológicos entre las teorías de cambio conceptual y perfil conceptual: implicaciones en la didáctica de las ciencia. *Tecné, Episteme y Didaxis, Número Extraordinario ISSN impreso 0121-3814, web 2323-0126*, 1-23.
- Cherman, A. (2004). *Sobre os Ombros de Gigantes. Uma História da Física*. Rio de Janeiro: Editor Jorge Zahar.
- Cifuentes J. E. y Camargo A. L. (2018). La Importancia del Pensamiento Filosófico y Científico en la Generación del Conocimiento *Cultura, Educación y Sociedad* 9(1): Enero-Junio , 69-82.
- Cifuentes, J. (2016). El método científico y la nueva filosofía de la ciencia: Aportes y perspectivas. *Rastros y Rostros Vol 18 No 33*.
- Claro, F. (1995). *A la Sombra del Asombro. el mundo visto por la Física*. Santiago de Chile: Editor Andres Bello ISBN 956-13-1370-7.

- Colectivo de autores (2017). Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021. En *Documentos del 7mo. Congreso del Partido aprobados por el III Pleno del Comité Central del PCC el 18 de mayo de 2017 y respaldados por la Asamblea Nacional del Poder Popular el 1 de junio de 2017 (I)*.
- Colectivo de autores. (2019). *Constitución de la República de Cuba*. La Habana: Empresa de Artes Gráficas Federico Engels.
- Colectivo de autores. ICCP/Mined. (2018). *Propuesta para la transformación de las instituciones y modalidades educativas*. La Habana: Formato Digital.
- Colombo de Cudmani, L. (2003). Qué puede aportar la epistemología a los diseños curriculares en física. *Ciência & Educação Vol 9 No 1*, 83-91.
- Corrales, M. y Moltó, E. (Marzo de 2016). *Una alternativa para la preparación de los profesores de física de la Educación Media General para la enseñanza de la formación de conceptos físicos*. Obtenido de VII y XXXIII CURCCAF: <http://tiberio.uh.cu>
- Crespo, F. (1993). *Metodología e Historia de la Física*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Cuétara, Y. (2016). *La estadística descriptiva en la Educación Preuniversitaria sobre la base de análisis exploratorio [Tesis doctoral]*. Matanzas: Facultad de Ciencias Pedagógicas, Universidad de Matanzas.
- Da Silva, J. B., Sales, G. L., y Alves, F. (2018). Didática da Física: uma análise de seus elementos de natureza epistemológica, cognitiva e metodológica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(1), 20-41.
- Danilov, M. y Skatkin, M. . (1978). *Didáctica de la escuela media*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación. La Habana: Pueblo y Educación.
- Daniushenkov, V. y Corona, N. (1991). *Historia de la Física*. La Habana: Pueblo y Educación.
- De Armas, N.; et al. (2004). *Los resultados científicos como aportes de la investigación educativa. Universidad de Ciencias Pedagógicas "Félix Varela"*. Santa Clara.

- Einstein, A. (7 de Diciembre de 1944). Carta de Einstein a Thornton. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
- Einstein, A. y Infeld, L. (2008). *La Física: Aventura del Pensamiento*. La Habana: Científico Técnica.
- Engels, F. (1979). *Dialéctica de la Naturaleza*. La Habana: Editora Política.
- Fariñas, G. (2004). *L.S. Vigotsky en la Educación Superior Contemporánea: Perspectivas de Educación. Curso desarrollado en el evento Internacional Universidad 2004*. La Habana: ISBN 959-16-0247-2.
- Fariñas, G. (2005). *Maestro, para una didáctica del aprender a aprender*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Ferrer, A. y León, G. (2018). Cultura Científica y comunicación de la ciencia. *Razón y Palabra. Primera Revista Digital en Iberoamerica Especializada en Comunicología* No 65 Obtenido de: <http://www.razonypalabra.org.mx/N/n65/actual/aferrer.gleon.html>.
- Feynman, R. P. et al. (2019). *Lecciones de física de Feynman, I: Mecánica, radiación y calor*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica.
- Figaredo, F. H. et al. (2014) *Preguntas 1000 Respuestas Sociedad Tomo 4*. La Habana: Editorial Universitaria Félix Varela ISBN 978-959-07-1960-8
- Freire, O. (2002). A relevancia da filosofia e da historia das ciencias para a formação dos professres de ciências. *En W. Da Silva, Epistemologia e Ensino de Ciências, Sao Paulo: Arcadia, 36-57*.
- Frías, R. A. et al. (2007). *Herramientas de apoyo a la solución de problemas no estructurados en empresas turísticas (HASPNET)* ISBN: 959-16-0304-9. Matanzas: Imprenta Universitaria UMCC.
- Furió, C et al. (1992). La formación inicial del profesorado de educación secundaria: papel de las didácticas especiales. *Investigación en la Escuela, No 16, 7-21*.
- Galdós, S. (2009). *Metodología de Evaluación Institucional para las escuelas especiales de trastorno de la conducta [Tesis doctoral]*. La Habana. Cuba.: Instituto Central de Ciencias Pedagógicas.
- Gallego, A. P. (2007). Ciencia, Historia, Epistemología y Didáctica de las Ciencias: Las comunidades de especialistas. *Tecné. Episteme y Didaxis No 22*.

- García, E. M. (2016). *Tareas de situaciones matemáticas abiertas: Una concepción didáctica desarrolladora para el proceso de sistematización en la preparación del ingreso a la universidad en duodécimo grado [Tesis doctoral]*. La Habana: Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona".
- García, F. (1996). Presente y futuro del científico. *Lección Inaugural del Curso Académico 1996-1997 Universidad de Jaume I*, (pág. 9). Castellón de la Plana.
- García, G. y Caballero, E. (2004). El trabajo metodológico en la escuela cubana. Una perspectiva actual. En F. Addine, *Didáctica Teoría y Práctica* (págs. 239-255). La Habana: Pueblo y Educación.
- García, J. (1984). *Teoría de la Educación Diccionario Ciencias de la Educación*. Madrid: Ediciones Araya.
- García, M. (2017). *El Proceso de Autoevaluación de la Calidad del Graduado de Licenciatura en Educación en las Instituciones de Educación Superior [Tesis doctoral]*. Matanzas: Facultad de Ciencias Pedagógicas, Universidad de Matanzas.
- García, M. C. (2018). Historia de la Química y educación bioética. *Varona, digital, Revista Científico Metodológica ISSN 1992-8238 Edición Especial Mayo-Agosto*.
- García, A., Acevedo, J. A. y Aragón, M. M. (2018). Comprensión del alumnado de Secundaria sobre la dimensión sociológica de la naturaleza de la ciencia a partir de la historia de la ciencia. *Ápice- Revista de Educación Científica. Vol 2 No 243-54*. Obtenido de <http://revistas.udc.es/index.php/apice/article/view/arec.2018.2.2.4519>
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de la Ciencias 1 (1)*, 26-23.
- Gil, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias 4(2)*, 111-121.
- Gil, D. (1993). Contribución de la Historia y Filosofía de la Ciencia al desarrollo de un modelo de enseñanza aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias, Vol. 11 (2)*, 197- 212.



- Ginoris, O. (2005). Recursos didácticos para propiciar el aprendizaje desarrollador. *Curso 88 Evento Internacional Pedagogía*: [http://www.razonypalabra.org.mx/N/n65/actual/aferrer\\_gleon.html](http://www.razonypalabra.org.mx/N/n65/actual/aferrer_gleon.html).
- González, A. (2008). Ciencia, Seudociencia y Bioenergía. *Revista Cubana de Física, Vol 25, No 1*, 17-21.
- González, et al. (enero de 2003). Fundamentos de la Ciencia Moderna. *Tabloide: Curso de Universidad para Todos*.
- González, L. A. y Amor, N. (2004). Los estudios de la motivación en las ciencias psicológicas, desarrollo, necesidades y perspectiva social. Instituto Superior Pedagógico "Rafael María de Mendive" Pinar del Río. Obtenido de <http://www.ciget.pinar.cu/revista/no.2004-1/normaeditorial/htm>
- González, M. (2005). *La didáctica y el proceso de enseñanza aprendizaje*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Grajales, H. (2017). *La enseñanza de la Física Moderna en la Educación Básica: Una aproximación desde el principio de incertidumbre [Tesis de Licenciado en Física]*. Bogotá: Universidad Pedagógica de Bogotá.
- Grigorian, A. y Polak. (1974). *Las ideas básicas de la Física Ensayos sobre su desarrollo*. Uruguay: Pueblos Unidos.
- Guzmán, R. (2011). *Estudio histórico-crítico sobre la influencia educativa de los sistemas penitenciarios en la sociedad y su expresión particular en el sistema penitenciario cubano [Tesis doctoral]*. La Habana, Cuba, Instituto Central de Ciencias Pedagógicas.
- Hart, A. (1991). Volvamos a leer a Engels. *Cuba Socialista No 44*.
- Hart, A. (2005). *Marx y Engels y la condición humana. Una visión desde Cuba*. La Habana. Pueblo y Educación ISBN 959-06-0722-5
- Hart, C. (2003). *Analfabetismo científico en la nueva era imperial*. La Habana: Examen de mínimo de filosofía para optar por el grado en Doctor en Ciencias Físicas. Formato Digital.
- Henke, A. y Hottecke, D. (2015). Physics Teacher's Challenges in Using History and Philosophy of Science in Teaching. *Science and Education May Vol 24, Issue 4*, 349-385.

- Henke, A. y Höttecke, D. (2014). *Physics teacher is challenges in using History and Philosophy of Science in teaching*. Boston: © Springer Science+ Business Media Dordrecht.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación: Enfoques cuantitativos, cualitativos y mixto*. 5ta Edición. Formato Digital.
- Hessen, B. (1985). *Las Raíces Socioeconómicas de la mecánica de Newton*. La Habana: Editora Academia de Ciencias de Cuba.
- Holton, G. (2015). What Makes a Life Worth Living? An Essay in Honor of Michael Matthews. *Science & Education, Volumen 24, Issue 7*, 813- 814.
- Hottecke, D. y Henke, A. (2010). *Implementing History and philosophy in Science teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European. HIPST Project*.
- Infeld, L. (1942). *Quest*. Londres: Readers Union/ V. Gollanez.
- Instituto de Literatura y Linguística de la Academia de Ciencias de Cuba. (1990). *Perfil histórico de las letras cubanas desde los orígenes hasta 1898*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Izquierdo, M. et al. (2016). *Historia, filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la Formación del Profesorado de Ciencias*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas ISBN 978-958-8972-27-5.
- Kapitsa, P. (1985). *Experimento, Teoría y Práctica*. Actas y Conferencias. Moscú: Mir.
- Kedrov, B. (1990). *Lenin y las revoluciones científicas*. La Habana: Editorial de Ciencias Sociales.
- Klein, M. (1972). The use and abuse of historical teaching in physics . En S. y. Brush, *The whig interpretation of history*. New York: W.W. Norton.
- Kolman, E. (1962). *Lenin y la Física Contemporánea*. Montevideo: Ediciones Pueblos Unidos.
- Krouss, L. M. (1996). *Miedo a la Física. Una guía para perplejos*. Santiago de Chile: Editor Andres Bello ISBN 956-13-1334-0.
- Kuhn, T. (1971). *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

- Kuhn, T. (1994). *Obras Maestras del Pensamiento Contemporáneo. La Revolución Copernicana*. Barcelona: Planeta-Agistini.
- Labarrere, G. y Valdivia, G. (2002). *Pedagogía*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Lakatos, I. (1981). *Matemáticas, Ciencia y Epistemología*. Madrid: Alianza Universidad.
- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del progreso científico*. Madrid: Ediciones: Encuentros.
- Lederman, L. (7-11 de July de 2003). *The Role of Physics in Education*. VIII Conference on Physics Education. Havana, Cuba.
- Lenin, V. I. (1963). *Materialismo y empiriocriticismo*. La Habana: Editora Política.
- Limia, M. et al. . (enero de 2003). *El Oficio de Pensar, Breve Introducción a la Historia de la Filosofía. Tabloide No 2: Curso Universidad para Todos*.
- Llantada, M. (1998). *Filosofía de la Educación*. La Habana: Material en soporte magnético y de apoyo a la docencia.
- López, F. (2017) *Metodología de estimulación del desarrollo intelectual de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de cultura física [Tesis doctoral]*. Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Guantánamo.
- Martí, J. (2002). *Maestros Ambulantes*. En J. Martí Pérez, *Obras Completas Tomo 8* (págs. 281-284). Formato Digital.
- Martínez, M. (1997). *El paradigma emergente: hacia una nueva teoría de la realidad científica*. México: Trillas.
- Marx, C. y Engels, F. (marzo de 1895). *Obras escogidas, Tomo III. Carta de Engels a Sombart*. Moscú: Progreso.
- Massoni, N. T. y Moreira, M. A. (2010). *Un enfoque epistemológico de la enseñanza de la física: una contribución para el aprendizaje significativo de la física, con muchas cuestiones sin respuestas. Enseñanza de las Ciencias 9 (2), 283-308*.
- Mathew, M. (1994). *History, Philosophy, and Sciece Teaching: The Present Rapprochement. Science and Education, 1 , 11-47*.
- Matthews, M. (2018). *History, Philosophy and Science Teaching New Perspectives*. Switzerland: Springer.

- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Vol 11, No 3, 331-330.
- Menéndez, V. (2016). Una nueva visión para enseñar física: los aportes históricos. *Enseñanza de la Física* Vol. 28, No. Extra, Nov., 7-14.
- Menéndez, V. (2018). La historia de la ciencia como herramienta didáctica: la enseñanza de la gravedad. *Enseñanza de la Física Vol. 30 Número Extra* , 255-261.
- Mined. (1990). *Licenciatura en Educación. Carrera de Física y Electrónica. Plan C*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Mined. (2014). *Reglamento de Trabajo Metodológico del Mined. Resolución Ministerial No 200/2014*. La Habana.
- Moltó, E. (2003). *Temas de Historia de la Física*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Moltó, E. et al. (18-20 de mayo de 2005). Principales transformaciones realizadas en la enseñanza de la física para el preuniversitario cubano. *X Congreso y VIII Congreso de la Sociedad Cubana de Física*. La Habana, Cuba.
- Monroy, Z. (2009). Filosofía e Historia de la Ciencia: su relevancia para la enseñanza de las ciencias. *Epistemología, Psicología y Enseñanza de las Ciencias*, Formato Digital, 12-23.
- Mora, J. M. (2018). *Física Onceno Grado Provisional*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Moreira, M. A. (1994). Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *II Simposio sobre investigación en Educación en Física*. Buenos Aires, Argentina.
- Morin, E. (2002). *La cabeza bien puesta. Bases para una reforma educativa*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Navarro, L. (1997). Historia de la Física y Enseñanza de la Física. *Taller Iberoamericano de la Enseñanza de la Física Universitaria, Universidad de la Habana*, (págs. 423-438). La Habana.
- Navarro, L. (2010). *Posible papel de la historia en la enseñanza de las ciencias*. Obtenido de [hermes.ffn.ub.es/luisnavarro/.../Papel\\_historia\\_docencia.pdf](http://hermes.ffn.ub.es/luisnavarro/.../Papel_historia_docencia.pdf)

- Núñez, J. (2014). *La Ciencia y Tecnología como Procesos Sociales*. La Habana: Félix Varela.
- Núñez, J., Montalvo, L.F. y Figaredo, F. (2008). *Pensar Ciencia, Tecnología y Sociedad*. La Habana: Félix Varela.
- Núñez, J. et al. (2015). *La filosofía de la ciencia entre nosotros: evolución, institucionalización y circulación de conocimientos en Cuba*. La Habana: Formato Digital.
- Ortíz M. et al. (2016). *Física Décimo Grado Provisional*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Ortíz, M., Gómez, H. y Rodríguez, R. (2016). *Programa de Física Duodécimo Grado*. La Habana: Formato Digital.
- Ortíz, M., Gómez, H. y Rodríguez, R. (2016). *Programa de Física Onceno Grado*. La Habana: Formato Digital.
- Ortiz, M., Gómez, H. y Rodríguez, R. (2016). *Programa de Física Décimo Grado*. Ciudad de la Habana: Formato Digital.
- Pedrero, E. et al. (2014) *Preguntas 1000 Respuestas, Inversiones Tomo 3*. La Habana: Editorial Universitaria Félix Varela ISBN 978-959-07-1963-9
- Pereira, L. y Rodríguez, G. (2018). *Modelagem e História da Ciência: Uma Abordagem Pedagógica para a Estrutura Atômica no 9º Ano do Ensino Fundamental*. *Enseñanza y Aprendizaje de la Ciencia*, 13(1),doi: <http://doi.org/10.14483/23464712.11585>., 14-32.
- Pérez, et al. (2006). *Curso: Didáctica de las Ciencias Exactas. Módulo III Educación Preuniversitaria. Material Base*. La Habana: Formato Digital.
- Pérez, I. M. (2016). *Evaluación y mejora de la formación ambiental para el desarrollo sostenible en la carrera Biología- Geografía [Tesis doctoral]*. Matanzas: Facultad de Ciencias Pedagógicas, Universidad de Matanzas.
- Pérez, L. y Montero, H. (8-12 de Abril de 2002). *El enfoque histórico: Una alternativa para una didáctica "Comprensible" de la Física de las Partículas Elementales*. *IX Simposio Nacional de la Sociedad Cubana de Física. Resúmenes*. La Habana, Cuba.

- Pérez, N. P. et al. (2016). *Licenciatura en Educación Opción Física. Plan de estudio C. Disciplina: Formación Laboral Investigativa en la Enseñanza de la Física*. La Habana: Formato Digital.
- Pino, L. (2007). *La cultura científica una necesidad del proceso de enseñanza aprendizaje. [Tesis doctoral]*. La Habana, Cuba, Instituto Superior Pedagógico " Enrique José Varona".
- Pogolotti, G. (26 de abril de 2015). Ciencia y Cultura. *Juventud Rebelde*, pág. 3.
- Popper, K. R. (1983). Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del pensamiento científico. Buenos Aires: Paidós.
- Portuondo, R. (2019). Evolución de las Ideas en la Física . México: RUM-UPR.
- Pruna, P. (1995). Ciencia: Ethos y Métodos. *Llull, Vol 18*, 213- 221.
- Rangel, A. et al. (2014) *Preguntas 1000 Respuestas, Vida Tomo 2*. La Habana: Editorial Universitaria Félix Varela ISBN 978-959-07-1962-2
- Rico, P. et el. (2016). Una didáctica histórico- cultural para el desarrollo de la personalidad de los estudiantes. La Habana: Formato Digital.
- Rodríguez, A. (2013). *Una metodología para la inclusión de la educación ciencia-tecnología-sociedad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de Ciencias Naturales en preuniversitario [Tesis doctoral]*. La Habana: Universidad de Ciencias Pedagógicas " Enrique José Varona".
- Rodríguez, M., Moltó, E. y Bermúdez, R. (1999). *La formación de conocimientos científico en los estudiantes*. La Habana : Formato Digital.
- Romero, R. (2016). Ética y Epistemología en la Invesitigación Científica. Tendencias y Perspectiva. *Revista de la Facultad de Ciencias Contables Vol. 24 No. 46*, 139-150.
- Sánchez Ron, I. (1988). Usos y abusos de la Historia de la Física en la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias Vol 6 No2*, 179-188.
- Sánchez, M. et al. (2019). Historia de la Física en Cuba (Siglo XX). Preprint No 491 Max Planck Institute for the History of Science.
- Santos, E. M. (2016). La esencia del proceso de enseñanza aprendizaje y sus fuerzas motrices. leyes, principios y categorías de la didáctica. En e. a. Rico,

- Una didáctica histórico-cultural para el desarrollo de la personalidad de los estudiantes* (págs. 161-371). La Habana: Pueblo y Educación.
- Schurmann, P. (1945). *Historia de la Física Tomo I*. Buenos Aires: Editorial Nova.
- Schurmann, P. (1948). *Historia de la Física Tomo II*. Buenos Aires: Editorial Nova
- Shuare, M. (1990). *La psicología soviética tal como yo la veo*. Moscú: Editorial Progreso.
- Shulman, L. (1986). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea, en Wittrock *La Investigación de la Enseñanza, I. Enfoques, Teorías y Métodos*. Barcelona: Paidós.
- Solbes, J. y Traver, M. (2001) Resultados obtenidos introduciendo historia de las ciencias en las clases de Física y Química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias, Vol 19 No 1*, 151-162
- Solís-Espallargas, C. (Septiembre de 2018). *Inclusión del enfoque de género en la enseñanza de las ciencias mediante el estudio de biografías de mujeres científicas*. Obtenido de Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias Vol 15 (3): <http://hdl.handle.net/10498/20853>
- Sorli, A. y Kaufman, S. (2018). The epistemological Crisis in Modern Physics. *NeuroQuantology Vol. 16 No 2* .
- Sosa, E. y Penabad, A. (2003). *Historia de la Educación en Cuba Tomo 4*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Sosa, L. H. y Rivero L. (2018). El tratamiento a la relación Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. *Revista: Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo ISSN: 1989-4155*, 3-12.
- Torres-Cuevas, E. et al. (1997). *Félix Varela, Obras El que nos enseñó primero en pensar, Tomo I* . La Habana: Cultura Popular.
- Torres, P. (1993). *La Enseñanza Problemática de la Matemática en el Nivel Medio General [Tesis doctoral]*. La Habana: Instituto Superior Pedagógico " Enrique José Varona".

- Torres, P. (2010). *Evaluación de la efectividad de la maestría en Ciencias de la Educación de Amplio Acceso. Instituto Central de Ciencias Pedagógicas de Cuba (ICCP). Informe de investigación.* La Habana.
- Torres, P. (2016). Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual. *Revista "ATENAS" Volumen 2. No.34 ISSN 1682-2749*, 1-15.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos.* Madrid: Alianza : Universidad.
- Valdés, P. et al. (2002). *Enseñanza de la Física Elemental.* La Habana: Pueblo y Educación.
- Valdés, R. (1986). *Historia de la Física Desde la Antigüedad hasta el siglo XVIII.* La Habana: Pueblo y Educación.
- Valdés, R. (2003). *Historia de la Física desde la Antigüedad hasta el siglo XVIII.* La Habana: Pueblo y Educación.
- Valle, A. (2010). *Algunos resultados científico pedagógicos. Vías para su obtención.* La Habana: Pueblo y Educación.
- Vega, F. (2013). *Una estrategia didáctica dirigida a la educación científica de los estudiantes para la formación de profesores de matemática-física [Tesis doctoral].* La Habana, Cuba, Instituto Superior Pedagógico " Enrique José Varona" .
- Whitaker, M. (1979). History and quasi history in physics education. *Physics Education* 14, 108-112.
- Zilberstein, J. y Silvestre, M. (2005). *Una didáctica para una enseñanza y un aprendizaje desarrollador.* La Habana: Pueblo y Educación.

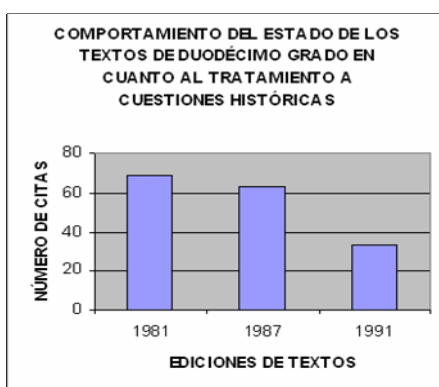
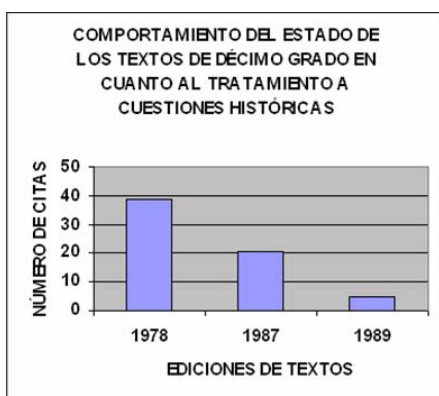
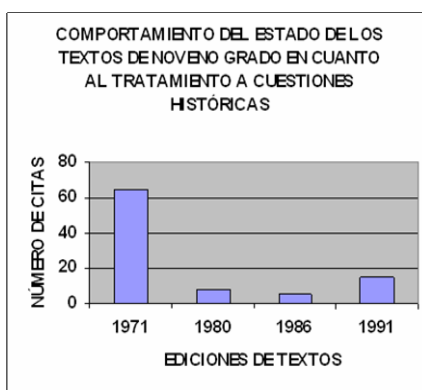


## Relación de anexos

1. Relación de libros de texto revisados con el propósito de determinar las menciones históricas que en ellos aparecen
2. Relación de filmes sobre epistemología de la física e historia de la física
3. Descripción de los indicadores
4. Guía de observación a clases
5. Encuesta a profesores
6. Encuesta a estudiantes
7. Guías para la revisión de documentos:
  - a) Guía para la revisión del Programa y Orientaciones Metodológicas
  - b) Guía para la revisión de planes de clases
  - c) Guía para la revisión del Reglamento Metodológico
8. Programas de cursos de posgrado:
  - a) Curso: Historia y epistemología de la física
  - b) Curso: Historia, Filosofía y Metodología del Conocimiento Científico
  - c) Curso: Óptica Ondulatoria y Cuántica. Teoría Especial de la Relatividad. Física Atómica y Nuclear. Historia e impacto sociocultural.
9. Recomendaciones metodológicas para la integración de la historia y epistemología de la física en la enseñanza de esta ciencia
10. Presentación digital de la Clase metodológica instructiva
11. Documento dirigido a los expertos
12. Guía de autoevaluación de los expertos sobre la metodología
13. Guía para la valoración de la propuesta por criterio de expertos
14. Resultado de la autoevaluación de los expertos
15. Análisis estadístico de frecuencia
16. Prueba pedagógica inicial
17. Resultados de la prueba pedagógica inicial aplicada en el grupo control y experimental
18. Prueba pedagógica final
19. Resultados de la Prueba de los Signos en el grupo experimental
20. Resultados de la prueba de los signos en el grupo control
21. Resultados de la prueba pedagógica final en el grupo de control y experimental

## Anexo 1. Relación de libros de texto revisados con el propósito de determinar las menciones históricas que en ellos aparecen

- Física: Tomos I y II Piorishkin y Krauklis, 1971.
- Octavo grado: ediciones de los años 1979, 1991, 2001.
- Noveno grado: ediciones de los años 1986 y 1991.
- Décimo grado: ediciones de los años 1978, 1987 y 1989.
- Onceno grado: ediciones de los años 1978, 1982 y 1990.
- Duodécimo grado: ediciones de los años 1981, 1987 y 1991.



## **Anexo 2. Relación de filmes sobre epistemología de la física e historia de la física**

### **Sobre epistemología de la física:**

“Epistemología para principiantes” (10 minutos) del 2008

<https://www.youtube.com/watch?v=A28RamJeTok>

“Del mito a la razón” (1h 21 min) del 2011

<https://www.youtube.com/watch?v=dGe-d9bSTLg>

“Las tres leyes de Kepler (30 minutos) del 2011

<https://www.youtube.com/watch?v=KowFQaanUMk>.

“¿Para qué sirve la epistemología?” Mario Bunge (42 min) del 2013

<https://www.youtube.com/watch?v=IJ4Pi8H01gM>

### **Sobre historia de la física:**

“Desde Kepler a Einstein. El Universo Mecánico” (30 minutos) del 2011

<https://www.youtube.com/watch?v=4inFcVEpAS4>;

“Galileo y la 1º revolución científica” (30 minutos) del 2012

<https://www.youtube.com/watch?v=l6eZlypKJr0>

“El Universo ultravioleta” (5 min) del 2012

<http://www.rubenlijo.com/project/el-universo-ultravioleta/>

“Einstein y la relatividad especial” (14 minutos) del 2013

<https://www.youtube.com/watch?v=HZ6KDRlyWTw>

“El tiempo y la relatividad general de Einstein” del 2015

<https://www.youtube.com/watch?v=vG1vXgDvvqY>

“Como es La Gravedad de Einstein, Deformación Espacio Tiempo” del 2015

<https://www.youtube.com/watch?v=sefQNaO1KZE>.

### Anexo 3. Descripción de los indicadores

Dimensión	Indicador	Descripción
Actividad del profesor	1. Orientaciones que contribuyen a la integración de la historia y epistemología en la enseñanza de la Física desde los programas de estudios y las orientaciones metodológicas.	Orientaciones que aparecen planificadas en los Programas de la asignatura desde los objetivos formativos y en las Orientaciones Metodológicas que tengan en cuenta la historia y epistemología de la física para su enseñanza en los tres grados de la Educación Preuniversitaria.
	2. Dominio de la historia y la epistemología de la física para integrarlas en los contenidos de Física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura.	Dominio de la historia de la física y de la epistemología de la física para poder integrarlas a los contenidos de la asignatura Física: conceptos, teorías, modelos, leyes y fenómenos.
	3. Dominio conceptual y procedimental de los métodos, formas de organización y evaluación propias de la asignatura que permitan integrar la historia y la epistemología de la Física en el proceso de enseñanza aprendizaje.	Demuestra un dominio de los contenidos y del resto de los componentes del proceso de enseñanza aprendizaje propios de la asignatura para propiciar la integración de la historia y la epistemología de la física, con el fin de establecer valoraciones y reflexiones críticas durante la enseñanza de la Física.
	4. Actitud que asume en cuanto a la preparación y autopreparación sobre la historia y la epistemología de la física para integrarlas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.	La actitud que asume en cuanto a la preparación y autopreparación para el trabajo con la historia y la epistemología de la física es: responsable, consciente, autocrítica, sistemática y con alto nivel de motivación.
	5. Aprovechamiento de oportunidades para el desarrollo de la motivación en los estudiantes hacia la física	Se potencia el desarrollo de motivación en diferentes situaciones de aprendizajes así como el empleo de tareas que estimulen el desarrollo de conocimientos, habilidades, hábitos y capacidades para interesarlo hacia el estudio de la Física.
	1. Conocimiento de los aspectos esenciales de la ciencia.	Poseen conocimiento acerca de cuestiones fundamentales de la ciencia, identifican interpretaciones distorsionadas de la ciencia

Actividad del estudiante		como cuasihistorias y seudohistorias, así como reconocer el carácter colectivo del trabajo científico y las implicaciones sociales de la ciencia.
	2. Motivación por aprender, a partir de la comprensión del papel de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física para promover valoraciones ante las actitudes mantenidas por los científicos.	Se muestran motivados por aprender física mediante el conocimiento de elementos históricos y epistemológicos que se aportan para la enseñanza de la asignatura.
	3. Actitud que asume ante la presentación de los contenidos de la Física relacionados con la historia y la epistemología de la física.	Si la actitud que asumen ante la enseñanza de la física con el empleo de la historia y la epistemología es de aceptación y satisfacción o es de rechazo.

## Anexo 4. Guía de observación a clases

Objetivo: Constatar las acciones de los profesores para la integración de la historia y epistemología de la física a los contenidos de Física en el proceso de enseñanza aprendizaje, en onceno grado

Aspectos a evaluar	MB	B	R	M
Domínio del contenido y su metodología para incorporar la historia y epistemología de la física a la clase.				
Se aprovechan las potencialidades de la clase para la formación integral de los estudiantes, con énfasis en la formación de valores propios a partir de la actividad de los científicos y el reconocimiento de aspectos como: el carácter colectivo del trabajo científico y las implicaciones sociales de la ciencia.				
Favorece un clima psicológico agradable hacia el aprendizaje, dando la posibilidad a los estudiantes de expresar sus opiniones y juicios para contribuir al desarrollo de su modo de actuación y una adecuada relación profesor- estudiante.				
Realiza acciones concretas para el reconocimiento por parte de los estudiantes de aspectos de historia de la ciencia, antes generalmente ignorados mostrando una imagen de la ciencia más completa y contextualizada.				
Realiza acciones para el tratamiento a interpretaciones distorsionadas de la ciencia como: seudohistorias o cuasihistorias de acuerdo al contenido de la clase.				
Realiza vínculos en la clase con la actividad científica realizada en Cuba y el papel de las mujeres en la ciencia.				
Utiliza diferentes métodos y procedimientos que orientan al estudiante hacia la búsqueda, independiente del conocimiento en diversas fuentes, su procesamiento, valoración y posiciones críticas.				
Motivación y disposición hacia el aprendizaje, de modo que los contenidos de la física adquieran significado y sentido personal para el estudiante.				
Logra mantener activos a los estudiantes y los implica con responsabilidad en el aprendizaje de la física mediante tareas docentes.				
Desarrollo de actividades docentes y extradocentes que promueven la integración de la historia y la epistemología de la física a su enseñanza.				
Posibilidad de que los estudiantes puedan emitir juicios, reflexiones y conclusiones donde demuestren la comprensión del contenido				

Leyenda: Muy Bien (MB), Bien (B), Regular (R), Mal (M)

## Anexo 5. Encuesta a profesores

Compañero profesor, con el propósito de realizar un estudio sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, le pedimos su colaboración, respondiendo a las preguntas que a continuación se muestran. La información que le solicitamos es anónima. Le rogamos analizar con atención cada pregunta, velando además por la exactitud y veracidad de sus respuestas.

Marque la casilla correspondiente según su criterio en cada aspecto

Recibió historia de la física en la carrera: Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Años de experiencia de trabajo como profesor: \_\_\_\_

No.	Aspectos a considerar	Si	No	A veces
1	La ciencia surge de la obtención del conocimiento mediante la observación de patrones regulares, de razonamientos y de experimentación en ámbitos específicos, a partir de los cuales se generan preguntas.	23%	53.8%	23%
2	El experimento puede invalidar la teoría	30%	69.23%	0
3	Al tratar en la física cuerpos puntuales, hilos inextensibles, casos sin fricción, se puede decir entonces que no se estudian los casos reales.	38%	30.7%	30.7%
4	Al estudiar un caso real a través de un modelo como el de gas ideal estamos en presencia de uno de los métodos del trabajo científico.	23%	38.24%	38,24%
5	Los científicos obligatoriamente necesitan del trabajo en colectivo y el intercambio de ideas y de opiniones para obtener resultados en la ciencia.	76.92%	23.07%	0
6	Los científicos imprescindiblemente necesitan partir de la experimentación para obtener resultados en la ciencia.	100%	0	0
7	Al introducir en las clases la historia de la física pienso que posibilitaría comprender mejor la física.	84.61%	0	15.38%
8	No es posible introducir la historia de la física en la clase de física pues no se puede cumplir entonces con el programa de la asignatura.	53.84%	23.07%	15.38%
9	No me siento preparado para introducir la historia de la física en las clases, por el conocimiento de la historia de la física que poseo.	100%	0	0
10	No me siento preparado metodológicamente para introducir la historia de la física en las clases de Física.	100%	0	0
11	Pudiera incorporar el tratamiento de los valores a través del estudio de la vida y la obra de los científicos.	100%	0	0
12	Introducir la historia de la física en las clases de Física me daría posibilidades de profundizar en algunos aspectos controvertidos de la física.	92.30%		15.38%
13	Los estudiantes conocerán no solo conceptos, leyes, si no la evolución de la física y se mejoraría el aprendizaje de esta ciencia si se introduce la historia de la física en las clases de Física	100%	0	0
14	No pienso que pueda aportar la historia de la física algo importante al aprendizaje de la física, sería engorroso, tengo que volverla a estudiar.	0%	95%	5%
15	No tengo bibliografía para estudiar la historia de la física por eso no la puedo emplear en clases.	100%	0	0
15	Son suficientes los datos sobre científicos que se dan en los textos de física que se usan.	0	69.23%	30.76%
16	El método científico es el método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las	46.15%	21.42%	7.14%

	ciencias.			
17	Si hay teorías que tengo que explicar en clase y tengo dudas de cómo fueron obtenidas simplemente las presento aunque no pueda argumentar sobre ellas.	61.53%	0	38.46%
18	Si logro relacionar los conceptos y teorías con sus procesos de obtención aprecio que los estudiantes asimilan mejor la física y se motivan por ella.	76.92%	0	23.07%
19	No aprovecho otras potencialidades que ofrezca el estudio de la física para el desarrollo de la motivación en los estudiantes, porque hay muchos problemas que resolver y tengo que cumplir con el programa.	69.23%	0	30.76%
20	En los objetivos de los programas de física se hace alusión a relacionar la enseñanza de la física con la historia de la física	84.61%	0	15.39%
21	Las orientaciones metodológicas plantean relacionar la enseñanza de la física con la historia de la física	0	100%	0
22	Ha oído usted mencionar la palabra Epistemología	0	84.61%	15.38%
23	Tiene dominio de todos los componentes del proceso de enseñanza aprendizaje: conceptual y procedimental de los métodos, formas de organización y evaluación propias de la asignatura, que me permiten integrar la historia y la epistemología de la física y así lo manifiesta en sus clases.	15.38%	61.53%	23.07%
24	Le gustaría recibir cursos de posgrados con el propósito de contribuir a su preparación con relación a la historia y epistemología de la física para emplearla en la enseñanza de la Física.	92.30%	0	7.69%
25	Está de acuerdo en darle un enfoque sociocultural a la enseñanza de la Física	100%	0	0

En la tabla aparecen los porcentajes de respuestas dadas por los profesores en la encuesta.



## Anexo 6. Encuesta a estudiantes

Compañero estudiante, este instrumento se aplica para la realización del trabajo científico relacionado con el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Física, por lo que necesitamos de su colaboración. La información que le solicitamos es anónima. Le rogamos analizar con atención cada pregunta, velando además por la exactitud y veracidad de sus respuestas.

Marque la casilla correspondiente según su criterio en cada aspecto: Si (S), No (N), A veces (Av)

Grupo \_\_\_\_\_

No.	Aspectos a considerar	S	N	Av
1.	La construcción de un nuevo conocimiento científico tiene sus raíces en el reconocimiento de la existencia de un problema que necesita explicación.	26,4%	58.8%	14.8%
2.	Cuando nos referimos a la ciencia estamos hablando de la observación de patrones regulares, de razonamientos y de experimentación o de un conjunto de descubrimientos.	26.5%	73.5%	0
3.	Los trabajos que realizó Isaac Newton no han sido modificados por los resultados de investigaciones posteriores	0	0	100%
4.	El experimento en la ciencia puede anular la teoría.	35.8%	0	64.2%
5.	Los científicos para poder conformar teorías tienen necesariamente que apoyarse en los conocimientos precedentes.	79.4%	12.8%	7.8%
6.	Las matemáticas son una herramienta necesaria para la descripción de los fenómenos físicos	100	0	0
7.	Le veo poca utilidad a la física para lo que en futuro quiero hacer en la vida.	0	90%	10%
8.	Reconocer los momentos más importantes del desarrollo de la física, constituye una razón para motivarme hacia su estudio, pero el profesor no trata estos temas en clases.	85.29%	8.82%	5.88%
9.	La vida de los físicos que he conocido los sitúa como personas alejadas de la sociedad y ensimismados en sus investigaciones.	100%	0	0
10.	He aprendido que la mayoría de los descubrimientos realizados en la física se han obtenido por casualidad.	86.5%	0	13.5%
11.	El papel de las mujeres científicas en la física ha sido minimizado ante el rol de los científicos masculinos por trabajar ellas en cuestiones menos importantes en la ciencia.	34.2%	35.3%	17.65%
12.	Al tratar en la física cuerpos puntuales, hilos inextensibles, casos sin fricción, se puede decir entonces que no se estudian los casos reales	0	0	100%
13.	Al estudiar un caso real a través de un modelo como el de gas ideal nos aproximamos a la realidad	0	100%	0
14.	Considero la física muy difícil por la gran cantidad de fórmulas que me tengo que aprender	100%	0	0
15.	Para obtener resultados en la ciencia no resulta necesario el trabajo en colectivo de los científicos, así como el intercambio de ideas y de opiniones	45%	30%	25%
16.	Si se introducen los contenidos de la historia de la física cuando se enseña Física permitiría comprender mejor la física y me motivaría más por esa ciencia	88.23%	0	11.77%
17.	Si se introducen los contenidos de la historia de la física cuando se enseña Física sería una pérdida de	0	100%	0

	tiempo y la rechazaría.			
18.	Si se introducen los contenidos de la historia de la física cuando se enseña Física me atormentaría más la cabeza.	0	85.29%	17.64%
19.	Considero innecesario introducir la historia de la física cuando me enseñan Física.	0	100%	0
20.	Acepto que el profesor me enseñe física con el uso de la historia de la física, así conocería la evolución y desarrollo de la física.	95%	2%	3%
21.	Si se introducen los contenidos de la historia de la física cuando se enseña Física puedo incorporar valores morales a mi actuar en la vida, a partir del estudio de la actitud de los científicos en su época y sería de gran satisfacción.	100%	0	0
22.	Me daría posibilidades explicar cosas de la física que nos rodea que hoy no conozco.	100%	0	0
23.	Todo lo que dice el libro de texto es estrictamente verdad y lo que dice el maestro también.	100%	0	0
24.	En las clases de física se deben hacer menos problemas y explicar mejor las teorías.	50%	0	50%
25.	Hay teorías que se explican en clase con las que no coincido.	0	31.12%	68.88%
26.	Al igual que las fórmulas me aprendo los conceptos y teorías de memoria.	100%	0	0
27.	Si no relaciono los conceptos y teorías entre sí no logro comprenderlos.	0	0	100%
28.	Cuando asocio los conceptos y teorías con los nombres de los científicos me resulta más fácil recordar la física.	74.6%	13.5%	11.9%
29.	En clases el profesor realiza reflexiones sobre temas de física que resultan ser pseudohistorias y cuasihistorias.	0	100%	0
30.	El profesor orienta en las clases estudiar de forma independiente aspectos relacionados con la historia de la física.	0	97.05%	5.88%

En la tabla aparecen los porcentajes de respuestas dadas por los estudiantes en la encuesta.

## **Anexo 7. Guías de revisión de documentos**

Objetivo: Obtener información en los documentos sobre el vínculo de la historia y la epistemología de la física en la enseñanza de la Física.

### **7a: Guía para la revisión del programa y orientaciones metodológicas**

Aspectos:

- Objetivos de la asignatura Física en la Educación Preuniversitaria
- Objetivos de la asignatura Física en el décimo, onceno y duodécimo grado
- Plan temático de la asignatura Física para onceno grado
- Objetivos de las unidades 1, 2 y 3 en la asignatura Física en el onceno grado de la Educación Preuniversitaria
- Estructura interna de las unidades 1, 2 y 3 en la asignatura Física en el onceno grado de la Educación Preuniversitaria
- Contenidos propuestos y su tratamiento
- Exigencias planteadas para los métodos, medios, evaluación y formas de organización
- Tipos de tareas que se proponen
- Orientaciones metodológicas ofrecidas para el sistema de conocimientos por unidades

### **7b: Guía para la revisión de los planes de clases**

Aspectos:

- Considera la historia y la epistemología de la física en la planificación de la clase, así como en la fundamentación de los contenidos que se imparten.
- Los objetivos propuestos en los planes de clases presentan una derivación gradual de los objetivos del Programa de la asignatura y consideran la historia y la epistemología de la física para su cumplimiento.
- Planifica la motivación de sus clases a partir del planteamiento y solución de tareas donde se relacionen los contenidos de la física con la historia y la epistemología de la física y situaciones de la vida práctica.
- Utiliza métodos, procedimientos, medios de enseñanza-aprendizaje y formas de organización acordes presentar el contenido fundamentado a partir de la historia y la epistemología de la física.
- La evaluación de la clase apunta al resultado o al proceso

### **7c: Guía para la revisión del Reglamento Metodológico**

Aspectos:

- Exigencias planteadas respecto al trabajo metodológico
- Tipos fundamentales de actividades metodológicas que se proponen.

## **Anexo 8. Programas de cursos de posgrado**

### **8 a. Historia y epistemología de la física**

Curso (2014-2015)

Total de horas: 96 h

Fundamentación

Se plantea el estudio cronológico y el desarrollo histórico de los conceptos y teorías fundamentales de la Ciencia Física, desde la antigüedad hasta los albores del siglo XXI, prestando la debida atención a las modernas disciplinas: teoría de la relatividad y mecánica cuántica. Se hace especial énfasis en la definición y el significado de los conceptos fundamentales de la Física. Así mismo, de manera general, se plantean las diferentes corrientes filosóficas que se generaron a partir de la interpretación de las leyes físicas, al igual que las que pudieron influenciarlas.

#### **I. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la aparición y el desarrollo histórico y epistemológico de los conceptos y teorías fundamentales de la Física, con el fin de proporcionarle, al profesor una formación integral en su campo de actividad profesional.

#### **II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analizar las ideas del origen y significado de los conceptos y teorías de la Física, para una mejor comprensión de los conceptos.

Desarrollar en el estudiante la capacidad para preparar y presentar exposiciones sobre tópicos selectos de la Física. Todo ello acompañado de un claro y certero manejo conceptual de la Física.

#### **III METODOLOGÍA**

El estudiante participará activamente con trabajos, exposiciones y discusiones sobre los fundamentos, la historia y los aspectos epistemológicos de la física clásica y la física moderna.

#### **IV. CONTENIDO**

**PERÍODO PREPARATORIO EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA FÍSICA.**

**UNIDAD 1: Primeros rastros de la aparición de la Ciencia Física (10.000-600 a.n.e.)**

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Los astrónomos antiguos.
- 1.3 La tecnología de la edad de piedra.
- 1.4 Algunos comienzos químicos.
- 1.5 De la Tierra.
- 1.6 Ciencia precolombina en América

**UNIDAD 2: Antigua Filosofía Natural-La Aurora Griega de la Física (600 a.n.e-300 .n.e)**

- 2.1 Introducción.
- 2.2 Las esferas cristalinas: La figura curvada perfecta. Ideas impopulares. Los grandes astrónomos.
- 2.3 La palanca para mover el mundo.

2.4 Tierra, aire, fuego, agua.

UNIDAD 3: El Medioevo-La oscura noche (300-1400)

3.1 Introducción

3.2 Siesta cósmica.

3.3 Algunas máquinas y algo de luz.

3.4 Alquimia.

3.5 El mundo estrictamente bíblico.

PERÍODO DE FORMACIÓN DE LA CIENCIA FÍSICA: Mecánica. Óptica

UNIDAD 4: El renacer de la Ciencia-La nueva aurora (1400-1750)

4.1 Introducción.

4.2 Los gigantes newtonianos.

4.3 El gran océano de la verdad.

4.4 Algunos aspectos de la Luz

4.5 Una revolución apacible.

PERÍODO DE LOS IMPONDERABLES (siglo XVIII) Calor. Electricidad. Magnetismo.

PERÍODO DE PREPARACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE LA LEY DE CONSERVACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA (1800-1850).

PERÍODO DE REALIZACIÓN (CONSOLIDACIÓN) Y CRISIS DE LA FÍSICA CLÁSICA (1850-1900).

UNIDAD 5: Descubrimientos (1750-1900)

5.1 Introducción.

5.2 Instrumentos y descubrimientos astronómicos.

5.3 La física al borde de la razón.

5.4 La mayoría de edad de la química.

5.5 El comienzo o el PERÍODO CONTEMPORÁNEO: Física relativista y cuántica (siglo XX).

UNIDAD 6: La Física Reciente (1900 - ...)

6.1 Introducción.

6.2 El universo en expansión.

6.3 Una nueva mirada a la naturaleza.

6.4 El planeta Tierra.

VII. EVALUACIÓN

Se emplearán evaluaciones orales frecuentes y la evaluación final del curso se hará a partir de un trabajo de investigación orientado previamente

V. BIBLIOGRAFÍA

- Gamow, G. (1980) Biografía de la física. Alianza editorial. Madrid.
- Hecht, E. (1987) Física en perspectiva. Editorial: Addison – Wesley Iberoamericana. Wilmington. E. U. A.
- Holton, G. (1979) Introducción y teorías de las ciencias físicas. Editorial Reverté. S.A. Barcelona.
- Sepulveda, A. (2003) Los Conceptos de la Física. Evolución histórica. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.

- Spasskiy, B.(1977) Historia de la física. Tomos I y II. Editorial Escuela Superior. Moscú.

## **8b. Historia, Filosofía y Metodología del Conocimiento Científico**

Curso (2015-2016)

Total de Horas: 96

Fundamentación del curso

Las leyes, conceptos, teorías, fenómenos, en la mayoría de las oportunidades, se transmiten por los docentes de ciencia en su forma acabada, sin tener en cuenta el largo camino por el que ha tenido que transitar la ciencia para llegar a ellos, evolución que algunos docentes incluso ignoran pues no ha existido una sistemática preparación en cuanto a tratar en los programas de pregrado la historia de la ciencia, la filosofía de la ciencia y la metodología del conocimiento científico, que no es metodología de la investigación. Si además se tiene en cuenta que muchos de los conocimientos científicos resultan de difícil comprensión por los estudiantes pues se resumen en complicadas fórmulas, ecuaciones, teorías, se puede explicar el rechazo que se experimenta hoy por el conocimiento de la ciencia entre los estudiantes, que en su afán por vencer los estudios se limitan a memorizar y rápidamente olvidan los contenidos de la ciencia que se les imparten, lo que en la práctica no constituye una formación científica perdurable. Esto pone de manifiesto que aunque el avance de la ciencia ha ido in crescendo en los últimos años, generando un descomunal cambio en nuestra forma de vida, sin embargo no ha conllevado a una aceptable comprensión de los conocimientos científicos que se necesitan para comprender el mundo. Por esta razón fácilmente circulan corrientes oscurantistas e ideas pseudocientíficas, que se aceptan por personas que han recibido un buen número de asignaturas de ciencia en su preparación general, incluso se ha llegado a hablar del analfabetismo científico reinante, no solo en países en que el analfabetismo es un mal endémico asociado a la pobreza, sino en países de alto nivel de desarrollo.

La filosofía es consustancialmente ideología y como este curso se ajustará a la concepción filosófica de Marx, Engels y Lenin, atemperada al medio educacional siguiendo a los pensadores cubanos y en especial a Varela y Martí, también el curso aportará elementos a los docentes para la realización del trabajo político e ideológico.

Objetivos

- 1- Profundizar en la comprensión de los orígenes y evolución del conocimiento científico, esto es, la historia de la ciencia.
- 2- Valorar corrientes filosóficas en su vínculo con el conocimiento científico.
- 3- Analizar las potencialidades que para la mejor comprensión de la ciencia por los estudiantes representa el conocimiento de la historia y la filosofía de la ciencia por el docente.

Sistema de Conocimientos:

Tema I: Historia de la Ciencia

La historia de la ciencia como ciencia. Etapa preparatoria para la aparición de la ciencia. Ciencia en la Antigüedad. Ciencia en la edad de la fe. Nacimiento de la ciencia moderna Revoluciones científicas e Industrial. El Renacimiento.

Cuba en el contexto científico internacional. La ciencia del siglo XX. Panorama de la ciencia en los albores del siglo XXI.

Tema II: Filosofía de la Ciencia y Metodología del Conocimiento Científico  
Ideas de Platón y Aristóteles. Bacon, Descartes, Locke, Berkeley, Hume y Kant, como representantes de posiciones filosóficas acerca de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XIX: los empiristas Herschel, Mill y Whewell, y los positivistas, Comte, Mach, Peirce y Poincaré. Primera mitad del siglo XX, positivismo o empirismo lógico: Wittgenstein, Carnap y el Círculo de Viena, Reichenbach y la Escuela de Berlín. El operacionismo: Bridgman y Rosenblueth, el subjetivismo selectivo, de Eddington, y el falsacionismo, introducido de Popper, los programas de investigación científica de Lakatos, el relativismo histórico de Kuhn, y el anarquismo, de Feyerabend. La teoría marxista leninista del conocimiento. Reflejos en Cuba de las diferentes posiciones filosóficas.

Sistema de Evaluación.

Evaluaciones a través de la asistencia, participación en clases, tareas investigativas y trabajo referativo final.

Bibliografía básica:

- Bernal, John D. (2007) *La Ciencia en la Historia*, Tomos 1 y 2. Editorial Científico-Técnica, La Habana.
- Cherman, A. (2004) *Sobre os ombros de gigantes: Umahistória da física*, Rio de Janeiro.
- Colectivo de autores, (1985) *Filosofía y Ciencia*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana.
- ----- (1942) *Figuras Cubanas de la Investigación Científica*, Publicaciones del Ateneo de La Habana.
- ----- (1998) *La Ciencia para Todos. El Colegio Nacional y Fondo De Cultura Económica*, Carretera Picacho-Ajusco 227, 14200 México, D.F.
- García, J. (1980) *Filosofía, Ciencia e Ideología: cómo la filosofía se hace ciencia con el Marxismo*, Editorial Científico-Técnica, La Habana.
- Hawking, S. W. (1994) *A Brief History of Time*, Bantam Press, London.
- ----- (2005) *Os genios da ciencia: sobre os ombros de gigantes*. Elsevier Ltda. Editora, Sao Pablo.
- Ilyn, V., Kalinkin, A. (1990) *The Nature of Science*, Progress Publishers, Moscow.
- Kedrov, B. (1990) *Lenin y las Revoluciones científicas*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana.
- ----- (1995) *Historia de la Ciencia: Investigaciones Soviéticas*, Tomo I y II, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú.
- Kuhn, T.S (1993) *La revolución copernicana*, Editorial Planeta, Argentina.
- Lovchuk, M. et al. (1985) *Historia de la Filosofía*, Tomo I, Editorial Progreso, Moscú.
- Monroy, Z y León-Sánchez R. (2009) *Epistemología, psicología y enseñanza de la ciencia*, Universidad Autónoma de México, México DF.
- Popper, K. R. (1985) *Post Scriptum a la lógica de la investigación científica*, Volumen III "Teoría Cuántica y el Cisma en Física" Editorial Tecnos, S. A. Madrid.
- Wusing, H. (1990) *Conferencias sobre historia de la matemática*, Pueblo y Educación La Habana.

## **8c. Temas de Óptica Ondulatoria y Cuántica. Teoría Especial de la Relatividad. Física Atómica y Nuclear. Historia e impacto sociocultural.**

Curso (2016-2017)

Total de horas lectivas:

FUNDAMENTACIÓN.

En el curso 2014-2015 se producirá un cambio de programa de Física en grado 12, abandonándose el que tradicionalmente se había impartido y que consistía en una sistematización de grados anteriores. Para enfrentar esta problemática será necesario actualizar a los docentes de preuniversitario en contenidos que aunque nunca se han abandonado en la impartición de la física, hoy día adquieren nuevas dimensiones. En particular por lo novedosos que pueden resultar los temas del programa y además porque en muchos de los casos representan la “cumbre” de la evolución de la física y poseen un gran impacto en la vida de la sociedad contemporánea y el medioambiente.

Se plantea el curso como un curso breve a causa de que cada uno de los temas que se proponen podría constituir un curso de postgrado, pero con la contingencia de preparar a los docentes se hará una exposición concentrada.

El programa del curso responde a la siguiente problemática:

- Los profesores de Física de los preuniversitarios de la provincia manifiestan insuficiencias para enfrentar las temáticas que pretende abordar el curso de postgrado, en cuanto al tratamiento de los contenidos así como de su evolución histórica y contextualización, lo que los conduce a desarrollar un proceso de enseñanza aprendizaje operacional, limitando la aprehensión sociocultural de la física.

Para dar solución a esta problemática se propone desarrollar este programa, en el cual se abordarán contenidos que actualmente se deben impartir en duodécimo grado

Objetivo general: profundizar en los contenidos de óptica ondulatoria y cuántica, la teoría especial de la relatividad, la física del átomo y del núcleo, su evolución histórica y contextualización acorde a la contemporaneidad, con el fin de actualizar y potenciar la labor del profesor de física del preuniversitario.

Sistema de conocimientos.

Tema I Óptica Ondulatoria

Evolución de las concepciones acerca de la luz desde la óptica de rayos a la óptica ondulatoria. Principios de Fermat y de Huygens. Experimento de Young. Interferencia de la luz. Interferencia en láminas delgadas: Interferómetros. Difracción de la luz. Redes de Difracción. Difracción de rayos X. Holografía. Polarización de la luz. Carácter electromagnético de las ondas luminosas. Ley de Malus. Ley de Brewster Polarímetro y Sacarímetro. Interacción de las ondas electromagnéticas con la sustancia: Dispersión, absorción y difusión de la luz.

Objetivos

- 1- Explicar la evolución que han tenido las concepciones acerca de la naturaleza de la luz hasta el siglo XIX.
- 2- Explicar los principios de Fermat y de Huygens, estableciendo su conexión y alcance con relación a las concepciones acerca de la luz.
- 3- Caracterizar el patrón de interferencia obtenido en el experimento de Young y con una red de difracción, precisando los cambios que sufren los mismos al variar algunos de los parámetros de los que depende su obtención al relacionarlos con las condiciones de máximo y mínimo.



- 4- Aplicar las condiciones de máximo y mínimo de interferencia y difracción a situaciones dadas a través de problemas.
- 5- Caracterizar la interferencia en láminas delgadas y relacionarla con la coloración que aparece en las pompas de jabón.
- 6- Describir el interferómetro de Michelson y su aplicación.
- 7- Identificar a los rayos X como una onda que puede sufrir fenómenos similares a los de la luz.
- 8- Describir la formación de hologramas y su importancia práctica.
- 9- Caracterizar la luz natural y la luz polarizada asociando este fenómeno a las ondas electromagnéticas y de carácter transversal.
- 10- Aplicar las leyes de Brewster y Malus a la solución de problemas.
- 11- Describir el uso del polarímetro y el sacarímetro para el análisis de sustancias ópticamente activas, en particular su empleo en la industria azucarera.
- 12- Explicar los fenómenos de interacción de la luz con la sustancia describiendo los casos que en la vida se observan y que tienen que ver con la absorción, la dispersión y la difusión.

#### Tema II Teoría Especial de la Relatividad

Velocidad de la luz, métodos de determinación y sistemas de referencia. Postulados de la Teoría Especial de la Relatividad. Transformaciones de Lorentz. Relatividad de los intervalos temporales y espaciales. Relatividad de la simultaneidad: la relación causa efecto. Transformación relativista de velocidades. Relatividad de la cantidad de movimiento lineal. La relación entre la masa y la energía: interpretaciones filosóficas. La relatividad galileana y la einsteiniana. Caso de los Mesones  $\mu$ .

#### Objetivos

- 1- Describir la evolución histórica que han tenido los métodos empleados para determinar la velocidad de la luz.
- 2- Describir el experimento de Michelson y Morley y su conclusión acerca de que la medición de la velocidad de la luz no depende del sistema de referencia escogido.
- 3- Enunciar los postulados de la TER.
- 4- Escribir las transformaciones de Lorentz y compararlas con las de Galileo.
- 5- Obtener a partir de las transformaciones de Lorentz, las expresiones que revelan la contracción de la longitud y la dilatación del tiempo e interpretarlas.
- 6- Ejemplificar en cuanto a la relatividad de la simultaneidad y su relación con la causa y el efecto.
- 7- Escribir las expresiones para las transformaciones de la velocidad según la TER y compararlas con las de Galileo.
- 8- Escribir la expresión para la cantidad de movimiento relativista.
- 9- Escribir e interpretar la relación masa energía, fundamentando su relevancia para la ciencia y la tecnología.
- 10- Ejemplificar con el caso de los mesones la validez de las interpretaciones obtenidas al aplicar las relaciones de la TER.
- 11- Resolver problemas muy simples en los que se empleen la relación masa energía y las transformaciones de Lorentz.

#### Tema III Óptica Cuántica

Radiación térmica: surgimiento de las ideas cuánticas en contraposición con la teoría electromagnética. El Efecto fotoeléctrico: Las ideas teóricas de Einstein y

los experimentos. El efecto fotoeléctrico interno: Aplicaciones prácticas. Carácter dual de las radiaciones electromagnéticas. Rayos X. Efecto Compton.

Objetivos

- 1- Explicar el concepto de cuerpo negro.
- 2- Describir la contradicción que aparece cuando se estudia la radiación del cuerpo negro y la solución.
- 3- Fundamentar la relevancia que ha tenido para la ciencia y la tecnología la hipótesis de Planck
- 4- Explicar en que consiste el efecto fotoeléctrico externo.
- 5- Exponer las leyes empíricas del efecto fotoeléctrico.
- 6- Aplicar la ecuación de Einstein para el efecto fotoeléctrico a situaciones prácticas dadas a través de problemas.
- 7- Fundamentar que Einstein no llegó a los elementos teóricos acerca del efecto fotoeléctrico a través de la vía inductiva, como muchos textos plantean.
- 8- Fundamentar el comportamiento onda partícula, a través de fenómenos ya estudiados y con la inclusión de los casos de rayos X y efecto Compton.

Tema IV Física del Átomo

Regularidades en los espectros atómicos. Concepciones acerca de la estructura del átomo. Modelos atómicos. Modelo atómico de Bohr y átomo de hidrógeno. Experimento de Frank y Hertz. Limitaciones del modelo de Bohr. Dualismo onda partícula. Láseres.

Objetivos

- 1- Describir los resultados que obtuvieron los espectros copistas al analizar los espectros atómicos.
- 2- Describir la evolución de los modelos atómicos y su relación con los experimentos y observaciones experimentales.
- 3- Explicar el modelo atómico de Bohr y cómo este es capaz de explicar el caso del espectro del hidrógeno y su limitación a este caso.
- 4- Describir los resultados del experimento de Frank y Hertz y su relevancia en la descripción de la estructura del átomo.
- 5- Describir el principio de funcionamiento del láser gaseoso y extrapolar a los de estado sólido.
- 6- Argumentar acerca de los posibles usos del láser.

Tema Física del Núcleo y Partículas Fundamentales

Estructura y propiedades físicas del núcleo atómico. Radiactividad natural y artificial. Métodos de registro de radiaciones. Partículas fundamentales. Sistematización de las partículas fundamentales. Del Big Bang a la actualidad.

Objetivos

- 1- Explicar posibles modelos nucleares, las partículas constituyentes del núcleo y las posibles fuerzas que las mantienen unidas.
- 2- Caracterizar las diferentes transformaciones radiactivas.
- 3- Aplicar la ley de desintegración radiactiva.
- 4- Describir los métodos de registro de las partículas.
- 5- Fundamentar la sistematización de las partículas fundamentales.
- 6- Describir cómo se ha comportado la estructuración de la materia desde el Big Bang hasta llegar a lo que se conoce en la actualidad.

## PLAN TEMÁTICO

No	Tema	Horas presenciales	Horas del Tema
I	Óptica Ondulatoria	8	20
II	Teoría Especial de la Relatividad	8	20
III	Óptica Cuántica	8	20
IV	Física del Átomo	8	20
V	Física del Núcleo y Partículas Fundamentales	8	16
	Total	40	96

Sistema de evaluación.

La evaluación se realizará de forma sistemática y con una evaluación final que consistirá en la presentación de trabajo de investigación bibliográfica sobre un tema indicado por el profesor.

Bibliografía Básica

Halliday, D. et al. (1997) *Fundamentals of Physics: Extended*. John Willey & Sons, INC. New York.

Landsberg, G.S. (1984). *Óptica*, Tomo I y II Editorial Mir, Moscú

MINED, (2006) *Programas11<sup>o</sup>*, Educación Preuniversitario. Editorial Pueblo y Educación

Savéliev, I. V. (1984). *Curso de Física General*, Tomo I, II III, Mir Moscú.

Sifredo, C. (1991). *Física 12<sup>o</sup>* Parte 1, Editorial Pueblo y Educación, La Habana.

## **Anexo 9. Recomendaciones metodológicas para la integración de la historia y epistemología de la física en la enseñanza de esta ciencia**

Al profesor:

Las recomendaciones metodológicas que a continuación se presentan son complementarias a las orientaciones metodológicas establecidas por el Programa de la asignatura Física para cada uno de los grados del Preuniversitario, y están dirigidas a lograr la integración de la historia y la epistemología de la física en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física (PEA). La comunidad de investigadores en Didáctica de la Física, participa del consenso de que desarrollar el PEA de este modo puede contribuir a que se humanice la ciencia, que se acerque a los intereses personales, éticos, culturales y políticos y pueda hacer las clases más estimulantes y reflexivas al incrementar el pensamiento crítico, además de desarrollar una comprensión mayor de los contenidos y a superar el “mar de sinsentidos” de las clases de ciencias donde a menudo se recitan fórmulas y ecuaciones; el profesor enfrentado a esta dinámica puede mejorar su formación mediante el desarrollo de una epistemología de la física rica y auténtica, y a un mejor conocimiento de la estructura de la ciencia<sup>1</sup>.

Se recomienda hacer una lectura completa de las orientaciones, ya que la física, como toda la ciencia, no tiene un desarrollo lineal, ni se puede observar durante la exposición de estas orientaciones un orden estrictamente cronológico y estrictamente coincidente con la distribución que se hace de la física para su enseñanza, o sea, en la exposición hay cuestiones que en diferentes momentos se retoman al considerar el aporte de un científico, el análisis de un hecho o la obtención de una ley. En la primera parte se realizan generalizaciones válidas para los tres grados del preuniversitario relacionadas con los modelos, teorías, leyes, principios, ideas básicas y los cuadros físicos, necesarios para llevar a los estudiantes una concepción científica del mundo.

Sin poder abarcar detalles se orienta en línea general cómo se puede integrar la historia y la epistemología de la física en algunas temáticas, de manera que al desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje el profesor pueda contar con un marco referencial para realizar este proceso, lo que no limita su enriquecimiento mediante la autopreparación y creatividad, afín a la idea de Varela, concordante con la filosofía electiva de “dejar hacer al maestro”. No se excluye lo que puedan aportar los ejercicios y problemas propuestos en el libro de texto a las intenciones de la integración. Es muy importante valorar el papel de la mujer en la ciencia contribuyendo a un adecuado enfoque de género; y al estudiar personalidades de la ciencia evitar presentar la ciencia como tarea de élites, lo que excluiría el carácter democrático y participativo con que deben abordarse los problemas científicos.

Para introducir la historia y la epistemología de la física en las clases, el profesor puede seleccionar cualquier momento del desarrollo de la actividad docente, aunque son recomendables las clases de nuevo contenido y las clases de sistematización, por las generalizaciones que en ellas se pueden realizar. En las clases de desarrollo de habilidades se pueden resolver problemas físicos docentes y experimentales cuyos enunciados estén relacionados con la historia y epistemología del contenido a ejercitar. El propósito es que los estudiantes, del

---

<sup>1</sup> Matthews, M. (1992)

estudio de la física, deben salir no solo con el conocimiento de la asignatura, como parte del currículo base de la Educación Preuniversitaria, sino con el conocimiento y comprensión sobre la física y su evolución, para contribuir a su formación científica.

Se recomienda el empleo de tareas docentes, las que constituyen un marco referencial para el profesor, lo que no limita la creación de otras, con el mismo objetivo. Las tareas tienen la intención de complementar la integración de la historia y la epistemología en la enseñanza de la Física que se propuso, e incentivar el método investigativo en los estudiantes. El profesor las puede aprovechar, además de los ejercicios y problemas que orienta el texto de la asignatura, en los grados décimo, onceno y duodécimo, según corresponda y de acuerdo al tema que se trabaje.

Para el acceso a la bibliografía con miras a la solución de las tareas docentes se recomienda asistir a la biblioteca escolar o a la biblioteca municipal y consultar los siguientes textos, entre otros: Monitor Enciclopedia Salvat para todos (1965), Diccionario Enciclopédico Color (1999), Enciclopedia Autodidáctica Interactiva Océano (2000), 1000 Preguntas 1000 Respuestas (2014). El software educativo Colección Futuro "Sustancia y Campo", en el portable Cubaeduca el Portal de Física, y enciclopedias digitales tales como: Wikipedia, Encarta y Eured.

En la introducción de la asignatura al referirse a la palabra física, debe explicarse que, proviene del vocablo *physis*, que significa naturaleza, introducido supuestamente por el sabio griego Aristóteles desde hace poco más de 2300 años, en una época en que la física aglutinaba todos los conocimientos acerca de la naturaleza. En la medida que fue desarrollándose el conocimiento adquirido por el hombre, de aquella física se fueron desgajando diversas ramas tales como la astronomía, la química, la biología, la geografía, etcétera. La física como ciencia es relativamente joven, tiene no mucho más de cuatro siglos y en particular se ocupa de investigar sistemas y cambios de la naturaleza y el universo, que tienen en general un carácter fundamental, es decir que están en la base de sistemas y cambios estudiados por otras ciencias y diversas ramas de la tecnología (Mora, M. et al, 2018). No obstante estar la física en la base de las formas superiores del movimiento, estas no pueden reducirse a las explicaciones de la física, dada la complejidad inherente de las formas superiores de movimiento.

Debe hacerse saber a los estudiantes que, en la pirámide de las ciencias en su base está la matemática, seguida por la física, la química y después la biología (Lederman, 2003), organización que responde a las formas de movimiento de la materia, expresadas por Federico Engels en *Dialéctica de la Naturaleza*<sup>2</sup> y que recomendamos leer a todo profesor de Física; es más como el estudiante estudia la física dividida por partes (unidades) en cada grado debe quedar bien clara la relación de lo que estudia la física con las formas de movimiento de la materia y con el cuadro físico del mundo, que está determinado por el marco histórico en que se han desenvuelto los científicos.

Profesor, el problema de la formación de conceptos físicos es una tarea esencial de cualquier curso de Física y debe atenderse con esmero. La asimilación continua del sistema de conceptos físicos prepara a los estudiantes para que puedan penetrar en la esencia de las relaciones, leyes, teorías y propicia el dominio de las aplicaciones prácticas de la física. No existe un camino único en

---

<sup>2</sup> Engels, F. *Dialéctica de la Naturaleza*, Editora Política, La Habana 1979, Formas fundamentales del movimiento p 47-62

la formación de conceptos físicos. Las particularidades de los fenómenos y de las cualidades de la materia al igual que el nivel de posibilidades cognitivas de los estudiantes introducen variantes en este proceso.

En la asignatura Física, durante los tres grados, el profesor de Física al hacer alusión a los conceptos debe plantear que los mismos caracterizan propiedades y relaciones esenciales de los objetos y fenómenos. Los estudiantes deben conocer que en Física existen dos tipos de conceptos, los que se definen por palabras y los que se definen solamente por relaciones matemáticas. Ejemplos de los primeros son la masa y la inercia; de los segundos, la cantidad de movimiento y al definir un concepto hay que tener en cuenta sus rasgos esenciales.

Al hablar de propiedad en Física, debe hacerse entender que son aquellos aspectos de un objeto que determinan su diferencia o semejanza con otros, por ejemplo, una propiedad de los cuerpos es la inercialidad. Al presentar un fenómeno, se debe plantear como aspecto general que lo manifiestan por igual un grupo de cuerpos, de aquí que no pueda ser una cualidad distintiva de cada uno. Por ejemplo la inercia la manifiestan todos los cuerpos por igual.

En cuanto a los modelos, mediante los cuales la física se acerca a la realidad, se debe explicar que son representaciones materiales o ideales de un objeto o proceso en las que están presentes solamente algunas de las características esenciales de estos. Son ejemplos de modelos en Física el gas ideal, el punto material, entre otros. Al modelo se llega mediante un proceso de separación de los rasgos esenciales de los que no lo son, para el estudio que se realiza. Un modelo solamente puede ser utilizado cuando se dan las condiciones en que se cumplen los rasgos que existen en el mismo. Por ejemplo el modelo de gas ideal solamente puede ser utilizado para el estudio de un gas a determinados valores de presión y temperatura, y el punto material, cuando pueden ser despreciadas las dimensiones del objeto con relación a la trayectoria. Pero debe tenerse en cuenta que la física ha llegado a sus resultados más importante a través de la modelación de los fenómenos naturales que estudia.

Ahora bien, en relación a las leyes y principios, se debe hacer saber a los estudiantes que la ley es una relación entre objetos, fenómenos o procesos que expresa los nexos internos que tienen carácter esencial y actúan siempre que se dan las condiciones exigidas para ello. Los principios son generalizaciones de la experiencia que no pueden ser deducidas y constituyen la base de muchos conocimientos científicos. Son principios en Física las leyes de Newton y las de la Termodinámica.

Al hablar de las teorías, el profesor debe referirse a que, constituyen un sistema de conocimientos que explican un conjunto de fenómenos de alguna esfera del conocimiento, reduciendo todos los componentes de ese dominio, bajo un elemento unificador. Una teoría científica debe ser adecuada a su objeto, estar exenta de contradicciones lógicas y explicar todo el conjunto de fenómenos que estén en su esfera. En la Física existen teorías más generales como la Mecánica Cuántica que incluyen a otras como caso particular. Toda teoría tiene un núcleo de conocimientos del que se derivan los demás conocimientos; en el caso de la Mecánica este núcleo lo constituyen las leyes de Newton y en el Electromagnetismo las leyes de Maxwell. El núcleo de una teoría está constituido por principios, leyes, conceptos y modelos a partir de los cuales se derivan el resto de los conceptos y leyes componentes de la teoría (Rodríguez, Moltó y Bermúdez, 1999).

Al presentar una teoría a los estudiantes debe tenerse presente las ideas básicas sobre las que estas se sustentan. Las ideas básicas pueden ir variando de una época histórica a otra, aunque otros elementos del núcleo no varíen. La acción a distancia resultó ser una idea básica de la mecánica newtoniana, sin embargo en teorías posteriores la interacción es interpretada a través del campo correspondiente y en otro momento a través del intercambio de partículas, sin embargo las leyes de la mecánica siguen siendo válidas, pues ellas permiten estudiar el movimiento mecánico del objeto, pero sin preocuparse de por qué se produce la fuerza. La acción a través del campo es una idea básica del Electromagnetismo y la cuantificación es una idea básica de la Mecánica Cuántica. Las ideas básicas constituyen el otro elemento presente en el núcleo de una teoría, por lo que el mismo constituye un invariante de conocimiento a enseñar, si esa teoría está presente en una asignatura.

Con relación al trabajo con el cuadro físico del mundo se debe tratar como una generalización de las ideas fundamentales presentes en las diferentes teorías. Está asociado a una época histórica determinada a la que corresponde un cierto grado de desarrollo de la ciencia. En la medida que el hombre va penetrando en la esencia de los objetos y fenómenos, el cuadro físico del mundo va evolucionando y se van cambiando unas ideas por otras que se corresponden mejor con el estadio de la ciencia.

Es imprescindible precisar a los estudiantes que, existen cuatro etapas del desarrollo del cuadro físico del mundo. La primera de ellas denominada cuadro mecánico clásico del mundo, la cual resume las ideas que, acerca de la física, tenían los científicos a fines del siglo XVII y principios del XVIII. Un segundo estadio que surge a fines del siglo XIX es el cuadro electromagnético del mundo. El tercer estadio está caracterizado por las ideas que surgieron al principio del siglo XX y que perduran hasta la actualidad; este estadio es denominado cuadro cuántico contemporáneo del mundo. Estos cuadros físicos deben caracterizarse durante la enseñanza de los conocimientos, en los grados correspondientes. La evolución de la ciencia y los saltos son una expresión de las leyes de la dialéctica; durante determinados períodos se acumulan cambios que las teorías pueden explicar, pero en otros ya no caben dentro de las teorías (contradicción) y se producen los saltos, negándose lo viejo, lo inconsistente de la teoría y aparece la nueva cualidad.

### **Décimo grado**

#### **Capítulo 2: Cinemática**

Durante el capítulo se analizan varios epígrafes, debe usted tener en cuenta los temas que se recomiendan e insertarlos durante el análisis.

En el décimo grado comienza el estudio de la Física en el Preuniversitario, y como se corresponde con el movimiento mecánico, debe hacerse alusión a este como la forma más simple de movimiento y la primera a la que se le prestó atención, tanto por lo que intrigó al ser humano el movimiento de los astros como los movimientos cotidianos terrestre. A los estudiantes debe recalcársele que la física es una ciencia experimental; los físicos observan fenómenos naturales y tratan de encontrar patrones y principios que los relacionen pero también hacen especulaciones teóricas. Tolomeo para explicar el movimiento del Sol y los planetas colocó a la Tierra en el centro y hasta un punto sus cálculos fueron consistentes con lo observado, pero su teoría no concordaba con otras apreciaciones, que sí fueron resueltas con la revolución producida por Copérnico al ubicar al Sol en el centro del sistema planetario. En la Astronomía no se

puede experimentar, pero la teoría tiene que concordar con lo observado para que sea aceptada su validez.

Durante el estudio del movimiento mecánico se debe mencionar que, según la leyenda Galileo Galilei (1564-1642) dejó caer objetos ligeros y pesados desde la Torre inclinada de Pisa, para averiguar si caían a la misma velocidad. Galileo sabía que sólo la investigación experimental podría darle la respuesta. Examinando los resultados de sus experimentos, que eran mucho más complejo de los que cuenta la leyenda, dio el salto inductivo al principio, o teoría, de que la aceleración de un cuerpo que cae es independiente de su masa.

Cuando se habla de la historia de la física en sus primeros estadios y en hasta otros momentos más avanzados de su desarrollo, aparecen leyendas, que no son más que narraciones de las acciones humanas y hechos que han pasado al imaginario popular y los cuales han llegado a los estudiantes, luego el profesor no debe obviar estos preconceptos y esclarecer lo que pueda haber de verosimilitud o error en esas historias, tal es el caso de Galileo o también la idea de que a Newton el ver caer una manzana lo llevó formular la teoría de Gravitación Universal. La aceptación de esta última versión pone en duda la realidad del trabajo y el método científico, y que a pesar de que en la ciencia se han dado casos de serendipia, no es esto lo que prima en la ciencia, porque si no hay conocimiento científico y se procede mediante el método científico para el análisis de un hecho casual, no aparecerá una verdadera explicación o teoría.

Un riesgo que se debe evitar al enfrentar la enseñanza de la física y la ciencia en general, es el de las interpretaciones que se puedan dar a determinadas ideas o teorías que constituyen lo que se ha denominado: pseudociencias. En *Materialismo y empiriocriticismo*<sup>3</sup>, Lenin exaltaba el genio de Marx y Engels al manifestarse en oposición al “juego pseudocientífico, de las palabrejas nuevas, de los términos alambicados, de los ismos sutiles”; esto hoy no ha perdido vigencia y proliferan con ingenua y extendida aceptación, las corrientes pseudocientíficas, que tratan de prácticas o afirmaciones, muchas veces vagas y exageradas, que a pesar de presentarse como científicas o con ropaje científico, no se basan en el método científico, le falta plausibilidad o el apoyo de evidencias científicas o no pueden ser verificadas de forma fiable y los que la profesan se rehúsan a la verificación por expertos o a la sistematización que conduzca a desarrollar teorías racionales, pues la ciencia es conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible<sup>4</sup>. El tratamiento o mal tratamiento que se da, por algunas personas, al concepto energía, es una muestra de manipulación pseudocientífica, la piramidología, la ufología, la astrología, los terraplanistas, el movimiento antivacuna y otros.

Analice con sus estudiantes que, el desarrollo de teorías físicas como la de Galileo siempre es un proceso bidireccional que comienza y termina con observaciones y experimentos. El camino a menudo es indirecto, con callejones sin salida, equivocaciones y el abandono de teorías infructuosas en favor de otras más prometedoras. La física no es una colección de hechos y principios, es el proceso por el que se llega a principios generales que describen el comportamiento del universo físico. Ninguna teoría se considera como la verdad última, siempre cabe la posibilidad de que observaciones nuevas obliguen a modificarla o desecharla. Es inherente a la teoría física que se logre demostrar

---

<sup>3</sup> Lenin, V.I *Materialismo y Empiriocriticismo*, Editora Política La Habana, 1963, p.138

<sup>4</sup> Bunge, M. *La ciencia, su método y su filosofía*, [www.philosophia.cl/Escuela de Filosofía Universidad ARCIS](http://www.philosophia.cl/Escuela de Filosofía Universidad ARCIS), p.6.



su falsedad, encontrando comportamientos no consecuentes con ella, pero nunca se puede probar que una teoría siempre es correcta.

Vuelva al caso de Galileo y analice que, si se deja caer una pluma y una bala de cañón, sin dudas no caen a la misma velocidad, esto no significa que Galileo estuviera equivocado, sino que su teoría estaba incompleta. Si soltamos esos objetos en condiciones de vacío para eliminar los efectos del aire, sí caerían a la misma velocidad. La teoría de Galileo tiene un rango de validez; solo es aplicable cuando la fuerza ejercida por el aire, debido a su resistencia y flotación, es mucho menor que el peso del objeto; las plumas y paracaídas obviamente se salen de este rango. Toda teoría física tiene un rango de validez fuera del cual no es aplicable. Es común que los avances en física amplíen dicho rango. Las leyes del movimiento y de la gravitación de Newton ampliaron enormemente, medio siglo después, el análisis de Galileo de la caída de los cuerpos.

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- En cuanto a la ciencia se ha afirmado que esta “no es un libro terminado”. Investigue acerca de la veracidad o no de esta afirmación.
- Los antiguos atomistas griegos en el siglo Va.C., Demócrito, Leucipo y Epicuro consideraron que la sustancia está construida por diminutas partículas indivisibles. Realice una valoración del aporte que esto significó para la ciencia.
- El hombre se interesó primeramente por la astronomía y el movimiento mecánico, investigue ¿a qué se debió este interés?
- La simple observación de que el Sol se mueve de occidente a oriente condujo al greco-egipcio Claudio Ptolomeo (100-170) a formular su sistema geocéntrico. Explique qué llevó al polaco Nicolás Copérnico (1473-1543) a formular otra hipótesis. Diga cuál fue esa hipótesis.

#### **Capítulo 3: Leyes del movimiento mecánico**

Es necesario explicar a los estudiantes que, una de las adquisiciones más importantes en la historia del pensamiento humano, la que señala el verdadero punto inicial de la física, se debe a Galileo, al descubrir y usar el método del razonamiento científico. Este descubrimiento enseñó que no se debe creer, siempre, en las conclusiones intuitivas basadas sobre la observación inmediata, pues ellas conducen, a menudo, a equivocaciones.

Se pueden realizar las siguientes interrogantes: ¿Dónde está el error de la intuición? ¿Es falso decir que un carruaje tirado por cuatro caballos debe correr más veloz que conducido por dos? Escuche las opiniones de sus estudiantes y discuta con ellos que, al analizar lo anterior se puede afirmar que a mayor fuerza corresponde mayor velocidad; luego, la velocidad de un cuerpo nos indicará si sobre él obran o no fuerzas. Según la clave descubierta por Galileo si un cuerpo no es empujado o arrastrado, o sea, si sobre él no actúan fuerzas exteriores, se mueve uniformemente, es decir con velocidad constante y en línea recta. Por tanto la velocidad de un cuerpo no es indicio de que sobre él obren o no fuerzas exteriores. La conclusión de Galileo que es correcta, la formuló una generación después Newton, con el nombre de principio de la inercia. Es en general una de las primeras leyes que los estudiantes se aprenden de memoria “La primera ley de Newton o ley de la inercia”. Esta ley no puede inferirse directamente de la experiencia, sino mediante una especulación del pensamiento, coherente con lo observado. El experimento ideal no podrá jamás realizarse, a pesar de que conduce a un buen entendimiento de las experiencias reales. Surge entonces un nuevo problema ¿Qué indicará en el movimiento de un cuerpo, la acción de

fuerzas exteriores, si la velocidad no la revela? La respuesta a esta interrogante la encontró Galileo, pero se debió a Newton su formulación precisa.

Continuando con el análisis del experimento ideal, la uniformidad del movimiento se debía a la ausencia de toda fuerza externa. Imaginemos que el móvil reciba un impulso en el sentido de su desplazamiento. Su velocidad aumentará. Un impulso en sentido contrario haría disminuir su velocidad. De esto surge la siguiente conclusión: la acción de una fuerza exterior se traduce en un cambio de velocidad. Luego no es la velocidad misma, sino su variación, lo que resulta como consecuencia de la acción de empujar o arrastrar. Galileo lo vio claramente en su obra *“Diálogos de dos nuevas ciencias”*: *“Toda velocidad, una vez impartida a un cuerpo, se conservará sin alteración mientras no existan causas externas de aceleración o retardo, condición que se cumple solamente sobre los planos horizontales; pues el movimiento de un cuerpo que cae por una pendiente se acelera, mientras que el movimiento hacia arriba se retarda; de esto se infiere que el movimiento sobre un plano horizontal es perpetuo, pues si la velocidad es uniforme, no puede disminuirse o mermarse y menos aún destruirse”*.

Otro concepto con el que necesariamente tiene que tratar el profesor cuando aborda el movimiento mecánico es el de masa. Según Doménech 1992 las características principales de la concepción newtoniana sobre la masa son las siguientes:

- La masa es una propiedad universal de los cuerpos, todos los objetos poseen una masa característica que sería la misma para cualquier observador.
- Se trata de una magnitud escalar que se expresa por un coeficiente positivo.
- La masa se concibe como magnitud característica de los sistemas materiales por oposición a espacio y tiempo que se conciben como entidades independientes de aquéllos.
- La masa es aditiva por acumulación, al reunir varios objetos, la masa del conjunto es la suma de las masas de los objetos individuales. Esta aditividad se traduce en el principio de conservación de la masa en un sistema aislado.
- La masa de un cuerpo es independiente de su posición, movimiento o tipo de interacción al que está sometido.
- La masa inercial se concibe como medida de la inercia de los cuerpos tendencia a mantener su estado de reposo o movimiento rectilíneo y uniforme bajo la acción de cualquier tipo de fuerzas.
- La masa gravitatoria se concibe como medida de la tendencia de los cuerpos a ejercer fuerzas gravitatorias entre sí: sería la magnitud activa, responsable, de un tipo específico de interacción, la gravitatoria.
- Masa inercial y masa gravitatoria se consideran como equivalentes.

El concepto de masa se introduce en el Tomo I de los Principia de Newton en su definición primera como: «La cantidad de materia es la surgida de su densidad y magnitud conjuntamente.». Esta definición supone una concepción ontológica de masa como una propiedad privilegiada y esencial de la materia, lo cual resulta absurdo, pues sustancia y materia son dos cosas diferentes; la cantidad de sustancia está dada por el número de moles, materia es una categoría filosófica que no solo comprende la sustancia sino también el campo, la sustancia tiene masa en reposo y el campo no tiene masa en reposo.

Sin embargo, la necesidad de dotar a esta definición de un contenido empírico, en los Principia, la definición de masa como «quantitas materiae» va seguida,

inmediatamente, de una propuesta de medida a partir del producto densidad por volumen (Doménech, 1992).

En la actualidad se plantea que la aceleración de la caída aumenta proporcionalmente a su masa de gravitación y disminuye en proporción a su masa de inercia. Como todos los cuerpos poseen la misma aceleración constante, las dos masas deben ser iguales. La masa es masa inercial en la Segunda Ley de Newton, es masa gravitatoria en la Ley de Gravitación Universal y masa relativista en la ecuación de Einstein ( $E=mc^2$ ), luego la masa se puede interpretar como: medida de la inercialidad, medida de la interacción gravitatoria y medida del contenido energético.

Al trabajar con el concepto de fuerza el profesor puede plantear que, luego la causa externa es la que motiva el cambio de velocidad y aquí es muy importante la introducción del concepto fuerza como: medida de la interacción entre los cuerpos, independiente de la actividad sensorial que pueda experimentar un individuo, que es con lo que generalmente se asocia la fuerza por los estudiantes, o sea el esfuerzo o sensación muscular, sensación que acompaña a cada uno de los actos de empujar, arrastrar o arrojar, pero su generalización va mucho más allá.

Analice con los estudiantes que se puede pensar en una fuerza aun sin imaginarnos un caballo tirando de una carreta, al hacer alusión a la fuerza de atracción entre la Tierra y el Sol, entre la Tierra y la Luna, de las fuerzas que producen las mareas, la fuerza con que los vientos producen las olas del mar y el movimiento de las ramas de los árboles. Dondequiera que se observe un cambio de velocidad se debe hacer responsable a una fuerza exterior, en el sentido general de la palabra. Newton escribió en sus *Principia*: “*Un fuerza exterior es una acción que se ejerce sobre un cuerpo, con el objeto de modificar su estado, ya de reposo, ya de movimiento rectilíneo uniforme*”.

*“La fuerza consiste únicamente en su acción y no permanece en el cuerpo cuando deja de actuar aquella. Pues un cuerpo se mantiene en cualquier nuevo estado que adquiera, gracias a su vis inertiae únicamente. Las fuerzas pueden ser de origen muy distinto, tales como de percusión, presión o fuerza centrífuga”*

El concepto peso está presente en los textos de física y aunque no muy remarcado se trata en el texto de los estudiantes, luego es necesario acotar algunas cuestiones sobre este concepto, del que desde la antigüedad se hacían conjeturas, por ejemplo Aristóteles (384-322 a.C.) al clasificar los cuatro elementos constituyentes de todo lo existente: tierra, agua, aire, fuego, los dividía en los pesados que se movían hacia el centro del mundo y los ligeros, cuyo movimiento era hacia la periferia. La determinación del peso llamó la atención sobre todo por las necesidades del comercio. Como en el Cercano Oriente se encontraban las rutas principales de comunicación y del comercio internacional en los tiempos de la Edad Media, los científicos de esa región avanzaron mucho en este sentido. Hay una obra de Jordán Nemorario o Juan de Sajonia (m.1237) titulada “De los pesos” (De ponderibus) en que se aborda el concepto de peso y al examinar los pesos que se encuentran en un plano inclinado, descompuso las fuerzas de gravitación de los mismos en dos componentes: la normal al plano inclinado y la paralela al mismo. “Cuanto menor es la última, tanto menor es la gravitación dependiente de la posición (gravitas secundum situm)”.

En la actualidad el concepto peso se presenta en forma diferente por autores de textos docentes que se pueden dividir en dos grandes grupos, en un grupo están

los que calculan el peso a través de la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos, expresándose el peso de un cuerpo como  $P=mg$  donde  $g$  es la aceleración de caída libre y  $m$  la masa. Por ejemplo el prestigioso libro de David Halliday et al, (1997), plantea que “el peso  $W$  de un cuerpo es una fuerza que tira del cuerpo directamente hacia un cuerpo astronómico cercano; en las circunstancias ordinarias tal cuerpo astronómico es la Tierra. La fuerza es fundamentalmente debida a una atracción- llamada atracción gravitacional- entre los dos cuerpos” y considera la situación en la que un cuerpo con masa  $m$  está localizado en un punto donde la aceleración de caída libre tiene magnitud  $g$ , entonces la magnitud  $W$  del vector peso (fuerza) actuando sobre el cuerpo es:  $W = mg$ . Este autor asume que el peso es medido en un sistema inercial y de no ser así, entonces considera que se trata de peso aparente en lugar del real.

Otra tendencia en cuanto a considerar el concepto peso se puede apreciar en Portuondo (1983), quien en su libro Mecánica asocia peso de un cuerpo con la fuerza que dicho cuerpo, él solo, ejerce sobre su apoyo, o su sostén, cuando permanece en reposo respecto al mismo”. De una forma similar Yavorski y Pinsky (1983) establecen que “la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos se llama fuerza de gravedad”. La causa por la que no todos los cuerpos caen a Tierra es porque el movimiento está limitado por otros cuerpos: apoyos, hilos, muelle, pared, etc. y a todo esto llaman enlaces o ligaduras mecánicas. A continuación acotan que bajo la acción de la fuerza de gravedad los enlaces se deforman y la reacción de los enlaces deformados, según la tercera ley de Newton, equilibran dicha fuerza. Entonces denominan peso a la fuerza con que el cuerpo actúa sobre el enlace (presiona sobre el apoyo horizontal o estira al muelle) a causa de la atracción de este cuerpo por la Tierra. También consideran que el peso es igual a la fuerza de la gravedad en todo sistema inercial de referencia y manejan el término ingravidez, que mejor debió decirse impesantez. Como ya se adelantó se aprecia que existen dos definiciones bien distintas, que deben discutirse con los estudiantes dado que peso es un concepto de uso común ahora bien, lo más importante que debe tener en cuenta el profesor es revelar que si se hace un análisis de las ecuaciones fundamentales de la Física el concepto peso no figura en alguna de ellas, únicamente algunos libros le dan utilidad al tratar la Ley de Arquímedes y en ese caso puede evitarse su empleo si se dice que la fuerza de empuje equivale a la atracción gravitatoria de la masa del líquido desplazado por el cuerpo. Además atendiendo a la generalidad de la Ley de Gravitación Universal, la primera definición que se trata  $P=mg$  podría ser sustituida empleando en su lugar, el término atracción gravitatoria, de este modo un estudiante puede calcular la magnitud de la atracción gravitatoria de un cuerpo, sobre la Tierra, a una distancia elevada sobre la Tierra, a determinada distancia entre la Tierra y la Luna e incluso sobre la superficie lunar.

Por tanto, si se quisiera hacer mención al término peso, como en el caso de otras magnitudes, es necesario tener en cuenta las condiciones en que se determina este: cuerpo apoyado horizontalmente o suspendido verticalmente, en reposo con respecto al apoyo o la suspensión. En este caso el peso, la magnitud medida, será la acción sobre el apoyo o la suspensión, esto se corresponde con el uso cotidiano del término peso y se enmarca de cierto modo en la segunda definición que se ha analizado.

Sugerencias de tareas docentes a realizar

- Se afirma que con el italiano Galileo Galilei (1564-1642) nació la modernidad en la investigación científica, argumente esta aseveración.
- Isaac Newton declaró “Pude mirar más lejos porque me apoyé en hombros de gigantes”. Argumente este axioma newtoniano.

#### **Capítulo 4: Ley de Gravitación Universal**

Hoy día en que la física trata de lograr la Teoría de la Gran Unificación (GUT, por las siglas en inglés), la ley de Gravitación Universal resultó ser la primera teoría de unificación de fuerzas, al considerar que los movimientos celestes, de los planetas bajo la acción del Sol resultaban idénticos al de los cuerpos que se movían en la Tierra. En otro momento con el experimento de Oersted (1820) y los trabajos de Faraday (1838s), se demostró, la estrecha unión entre la electricidad y el magnetismo, que antes venían desarrollándose por vías separadas. Maxwell (1873) unificó la electricidad, el magnetismo y la óptica. Glashow, Salam, y Weimberg lograron una teoría para la unificación del electromagnetismo con la fuerza débil, proponiendo la fuerza electrodébil, lo que los llevó al premio Nobel en 1979, y a Rubbia y Van der Meer, por la verificación experimental de esta teoría en 1984. El camino de la unificación sigue abierto, se trabaja por la Teoría de la Gran Unificación con el propósito de unificar la fuerza electrodébil con la fuerza nuclear fuerte, luego no es de descartar que por esta vía en un futuro pudiera hablarse de un solo tipo fuerza, habría que esperar...

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- Hay una fábula que cuenta que el inglés Isaac Newton (1642-1727) al ver caer una manzana descubrió la Ley de Gravitación Universal. Investigue cómo realmente Newton pudo llegar a la referida ley.
- En la segunda mitad del siglo XX se dio inicio a la conquista del cosmos, lo que fue posible a rigurosos cálculos basados en las leyes de la física. Relacione nombres de científicos con los aportes que hicieron posible las primeras hazañas en el cosmos.
- Las leyes de Kepler describen el movimiento planetario. Investiga cómo el alemán Johannes Kepler (1571-1603) pudo llegar al establecimiento de esas leyes

#### **Capítulo 6: Trabajo y Energía. Ley de Conservación de la Energía mecánica**

El estudiante por primera vez se pone en contacto con la ley de conservación y transformación de la energía a través de la ley de conservación de la energía mecánica. No debe dejarse de comunicar que la ley de conservación de la energía mecánica es un caso particular de un principio general que abarca toda la naturaleza, la ley de conservación y transformación de la energía; a pesar de que un concepto complejo, como el de energía, que va más allá de la física, se irá conformando a través del estudio de la asignatura, por ahora deben identificarse la energía cinética y la potencial. Al trabajar con la ley de conservación de la energía mecánica, por su carácter particular, debe tenerse en cuenta que la energía mecánica solo se conserva o mantiene constante cuando únicamente actúan fuerzas conservativas o potenciales, pues ante la pregunta de la conservación de la energía mecánica los estudiantes tienden a contestar “la energía no se crea ni se destruye, sino se transforma” a manera de lema aprendido y recitado y no se analizan las condiciones de conservación de la energía mecánica.

Se puede hacer mención a que la idea de la conservación surgió en la remota antigüedad. Heráclito pronunció la célebre expresión “de la nada, nada aparece” la cual encarnó los indicios del surgimiento de la conservación. Se debe

significar que, al deslindarse el campo de la filosofía respecto al de las ciencias naturales basada en la experimentación en el primer cuarto de siglo XIX se estableció el gran principio de la ley de conservación y transformación de la energía. Su descubrimiento se debe al médico y físico alemán Robert Mayer (1814-1878), al físico inglés James P. Joule (1818-1889) y al médico alemán Herman Hemholtz (1821-1894).

Por primera vez en la historia de la ciencia se examinaron en el trabajo de Mayer los procesos de transición no como destrucción sino como transformación. Mayer parte de la idea de que existe cierta fuerza primaria o sea cierta reserva inicial de energía invariable en el sentido cuantitativo. Decía que, esta fuerza actúa en el sentido de destruir las diferencias existentes, es decir en el sentido de disminuir la reserva de energía potencial. Sin embargo, al nivelarse estas diferencias, las fuerzas no se destruyen, (la energía se conserva), estas fuerzas como causas de la modificación de relaciones, vuelven a restablecer la diferencia existente en un principio. La idea de la transformación cualitativa de las formas de energía a la vez que se conserva esta cuantitativamente, se halla expresada aquí con toda claridad. Hemholtz independientemente de Mayer, hizo un estudio teórico de la ley de conservación de la energía y reconoció los méritos de Mayer al declarar que fue el primero que comprendió y formuló correctamente la ley de conservación y transformación de la energía. Antes de Hemholtz, precisamente en el período en que se descubre la ley, se refirió a la misma situación A. I. Herzen en sus *Cartas sobre el estudio de la naturaleza*.

Es fundamental que durante el análisis teórico de la ley de conservación y transformación de la energía los estudiantes conozcan que su descubrimiento tuvo incontables consecuencias, la tarea de la confirmación práctica de la ley, la llevó a su desarrollo y a su enriquecimiento con nuevos contenidos. La física avanzó entrando en conocimiento de nuevas formas de energía y de nuevos métodos de investigación científica.

#### Sugerencia de tarea docente a realizar

- La ley de conservación y transformación de la energía descubierta en el siglo XIX fue el resultado del aporte de tres científicos que trabajaron la teoría de la equivalencia entre el calor y la energía, Robert Mayer (1814-1878), James P. Joule (1818-1889) y Herman Hemholtz (1821-1894). Investiga los aportes de cada uno de estos científicos a tal descubrimiento.

### **Onceno grado**

#### **Capítulo 1: Postulados Fundamentales de la Teoría Cinético Molecular**

En el oncenavo grado la primera unidad trata de la Teoría Cinético Molecular (TCM); para el estudio de esta teoría es conveniente hacer referencia a que, el descubrimiento del movimiento browniano fue la primera prueba del movimiento de las partículas de un líquido, este fenómeno, en sí mismo, hubiera permanecido misterioso e incomprensible si no fuera por la teoría cinética de los gases. Fue observado y caracterizado por primera vez por el botánico Brown y su teoría fue explicada 80 años después por Albert Einstein, publicada en su segundo artículo de 1905: *Sobre el movimiento de partículas pequeñas suspendidas en un líquido estacionario*. El único instrumento necesario para observar el movimiento browniano es un microscopio. Lo que Brown vio es la agitación incesante de los gránulos de polen suspendidos en el agua, que el microscopio hace visible. Posteriormente repitió el experimento con muchas plantas diferentes y encontró que todos los gránulos, si son suficientemente ligeros, tienen tal movimiento cuando están suspendidos en el agua. La

naturaleza casual e irregular de las trayectorias de los gránulos de Brown, refleja irregularidades similares en la trayectoria de las moléculas que constituyen el líquido, entendiéndose por eso que un estudio cuantitativo del movimiento browniano puede proporcionar un conocimiento más profundo de la teoría cinética. Es evidente que este movimiento, se hace visible en dependencia del tamaño de las moléculas que impactan los gránulos de polen. El movimiento no tendría existencia si las moléculas no poseyeran cierta energía, en otras palabras, si no tuvieran masa y velocidad. El estudio del movimiento browniano puede conducir a la determinación de la masa de las moléculas.

Se debe añadir que, la teoría cinética pudo formularse cuantitativamente después de laboriosas investigaciones teóricas y experimentales. Lo que se descubrió en el movimiento browniano resultó ser una de las claves que proporcionaron datos cuantitativos y se evidenció que los mismos resultados pueden obtenerse por caminos diferentes, que parten de claves completamente distintas. El hecho de que los métodos confirmen el mismo punto de vista, es muy importante porque demuestra la coherencia interna de la teoría cinética.

### **Capítulo 2: Teoría Cinética del Gas Ideal**

Uno de los múltiples resultados cuantitativos alcanzado por la teoría y el experimento hace alusión a la siguiente interrogante: ¿Cuántas partículas contiene 1g de hidrógeno? La respuesta corresponde no solo al hidrógeno sino a todos los gases, pues bajo ciertas condiciones dos gases tienen el mismo número de moléculas.

Al trabajar la teoría cinética del gas ideal se debe recalcar nuevamente el uso de un modelo físico, por medio del cual se relacionan magnitudes macroscópicas con las microscópicas. Para ello se empleará el modelo del gas ideal con miras a explicar el comportamiento de los gases como una primera aproximación, suponiendo que las moléculas son puntuales, no interactúan entre sí, salvo cuando realicen choques elásticos entre ellas y con las paredes del recipiente que las contiene.

Al llegar a la ley  $PV = \text{constante}$ , que fue descubierta empíricamente por el físico inglés Robert Boyle, se debe explicar que sin embargo se conoce con el nombre de Boyle-Mariotte. El profesor debe aclarar a los estudiantes que los estudios de Boyle acerca del vacío o más bien del aire rarificado lo llevaron lógicamente a la ley de proporcionalidad entre el volumen y la presión de los gases (1660) y se le atribuye erróneamente a Mariotte (1676). El enunciado como se conoce en la actualidad tampoco fue dado por Boyle, sino por su discípulo o corresponsal Ricardo Townley, que colaboró con sus experiencias. Boyle la comprobó para presiones de más de una atmósfera y para presiones menores (Schurmann, 1945). Esto puede servir como un ejemplo de cuasihistoria, o sea de historias que se llevan a los libros de textos o a clase y no están estrictamente bien contadas, respondiendo a intereses de los autores, ya sea para simplificarlas o para que responda a determinados intereses. Es evidente que tales procedimientos pueden introducir malas interpretaciones en cuanto a revelar el curso real de la ciencia y por eso los casos de cuasihistorias deben ser analizados con los estudiantes.

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- La teoría cinético molecular está asociada a los nombres de John Dalton (1776-1844), Amadeo Avogadro (1776-1856), Robert Brown (1773-1857), Edme Mariotte (1620-1684), Robert Boyle (1627-1691) y Perrin (1870-

1942). Investigue acerca de los postulados fundamentales de esta teoría y del vínculo con ellos de cada uno de los científicos nombrados.

### **Capítulo 3: Fenómenos Térmicos y Fundamentos de la Termodinámica**

Al trabajar los conceptos de temperatura y calor se debe explicar que, la dilatación y expansión térmica de sólidos, líquidos y gases se conocían ya en la época de la Grecia Clásica. Algunos curiosos aparatos basados en estos fenómenos fueron construidos por Filón de Bizancio (siglo III-II a.C.) y por Herón de Alejandría (siglo I a. C.). En el siglo XVI algunos de estos se volvieron a poner de moda. Aunque parece ser que fue Galileo el primero en construir un termómetro, o mejor dicho, un termoscopio (el aparato no establecía una medida cuantitativa, sólo ponía de manifiesto la presencia del calentamiento de un recipiente). Se ensayaron con variadas sustancias que variaban alguna magnitud al ser calentadas o enfriadas (sustancias termométricas), se tomaron diferentes temperaturas aparentemente fijas, como referencia (llama de una vela, temperatura de la nieve, del agua hirviendo, etc.) y se propusieron diferentes escalas arbitrarias de medición. Finalmente se acabó comprendiendo qué era lo que en realidad se medía. Fue Joseph Black (1728-1799), profesor de medicina y química en Glasgow y Edimburgo, el primero en señalar la diferencia entre las nociones de calor y temperatura. Esta confusión hoy día se mantiene como preconcepción en los estudiantes, luego se hace necesario dejar bien zanjado el asunto (Alamino y Piñón, 1996)

La termometría resultó una esfera experimental muy atendida y muchos investigadores se ocuparon de ella; se puede hacer referencia a que los termómetros de Fahrenheit, Delie, Lomonosov, Reaumur y Celcius definieron el tipo de termómetro con dos puntos constantes que se utilizan en las condiciones actuales. En 1703 el académico francés Amonton construyó el termómetro de gas en el cual la temperatura se determinaba con un tubo manométrico unido a un dispositivo de gas a un volumen constante. El soplador de vidrio de Fahrenheit fabricó primero termómetros de alcohol con puntos constantes y en 1714 comenzó a fabricar manómetros de mercurio, donde adoptó como punto de congelación del agua  $32^{\circ}$  y el punto de ebullición  $212^{\circ}$  y como cero adoptó el punto de congelación de una mezcla de agua, hielo y amoníaco. El francés Reaumur propuso un termómetro con un punto cero en la temperatura de congelación del agua y como cuerpo termométrico utilizó una solución de alcohol al 80%, llevándola hasta la ebullición y halló el segundo punto de apoyo igual a  $80^{\circ}$ . Durante dos años el astrónomo sueco Celcius comprobó el termómetro de Reaumur, tras realizar un grupo de experimentos investigó el punto de ebullición del agua y estableció que esta depende de la presión.

Transcurrió un tiempo muy largo en la historia de la ciencia para que los conceptos temperatura y calor fueran diferenciados entre sí, pero una vez hecha la distinción el resultado fue un rápido progreso. Se consideró que el calor era una materia real y debería tener un cierto peso. Así se pensaba en el siglo XVIII, a lo largo del cual se realizaron numerosos intentos para medir el peso del calor. En los resultados obtenidos hubo discrepancias, pero Rumford, finalmente, encontró con sus famosos y precisos experimentos que el calor no tiene ningún peso, y que, por tanto, debería ser un tipo de movimiento y no, una sustancia.

Al trabajar el equivalente mecánico del calor puede explicarse que el calor se considera como una forma de transferencia (intercambio) de energía, idea la cual fue sospechada por el médico alemán Mayer y confirmada experimentalmente por Joule. Constituye una coincidencia curiosa que gran



parte de los estudios sobre la naturaleza del calor la realizara no físicos profesionales.

Varios experimentos realizados mostraron que un calentamiento puede ser obtenido por la realización de un trabajo. Así como en la mecánica el trabajo realizado es igual a la variación de la energía del cuerpo (recordar Teorema de las fuerzas vivas), en la termodinámica es necesario considerar a la cantidad de calor como una medida de la variación de la energía del sistema. Joule demostró con el experimento la conjetura que considera al calor como una forma de energía y determinó el tipo de cambio o equivalencia, o sea el valor numérico del equivalente, que es lo mismo que cuánto calor se obtiene de una determinada cantidad de energía mecánica.

Para reafirmar lo anterior se debe describir el experimento realizado por Joule y plantear que Joule publicó un artículo titulado *The Mechanical Equivalent of Heat* que especificaba un valor numérico de la cantidad de trabajo mecánico para producir una unidad de calor (cal).

Los resultados fueron resumidos en muchos ensayos de la siguiente manera:

1. La cantidad de calor producida por fricción de los cuerpos, sólidos o líquidos, es siempre proporcional a la cantidad de fuerza (por fuerza entiendo Joule, energía) gastada.
2. La cantidad de calor capaz de elevar la temperatura de una libra de agua (pesada en el vacío, a una temperatura entre  $56^{\circ}\text{F}$  y  $60^{\circ}\text{F}$ ) en un grado del termómetro Fahrenheit requiere el gasto de una fuerza(energía) mecánica representada por la caída de 772,24 lb desde una altura de un pie.

En otras palabras, la energía potencial de 772,24 lb, al elevarse un pie sobre el suelo, es equivalente al calor necesario para elevar la temperatura de 1lb de agua de  $56^{\circ}\text{F}$  y  $60^{\circ}\text{F}$

Puede concluirse planteando que en la década del 1920 se estableció un valor estandarizado de 4,1860J/cal. El número aproximado 4.19J/cal es el equivalente mecánico del calor y es el factor que reduce las unidades térmicas a las mecánicas  $1\text{cal}\approx 4.19\text{J}$ .

Al trabajar la termodinámica se puede hacer referencia que, de acuerdo con el trabajo *Sobre la conservación de fuerzas* de Helmholtz se comprendió que en la teoría matemática de los procesos relacionados con calor y trabajo, Clausius introdujo una función a la que llamó "ergal", y que hoy se denomina energía interna. Dicha función tiene la propiedad de que en cualquier sistema cerrado, la suma algebraica del trabajo efectuado por él y derivado del calor, no depende del procedimiento en virtud del que se pasa del estado inicial al estado final sino que viene determinado por la diferencia de valores de la función en los estados inicial y final del sistema. Este hecho abre amplias posibilidades para la obtención de magnitudes que caracterizan las propiedades térmicas y mecánicas. De ahí comienza el método termodinámico para la investigación de las conexiones y de los procesos físicos.

Se debe puntualizar que la teoría mecánica del calor no podía construirse sin contar con más base que la del primer principio de la termodinámica, el cual no establece limitación alguna a la posibilidad de que el calor se transforme en trabajo y viceversa. Calor y trabajo según el primer principio son equivalentes entre sí, 1Kcal es equivalente a 427 J de trabajo. Esta conversión encuentra su inequívoca expresión en el bajo rendimiento de las máquinas térmicas, hecho que llamó la atención a Sadi Carnot (1796-1832) quien estudió las condiciones en que el calor se transforma en trabajo y demostró que una de las condiciones

necesarias de esta transformación es la diferencia de temperatura, de modo que la porción de calor convertido en trabajo, será tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de temperatura.

Puede explicarse que, las investigaciones de Carnot, no despertaron interés y fue Clapeyron (1799-1864) que elaboró la teoría del proceso circular reversible expuesta por Carnot, 25 años más tarde se fijaron en el principio de Carnot, Clausius en 1850 y W.Thomson en 1849-1851, quienes mostraron que dicho principio no es una consecuencia del primero, sino que constituye una ley independiente de la naturaleza, ley que fue denominada segundo principio de la teoría mecánica del calor o según la terminología moderna, segundo principio de la termodinámica. Con este principio se establece la dirección de los procesos que tienen lugar en un sistema cerrado.

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- La Teoría Cinético Molecular es un punto de vista microscópico para el estudio del comportamiento de los gases, pero la termodinámica también estudia las leyes de los gases. Compare ambos puntos de vista y el criterio de veracidad
- Hubo un experimento crucial realizado alrededor de 1840 que ayudo a comprender mejor los conceptos de calor y trabajo (movimiento). Describa el experimento, principal ejecutor y su significación.
- Para justificar el calentamiento de un cuerpo por otro al estar en contacto, se consideró que esto se producía al transmitirse una sustancia llamada calórico de unos cuerpos a otros. Argumente si aún se sigue considerando así el intercambio de energía en forma de calor.
- La primera ley de la termodinámica es una formulación de la ley de conservación de la energía, pero no tiene en cuenta la irreversibilidad. Explique en qué consiste esta limitación y cómo fue resuelta.
- Trabajaron en las bases de la termodinámica muchos científicos, entre ellos James Prescott Joule (1818-1889), Nicolás Léonard Sadi Carnot (1796-1832), Benjamín Thompson, Conde Rumford (1753-1814), Rudolf Clausius (1822-1888), y William Thomson primer barón Kelvin (1824-1907). Investigue los aportes fundamentales que estos científicos legaron a la termodinámica.

#### **Capítulo 4: Electroestática**

Al abordar la electrostática se debe explicar en línea general que, el pensamiento físico de época del siglo XIII era fenomenológico. Esa orientación venía impuesta por la necesidad; la física descubría hechos y más hechos cuya interpretación en imágenes mecánicas resultaba cada vez más difícil.

Se debe manifestar que el desarrollo vertiginoso del electromagnetismo como rama de la ciencia y de la técnica comenzó con el descubrimiento de la corriente eléctrica. Con esto se da uno de los casos de la historia de la ciencia en el que “la casualidad” parece haber desempeñado un papel preponderante. La historia de la convulsión observada por Galvani en las patas de una rana la cual se cuenta de muchas maneras, (lo que puede constituir una seudohistoria), condujo a Volta a fines del siglo XVIII a construir lo que se conoce como pila eléctrica.

Particularizando se debe realizar un análisis, planteando que exteriormente los cuerpos electrizados permanecían iguales a los no electrizados; sin embargo producían efectos asombrosos. La chispa eléctrica hacía pensar en cierta relación entre la electricidad y la “materia ígnea”. En sus primeras cartas Benjamín Franklin (1706-1790) hablaba del “fuego eléctrico” que puede

obtenerse de un cuerpo electrizado recurriendo a un punzón. A su juicio un individuo situado sobre un soporte aislante, si frota un tubo de cristal, le comunica parte de su fuego eléctrico por lo que queda electrizado negativamente y el tubo queda positivamente. Pero ya existía la idea según Rijman desde dos años antes de que la electricidad es una cualidad accidental de los cuerpos gracias a la cual estos atraen a otros cuerpos más ligeros, que están en equilibrio y después rechazan a esos cuerpos dotados de una débil cohesión, pero Rijman cree que la electricidad es una especie de movimiento de cierta materia sutil en las atmósferas de los cuerpos, pues todos los cambios corpóreos se efectúan por medio del movimiento y lo mismo ha de ocurrir en ese caso.

Esta apreciación de “atmósfera de los cuerpos”, como otras ingenuas introducidas en las etapas preliminares de determinadas teorías, se van refinando con el tiempo y en este caso es sustituida por el concepto de campo, que ya fue tratado en la introducción de estas orientaciones, pero que no debe dejarse pasar la oportunidad para reafirmar la materialidad del mismo, como una realidad objetiva independiente de nuestra conciencia, en oposición con lo que muchas veces es identificado por los estudiantes, su representación gráfica, que es lo que se aprecia en las figuras de los textos y queda en el cuaderno de los estudiantes.

Es prudente analizar con los estudiantes que Franklin con su teoría explicó la función del condensador y el efecto del punzón (efecto de las puntas), después de mostrar que el revestimiento del condensador se electriza con electricidad de distinto signo. El efecto del punzón le sugirió el pararrayos, que ilustró con un modelo sumamente ingenioso: un balancín giratorio con dos platillos de balanza, uno de los cuales representaba una nube cargada de electricidad, y el otro una nube neutra; al girar los platillos sobre un martillo clavado en el suelo (edificio) se observa que el electrizado era atraído por el martillo e incluso se producía una chispa. Esto no sucedía si al final del martillo se aplicaba una aguja. Mediante su famoso experimento con la cometa Franklin demostró que las nubes de tormenta están cargadas de electricidad. Franklin fue uno de los padres fundadores de los actuales Estados Unidos de Norteamérica y desde esos primeros momentos fundacionales, manifestó la apetencia por la Isla de Cuba.

Se puede plantear a los estudiantes que el experimento que reveló las graves dificultades con que se tropieza en la aplicación de las ideas mecánicas a la explicación de los fenómenos en general, lo realizó Oersted, el cual tiene gran importancia porque pone de manifiesto una relación entre fenómenos, en apariencia totalmente distintos, el magnetismo y la corriente eléctrica; la fuerza que se manifiesta entre el polo magnético y las porciones de alambre por el cual pasa corriente, no pueden estar sobre líneas que conecten el alambre y la aguja, o entre partículas que constituyen el llamado fluido eléctrico (otro de los imponderables, como se consideró al calor) y los dipolos magnéticos elementales. Por primera vez aparece una fuerza completamente distinta de aquellas a las cuales, de acuerdo al punto de vista de la mecánica, se trata de reducir las acciones del mundo exterior.

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- La fuerza se conceptualiza como medida de la interacción, un nuevo tipo de interacción entre los cuerpos aparece cuando estos están electrizados. La interacción eléctrica se realiza a través del campo eléctrico al igual que la gravitatoria a través del campo gravitatorio. Argumente acerca de la

materialidad del campo eléctrico y gravitatorio en contraposición con “la acción a distancia”.

- Para representar el campo electrostático alrededor de una partícula cargada se trazan las líneas de fuerza, como también las líneas de inducción para el campo magnético. Explique qué consideraciones se siguen para el trazado y argumente si son realidad objetiva o no.
- El conocimiento de los efectos de la electricidad y el magnetismo es antiquísimo. Los chinos nada sabían sobre campos magnéticos, polo norte o sur, pero inventaron la brújula alrededor de 200 a.C. que guiaba a los navegantes. Exponga qué tipo de conocimiento pudo llevar a ese avance tecnológico.
- Como el calórico, la electricidad fue considerada un fluido y si un fluido se almacena en un recipiente, el capacitor fue inventado para almacenar ese fluido, tal es así que el primer capacitor se denominó Botella de Leiden, por el lugar donde fue desarrollado. Explique si es posible con las ideas actuales seguir considerando a la electricidad como un fluido.

### **Capítulo: 5 y 6: Corriente eléctrica continua y corriente eléctrica en los diferentes medios.**

Franz Ulrich Theodor Epinus (1724-1802) colega de Lomonósov presentó en 1759 en la Academia de Ciencias de Petersburgo, un tratado denominado Experimentos sobre la teoría de la electricidad y el magnetismo, el cual constituye un paso importante en la historia de la electricidad y el magnetismo, Epinus desarrolla la teoría unitaria de Franklin y la extiende a los fenómenos magnéticos. Ve en estos dos fenómenos una profunda analogía y suponen que están relacionados entre sí. Las partículas, tanto del fluido eléctrico como el magnético actúan unas sobre otras con fuerzas de repulsión e incluso a importantes distancias. En 1759 apareció la teoría dualista de Symmer, teoría que al fin triunfó sobre la teoría unitaria de Franklin-Epinus y ha llegado aunque en otra forma hasta la actualidad. Partiendo de las representaciones dualistas, interpretó Coulomb las leyes encontradas por él, de la interacción de las cargas eléctricas y de los campos magnéticos, descubrimiento con el que se inicia un nuevo período en la teoría de los fenómenos eléctricos.

Un acontecimiento que merece mencionar a los estudiantes al trabajar corriente continua y corriente alterna es el de la llamada “guerra de las corrientes”. Durante la década de 1880 en Estados Unidos se produjo un reñido debate entre dos inventores acerca de cuál sería el mejor método para la distribución de la energía eléctrica. Thomas Edison estaba a favor de la corriente continua, es decir corriente estacionaria que no varía con el tiempo y George Westinghouse defendiendo las ideas de Tesla estaba a favor de la corriente alterna, con corrientes y voltajes que varían sinusoidalmente. Argumentaba que los transformadores pueden utilizarse para bajar o subir el voltaje con corriente alterna y no con corriente directa, los bajos voltajes son más seguros para uso doméstico, pero los altos voltajes y las correspondientes corrientes de baja intensidad son mejores para la transmisión de potencia a larga distancia para minimizar las pérdidas en los conductores. Esta guerra tuvo un matiz evidentemente empresarial más allá del científico, pero finalmente prevaleció el argumento de Tesla-Westinghouse, aunque muchos dispositivos que funcionan con baterías, nietas y tataranietas de la “pila” de Volta, como radios, teléfonos móviles utilicen la corriente continua.

Sugerencias de tareas docentes a realizar

- La invención de la pila por Alessandro Volta (1745-1827) significó un gran avance en los estudios de la electricidad, pero el magnetismo seguía por otro camino, hasta que en 1820 Hans Christian Oersted (1777-1851) realizó un trascendental experimento. Explique el experimento y la significación del mismo para la conformación de lo que se ha llamado electromagnetismo.
- Michael Faraday (1791-1867) en 1831 inventó un instrumento que “convertía movimiento en electricidad”, al dejar caer un imán a través de un alambre enrollado formando espiras. Argumente que significado para la física y para la tecnología ha tenido ese descubrimiento y el nombre por el cual se le conoce.
- André-Marie Ampere (1775-1836) físico francés, se le acredita el descubrimiento de la interacción entre conductores con corriente. Relacione este descubrimiento con el de la interacción de partículas cargadas y su significado para el establecimiento del concepto campo magnético

Al abordar las ondas electromagnéticas el profesor debe particularizar el aporte de Hertz, quien descubrió para los físicos un nuevo “objeto”, una nueva forma de existencia de la materia, el campo electromagnético. La dificultad radicaba en aprender a generar dicho campo, descubrirlo y dirigirlo. En el año de la muerte de Hertz (1894) sus experimentos fueron presentados por Lébedev (1866-1912) al IX Congreso de los naturalistas rusos. Después de haber construido un vibrador y un resonador en miniatura obtuvo ondas electromagnéticas cortas de 6 mm de longitud de onda. Con estas ondas Lébedev no solo repitió todos los experimentos de reflexión, refracción, difracción e interferencia, sino que además demostró que se producía la doble refracción de dichas ondas en el azufre cristalizado y presentó fenómenos de polarización. Estas ondas se aprovecharon en la telegrafía, se descubrió la antena (Tesla y Popov), se construyó el detector –cohesor de bastante sensibilidad (Branly, Lodge) y finalmente Popov construyó un receptor de señales de radio de utilidad práctica (registrador de descargas atmosféricas, en mayo de 1895) y en 1896 efectuó la primera transmisión y recepción de telegrama entre dos edificios. En el mismo año comenzaron los experimentos de telegrafía sin hilos, siendo Marconi el que logró dar a este invento aplicación práctica. Surgió la radiotécnica y la teoría de Maxwell resultó comprobada en la práctica, criterio valorativo de la verdad.

Cuestión importante puede resultar introducir con los estudiantes el tema de la paternidad de los descubrimientos científicos. El avance de la ciencia ha demostrado que en diferentes lugares del planeta existen científicos que trabajan en la investigación de problemas similares y si no hubiera llegado uno a la solución hubiera llegado el otro, por eso el Premio Nobel, muchas veces se comparte, pero en la historia de la ciencia no son pocas las distorsiones llevadas a cabo por los que monopolizan los medios de comunicación para desacreditar, con espurios intereses la ciencia y tecnología en países no occidentales o del Tercer Mundo, tal ha pasado con la ciencia rusa.

Un hecho de significación es el de la invención del teléfono, durante mucho tiempo Alexander Graham Bell fue considerado el inventor del teléfono, junto con Elisha Gray. Sin embargo, Bell no fue el inventor de ese aparato sino solamente el primero en patentarlo en 1876. En realidad hoy se reconoce que el inventor del teléfono fue Antonio Meucci y la primera comunicación telefónica se realizó en La Habana, Cuba en 1871. Meucci había tenido dificultades económicas para presentar adecuadamente la solicitud de patentes a la oficina residente en

Estados Unidos y en 2002, finalmente esta oficina, una vez comprobada históricamente la veracidad, dio el reconocimiento a Meucci.

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- George Simon Ohm (1789-1854) y Heinrich R. Hertz (1857-1894) fueron científicos cuyas labores se destacaron fundamentalmente en el electromagnetismo. Investiga cuáles fueron sus aportes y lo que han significado para el progreso de la humanidad.

### **Duodécimo grado**

#### **Capítulo 1: Ondas luminosas**

A principios del siglo XVIII se consideraba que la luz estaba compuesta de pequeñas partículas, Newton sustentaba esta idea y explicaba fenómenos como la reflexión, la refracción y las sombras de los cuerpos, dado el prestigio de Newton la teoría de Christian Huygens propuesta en 1678 en que consideraba la luz como un fenómeno ondulatorio había quedado opacada. En la historia de la concepción del campo, que resulta ser un eje transversal en toda la física, ocupa un lugar muy importante el desarrollo de la óptica ondulatoria. Es difícil, incluso imposible imaginarse la física moderna sin tales representaciones. La victoria definitiva de la teoría ondulatoria de la luz se debe al ilustre sabio inglés Thomas Young (1773-1827) y al genial Fresnel (1788-1827). Young establece las ideas de Euler y de Lomonósov sobre la luz como proceso en el éter. Es curioso que los argumentos en favor de la existencia del éter, los toma no de la óptica, sino de los fenómenos eléctricos y de modo semejante a Lomonósov, piensa en la influencia del campo eléctrico sobre el índice de refracción, pero Young plantea que no ha observado que el poder refringente del fluido sufra cambio alguno por efecto de la electricidad. Pero ni Euler, ni Lomonósov examinaron propiamente fenómenos ondulatorios, ni ante todo la interferencia.

El mérito de haber introducido el principio de la interferencia en óptica, pertenece a Young. Fue el primero en estimar la importancia del concepto de longitud de onda en óptica, determinó esta magnitud no solo para rayos visibles, sino, además para los rayos ultravioletas, descubiertos poco antes por Ritter. La audaz idea de Young que llevaba, según parecía, al resultado paradójico de poder apagar luz con luz, asombró a los contemporáneos de su época. Young no dudaba que existía una gran analogía entre el éter y el gas, la luz y el sonido. Malus en 1808 descubrió otro fenómeno ondulatorio, en este caso la polarización de la luz cuando es reflejada, siguieron los descubrimientos de la polarización cromática y de la rotación del plano de polarización, descubrimientos que crearon dificultades insuperables a la teoría de las ondas longitudinales. Se va conformando la idea de la luz como una onda electromagnética transversal

Otro aspecto a tener en cuenta en el desarrollo de esta temática es significar que en el 1815 A. J. Fresnel comienza a presentar a la Academia de Ciencias de Paris sus memorias sobre la óptica, base experimental y teoría de la óptica ondulatoria clásica. Para la explicación de la óptica geométrica y ondulatoria Fresnel utiliza el principio de Huygens, sin embargo introduce un complemento esencial, en la formulación primera admite la interferencia de los haces enviados por zonas separadas del frente ondulatorio.

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- Thomas Young (1773-1829) en un famoso experimento al superponer la luz de dos fuentes luminosas obtuvo un hecho insólito: "luz más luz producía oscuridad" en algunos puntos de una pantalla, lo que no pasa con dos fuentes cualesquiera de luz. Describe el experimento y precise las

condiciones en que se realizó, que permiten que el resultado inesperado permanezca con carácter estable.

- La teoría expuesta por Thomas Young (1773-1829) para fundamentar los resultados de su experimento marcó el triunfo de la teoría ondulatoria. Exponga los aspectos fundamentales de la teoría ondulatoria sobre la luz y diga a qué teoría superaba.
- Francesco María Grimaldi (1618-1663) mediante la observación de experimentos realizados por él llegó a la conclusión que los rayos luminosos cambian de dirección al rozar los objetos opacos descubriendo así un nuevo fenómeno luminoso, que después encontraría explicación. Analice qué fenómeno luminoso fue el observado por Grimaldi, qué teoría le dio explicación y qué científicos sustentaron esa teoría.
- Cuando se dice que el cielo es azul, parece que se hace referencia al cielo como un ente material. Analice según los conocimientos de óptica este planteamiento.
- El fenómeno de la polarización de la luz se asocia a Étienne Louis Malus (1775–1812) quien lo descubrió en 1808. Investigue cómo logró el descubrimiento y por qué este paso en la ciencia consolidó a las ondas luminosas como ondas transversales de lo cual no había certeza hasta ese momento.

## **Capítulo 2: Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad**

Un tema de especial significación dentro de la Física en el duodécimo grado, es el de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) y a pesar de las aparentes contradicciones que pueden originarse en la mente de los estudiantes se hace necesario plantear que, la aparición de la TER ocurre en determinada época, pues su contenido refleja leyes objetivas. Históricamente la TER no pudo surgir antes de que se creara la electrodinámica de los medios móviles, antes de que se hiciera y se repitieran muchas veces los experimentos de Michelson (1881), así pues las causas históricas que dan origen a la TER, son causas que condicionan el desenvolvimiento de la electrodinámica en la última década del siglo antes pasado. Por lo que respecta al paso de la electrodinámica de Lorentz a la TER, eso no requiere la búsqueda de causas propiamente históricas; se explica por el “libre alcance” de la teoría y del experimento impulsado por el desarrollo de la producción en general. La TER fue la coronación de los trabajos de una generación entera de físicos que cultivaron la electrodinámica clásica de los cuerpos móviles, atendiendo a la contradicción que se presentaba entre la mecánica newtoniana y electromagnetismo y que halló una síntesis en el tercer trabajo de 1905 de Einstein “Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento”, mientras el camino hacia la Teoría General de la Relatividad fue obra personal de Einstein. Las leyes de la mecánica permanecían invariantes para cualquier sistema de referencia inercial y Galileo tenía razón, para velocidades mucho menores que la de la luz, Einstein dado el contexto en que le tocó vivir en uno de sus dos postulados extendió lo planteado por Galileo a todas las leyes de la física.

### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- Investigue acerca de los métodos que se han empleado para determinar la velocidad de la luz y los resultados que se han obtenido.
- La Teoría Especial de la Relatividad de Albert Einstein (1879-1955) se basa en dos postulados. Investigue el significado de la palabra postulado, que

también aparece en otros apartados de la física y compárela con axioma, principio e hipótesis.

- Fundamente por qué a la teoría que se estudia en esta unidad se le califica de especial.
- Si las leyes de la física adoptan la misma forma para todos los sistemas inerciales y la velocidad de la luz no cambia, explique por qué hay quienes que refiriéndose a la teoría de Einstein dicen que todo es relativo.
- Argumente que a partir de exposición de la TER en 1905 las concepciones sobre el espacio, el tiempo y la simultaneidad que tenía la comunidad científica, cambiaron.
- Hay personas que hoy día dudan de la certeza de la TER, investigue acerca de ejemplos en los que la práctica como criterio valorativo de veracidad desmiente a esos incrédulos.
- Al aparecer la más famosa de las ecuaciones  $E=mc^2$  los energetistas se apresuraron a plantear que la materia desaparecería pues acorde a esta relación la masa se transformaba en energía. Exponga el significado de esta ecuación y fundamente por qué materia no es idéntica a masa.

### **Capítulo 3: Introducción a la Teoría Cuántica de la Luz**

Durante el desarrollo de la teoría cuántica de la luz hay aspectos importantes los cuales no deben dejarse de tratar, en primer lugar es J.J. Thomson quién introduce representaciones atomísticas en la electrodinámica. Thomson indica que existe una unidad natural de electricidad determinada por los fenómenos de electrólisis y fue precisamente quien logró demostrar la existencia de tal unidad “en su aspecto puro” desligada del átomo. El descubrimiento de Thomson fue el de la primera partícula elemental: el electrón.

En el camino de la cuantización, Boltzmann mostró que la “radiación negra” isótropa en equilibrio, de modo análogo al gas, ejerce en todos los sentidos una presión igual a un tercio de la densidad volumétrica de la energía de radiación. Aplicó audazmente las leyes de la termodinámica a la radiación, e infirió la ley teórica, encontrada antes por Stefan a base de datos experimentales de que la energía media es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo radiante. En 1893 B.B. Golitsin propuso aplicar el concepto de temperatura a la propia radiación, varios físicos entre ellos Stoliétov se mostraron desconformes con las ideas de Golitsin. Stoliétov hizo ver que la temperatura es una característica de los movimientos caóticos, desordenados, también según él, la irregularidad del movimiento caótico, asociado al concepto de temperatura, es incompatible con la regularidad de las ecuaciones de Maxwell, características del proceso ondulatorio del éter.

Hacia el 1901 se había consolidado la idea de aplicar el concepto de temperatura a la radiación. Mijelson fue el primero en llegar a la solución del problema fundamental de la teoría de la radiación, el descubrimiento del tipo de función universal de la longitud de onda y de la temperatura que, según la ley de Kirchhoff caracteriza la distribución de energía en el espectro del cuerpo negro radiante a una temperatura dada  $\lambda_{\max}^2 T = \text{constante}$ . Seis años después que Mijelson, Wien encontró otra correlación  $\lambda_{\max} T = \text{constante}$ , confirmada por datos experimentales. Esta fórmula coincidía muy bien con las observaciones en el sector de las ondas cortas, pero resultó inconsistente para la radiación de ondas largas.

Más tarde Rayleigh partiendo del teorema relativo a la distribución uniforme de la energía por grados de libertad, encontró la ley que coincide con los datos de la



experiencia en la esfera de las ondas largas, pero del todo inconsistente en la esfera de las ondas cortas, lo que lleva a la conclusión paradójica sobre el incremento ilimitado de la energía irradiada con la disminución de la longitud de onda (catástrofe del ultravioleta). Planck intentó resolver este problema en un plano general, sus pruebas tuvieron éxitos, no obstante la interpretación física de la fórmula por él obtenida, exigía que la energía de los osciladores constara de porciones de energía discretas indivisibles: de “cuantos” proporcionales a la frecuencia de la energía irradiada.

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- Para el estudio de la radiación térmica se emplea el modelo de cuerpo negro. Investigue cómo es que un fenómeno puede estudiarse mediante un modelo, relacione las características del modelo de cuerpo negro y su adecuación a situaciones de la realidad.

Más específicamente en el efecto fotoeléctrico (otro caso víctima de la cuasihistoria o también seudohistoria en los libros de texto)<sup>5</sup> se debe significar que Einstein venía desde 1902 trabajando en la aplicación de la mecánica estadística al estudio de los gases, obteniendo resultados concordantes con la Termodinámica, al hacer extensivo el método estadístico al estudio de la radiación del cuerpo negro, es que llega a la conclusión de la posibilidad de que en un campo electromagnético la energía se concentre en un pequeño volumen. Einstein analizando las propiedades del campo electromagnético de radiación de frecuencia  $f$ , encerrado en un volumen  $V$  con paredes completamente negras demostró, que es posible un estado tal del campo electromagnético en que toda su energía  $\epsilon$ , se concentre en un pequeño volumen  $V$ .

Puede sintetizarse en alguna clase de la unidad las siguientes ideas: el descubrimiento del electrón, de la radiactividad, del cuanto, no agota, ni con mucho, lo que preparó la transformación revolucionaria de la física, en el tránsito del siglo XIX al XX. En la propia física clásica, surgían también nuevas ideas, concretamente en la esfera de la electrodinámica de los cuerpos móviles. Los intentos de conjugar los hechos de la electrodinámica y de la óptica de los cuerpos móviles con las representaciones clásicas acerca del espacio, del tiempo y del éter, fracasaron.

Una teoría libre de contradicciones, pudo crearse a cambio de renunciar a dichas representaciones. A pesar de que la historia del desarrollo de esta parte de la física corresponde al siglo XIX, solo en el siglo XX se aclaró la situación creada. No es solo la aparición de nuevas ideas lo que caracteriza el paso de la física clásica a la moderna. En el desenvolvimiento de la física registrado en el siglo XIX, se produjo una transformación gradual de todo el espíritu de esta ciencia. El fracaso de explicar mecánicamente la naturaleza, se interpretaba como crisis de la física y como fracaso de la interpretación materialista de la física en general, lo que condujo a pensar en la “desaparición de la materia”. En realidad, como explicó Lenin ello significaba que se penetraba más hondamente en la naturaleza de la materia, que se sustituía, la concepción mecanicista del mundo por la concepción electromagnética, concepción que a la larga también resultó insuficiente, incompleta y aproximada. Las teorías físicas van haciéndose cada

---

<sup>5</sup> Alamino, D. y Aguilar, Y. Einstein y el efecto fotoeléctrico: un caso de pseudo-historia en los textos de Física

vez más profundas, más complejas y a pesar de todo no son universales, ni absolutas.

Puede referirse además a que durante los primeros veinticinco años del siglo XX, el desarrollo de la física cuántica se divide claramente en dos períodos de duración casi igual. El primero se inicia en el 1900 con los trabajos de Planck y llega hasta 1913, con los de Bohr, el segundo se extiende desde 1913 hasta 1925, año en que se elabora la mecánica cuántica. La separación de los dos períodos viene dada por la creación de la teoría cuántica del átomo, debida a Bohr.

En segundo lugar debe destacarse que, el progreso registrado por la física durante ese tiempo, como en cualquier otro período es fruto del esfuerzo conjunto de los hombres de ciencia de todos los países, más el papel fundamental de Planck, Einstein, Rutherford y Bohr. Tres son los problemas que llevan a la teoría cuántica del átomo de Bohr con la que culmina la primera mitad de los veinticinco años y se inicia la segunda mitad: El de la distribución de la energía en el espectro de las radiaciones emitidas por el cuerpo negro absoluto; el de la constitución del átomo, formado por partículas eléctricas de carga positiva y negativa; el de las leyes que rigen los espectros de rayas y de bandas.

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- Investigue lo que se ha llamado “crisis de la física” y cómo fue resuelta esta situación crítica a partir del surgimiento de nuevas teorías.
- Un científico de relevante actuación durante la llamada “crisis de la física” fue Max Planck (1858-1947) a tal punto que su nombre se adjudica a una constante universal, indague acerca de sus trabajos durante esta época y principales aportes

#### **Capítulo 4: Física del átomo**

Debe plantear que el concepto de átomo (tomo, partes y a-tomo es sin partes), viene de los griegos, se menciona a Demócrito y Leucipo (400 años a.C.), al considerar, con una idea ingenua, que todo está constituido por elementos simples, indivisibles, como los ladrillos que componen una pared; esto aportó una aventajada idea acerca de la materialidad del mundo. Después J.J.Thomson (1904) propuso un modelo y explicó un conjunto de fenómenos que ocurrían en el átomo, que fue superado por el de Rutherford (1911), pero este modelo también tenía inconsistencias y Bohr (1916) complementa el modelo anterior para justificar la estabilidad del átomo, lo cual es muestra de que las teorías físicas no son inmutables y absolutas, aunque en su núcleo quedan verdades que no son negadas por el desarrollo.

El modelo de Rutherford supuso la existencia de un núcleo, pero como hasta ese momento, solo se conocía el electrón descubierto por J.J. Thomson en 1897, estas partículas giraban en torno a un núcleo de carga positiva que mantenía la neutralidad del átomo. El protón se descubre por Rutherford en 1919 y ya se puede hablar de un constituyente del núcleo, los protones, pues no es hasta 1932 en que James Chadwick, descubre el neutrón. Para este entonces parecía que ya todo estaba hallado, pero es precisamente a partir de los años 30 en que se produce una avalancha en el descubrimiento de nuevas partículas que no ha

cesado, una de las más recientes ha sido el bosón de Higgs<sup>6</sup>. “El electrón es tan inagotable como el átomo” afirmaría Lenin<sup>7</sup>

#### Sugerencias de tareas docentes a realizar

- El surgimiento de la teoría cuántica permitió la explicación de varios fenómenos, entre ellos el efecto fotoeléctrico. Investigue como la hipótesis de Planck le permitió a Einstein la formulación de una ecuación que sintetiza todo lo relacionado con este fenómeno físico.
- La denominación que hoy se le da al fotón tuvo un largo camino, los cuanta no se consideraron partículas hasta 1916 y se tardó 10 años en dársele el nombre de fotones. Valore usted por qué ocurren estas cosas en la ciencia.
- El surgimiento de una teoría muchas veces se describe como una necesidad de explicar resultados experimentales. De lo que usted ha estudiado en la física valore si esta precedencia: resultados experimentales sin explicación y teoría es siempre así.
- Hay fenómenos relacionados con la luz como la interferencia que pueden ser explicados mediante la teoría ondulatoria y como el efecto fotoeléctrico que lo explica la teoría cuántica. Valore si estas son limitaciones de las teorías mencionadas o si está relacionada con el comportamiento de la luz ante determinados fenómenos.
- Realice un estudio de la evolución de los modelos atómicos hasta llegar al modelo atómico de Niels Bohr (1885-1962) y establezca una comparación en cuanto al carácter relativo de la verdad presente en cada uno.
- Los espectroscopistas estudiando el espectro de diferentes sustancias se dieron cuenta que estos eran característicos de cada una, lo que permitió saber la composición de objetos luminiscentes como el Sol y las estrellas. Las fórmulas empíricas de los espectroscopistas en casos simples como el del hidrógeno pudieron ser deducidas a partir del modelo atómico de Bohr encontrándose coincidencia de la teoría con la práctica. Argumente si el modelo de Bohr puede dar respuesta a los espectros de otros elementos químicos.
- Parece algo insólito que una partícula tenga longitud de onda como ha planteado Louis D’Broglie (1892-1987), lo que no se aprecia en la realidad. Investigue acerca de la dualidad onda partícula y cómo esta puede sustentarse.

#### **Capítulo 5: Elementos de la Física Nuclear**

El camino de la física nuclear puede decirse que se inicia con el descubrimiento de la radiactividad por Henri Becquerel en 1896 y de dos elementos radiactivos en 1898 por Marie y Pierre Curie: el polonio y el radio.

Rutherford, uno de los experimentadores más grande de la física en el siglo XX, en su laboratorio junto a otros colegas, investigaba acerca de los elementos radiactivos. En 1911 publica el artículo “La dispersión de las radiaciones alfa y beta en la sustancia y en la estructura del átomo”, que trataba sobre el conocido experimento de dispersión que aparece en los textos de física y que condujo al descubrimiento de la existencia de un núcleo en el átomo. De este modo comienza la investigación del nuevo ente, que se revela con carga positiva y

---

<sup>6</sup> Alamino, D de J. El escurridizo bosón de Higgs. Palabra Nueva, Arquidiócesis de La Habana marzo 2014, Año 22 No. 237, pp. 60-61, [www.palabranueva.net](http://www.palabranueva.net)

<sup>7</sup> Kolman, E. Lenin la Física Contemporánea, Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, Uruguay 1962)

prácticamente con toda la masa del átomo y para el cual comienzan a darse diferentes modelaciones: Modelo de las capas y modelo de la gota líquida entre los más célebres

Otro período importante del desarrollo de la física nuclear comienza con el descubrimiento por Irene y Federico Joliot Curie de la radiactividad artificial, que se producía al bombardear con partículas alfa núcleos ligeros de berilio, boro, aluminio, informado ante la Academia de Ciencias de París en 1934.

A esto siguió el trabajo en las reacciones nucleares, fundamentalmente con el protagonismo de Enrico Fermi, con el propósito de la obtención de la energía atómica o nuclear, lo cual evidentemente está relacionado con el estudio de la reacción en cadena. En 1942 Fermi construye el primer reactor en Chicago, con propósitos de la utilización pacífica de la energía nuclear; la historia posterior ha torcido el camino y lamentablemente algunos científicos entre ellos Fermi apoyó el empleo del arma nuclear contra Japón.

#### Sugerencias de tareas a realizar

- La teoría cuántica ha posibilitado la construcción de Láseres, este es un tipo de emisor de radiación que posee múltiples aplicaciones, pero que a veces se ha presentado como un arma mortífera. Valore las posibilidades de aplicación para elevar la calidad de la vida en la sociedad y no su destrucción.
- La estructura del núcleo atómico ha evolucionado en el tiempo. Describa como ha sido esta evolución en cuanto a componentes, fuerzas intranucleares y modelos que lo representan, sin obviar referirse a teoría de los quarks, de Murray Gell-Mann (1929) y George Zweig (1937)
- Por el descubrimiento de la radiactividad natural fueron condecorados con el Premio Nobel de Física tres científicos, entre ellos una heroína de la ciencia. Investigue acerca de la historia de este acontecimiento y en particular de la vida y obra de María Sklodowska-Curie (1867-1934)
- Establezca una comparación entre los beneficios y amenazas que representa la energética nuclear.
- En Cuba se desarrollan investigaciones relacionadas con la física nuclear. Investigue en qué centros y qué proyectos se llevan a cabo, valore lo que puede representar para el país estas investigaciones.
- María Goeppert-Mayer (1906-1972) obtuvo el Premio Nobel de Física en 1963, por el desarrollo de investigaciones en física nuclear. Investigue su vida y obra y el aporte fundamental a la ciencia.
- En 1935 Federico Joliot e Irene Joliot-Curie, obtuvieron el Premio Nobel de Química por la síntesis de elementos radiactivos. Investigue acerca de la obra científica y humanitaria de estos investigadores.
- El descubrimiento de las partículas fundamentales ha recorrido un largo camino desde el descubrimiento del electrón hasta el bosón de Higgs (Peter Higgs 1929); establezca una cronología del descubrimiento de las partículas analizando cómo el desarrollo de tecnología ha permitido la detección de las partículas desde la cámara de Wilson a la actualidad.
- Establezca una comparación entre la obra que realizó Dmitri Mendeleiev (1834-1907) con la tabla periódica de los elementos y cómo se realiza la clasificación de las partículas fundamentales en la actualidad.

## Anexo 10. Presentación de la Clase metodológica instructiva

### CUM Jagüey Grande

Clase metodológica instructiva sobre la integración de la historia y epistemología en la enseñanza de la Física

MSc. Yenile Aguilar Rodríguez

### Educación Preuniversitaria

Asignatura: **Física**

Décimo grado

### Problema conceptual metodológico

Cómo contribuir a la preparación de los profesores de física del municipio de Jagüey Grande para integrar la historia y epistemología en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física?

## ¿Por qué se selecciona la temática?



## Importancia para la elevación de la efectividad del trabajo metodológico

Se aportarán conocimientos sobre historia y epistemología de la ciencia y orientaciones metodológicas a los profesores para que contribuyan a desarrollar el método científico en sus estudiantes y así lograr una formación científica y tecnológica en los estudiantes

## Objetivo metodológico

Instruir a los profesores de Física del municipio de Jagüey Grande cómo proceder para la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física a través del tema: La gravitación y las leyes de Newton

## Objetivos específicos

Instruir a los profesores cómo proceder para:

- Integrar los contenidos de la Gravitación y las Leyes de Newton para una mejora en la comprensión de la física por parte de los estudiantes

Tema: La Gravitación y las Leyes de Newton

SUMARIO

Propuesta metodológica para integrar la historia y la epistemología de la física en la Gravitación y las Leyes de Newton

> Recomendaciones generales

## Sistema de conocimientos

- > Del geocentrismo al heliocentrismo.
- > Las Leyes de Kepler.
- > Leyes de la Mecánica.
- > Ley de Gravitación.
- > Masa inercial y gravitatoria.
- > Leyes de conservación.
- > El principio de mínima acción y otra forma de ver la Mecánica

## Objetivos del tema

- Hacer un análisis histórico y epistemológico para la enseñanza de las leyes de Newton y la Gravitación Universal

¿Cómo deben proceder los profesores para integrar la historia y la epistemología en la enseñanza de las leyes de Newton y la Gravitación Universal?

### Encuentro No1

#### TEMA 1. La gravitación y las leyes de Newton

Del geocentrismo al heliocentrismo. Las Leyes de Kepler. Leyes de la Mecánica. Ley de Gravitación. Masa inercial y gravitatoria. Leyes de conservación. El principio de mínima acción y otra forma de ver la Mecánica.

La "lucha" por llegar a la verdad

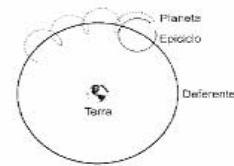


Pitágoras, hace 25 siglos admitía la redondez de la Tierra (por la sombra proyectada en la Luna, durante los eclipses) y sostenía que esta giraba en torno a un fuego central o Hestia (Diosa del fuego que da calor a los hogares, según la mitología griega, no era el Sol). La distancia entre los planetas, tan armoniosa como la de las cuerdas en una lira.

Aristarco de Samos (310-230), para él **el Sol estaba en el centro del Universo y la Tierra giraba a su alrededor**. Postuló que la distancia entre la Tierra y el Sol, era mucho menor que a las estrellas, para justificar el carácter fijo de estas. También planteó que la Tierra tiene dos movimientos: uno de rotación alrededor de su eje y otro de traslación alrededor del Sol ??? ¡ **Muy adelantado!** , pero...

Se acepta el modelo de Apolonio de Perge (261-196), en el cual los planetas estaban fijos a un círculo menor o epiciclo, **cuyo centro se desplazaba alrededor de la Tierra** en un círculo mayor o deferente.

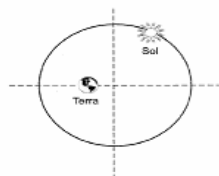
Epiciclo e deferente de Apolonio



A Terra permanece no centro do Universo, e os planetas realizam um movimento composto: um giro ao redor de um ponto imaginário que gira ao redor da Terra. O círculo desenhado pelo planeta é o epiciclo; o círculo desenhado pelo centro do epiciclo é o deferente.

Hiparco de Nicea (190-120), sustituyó el sistema de deferentes y epiciclos, por otro en el cual el Sol describía **un círculo alrededor de la Tierra**, que no estaba en el centro del círculo. Usó este concepto de excentricidad para explicar la velocidad variable del Sol. Para los otros cinco planetas siguió usando el sistema de epiciclos y deferentes.

O modelo de Hiparco



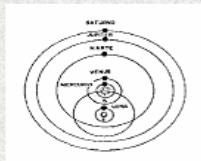
O Sol gira ao redor da Terra, mas ela não está mais no centro do Universo. O ponto ocupado por ela é o equante.

Modelo geocéntrico según la Biblia de Martín Lutero



En el siglo XV **Nicolás Copérnico** (1473-1543), puso en crisis el sistema de Ptolomeo, con su propuesta heliocéntrica: *De las revoluciones de las esferas celestes* (Publicado en 1543, el mismo año de su muerte)

**Tycho Brahe** (1546-1601), no estaba de acuerdo con el sistema de heliocéntrico y propuso un sistema, que aunque geocéntrico difería del de Ptolomeo y tenía elementos del de Copérnico: los planetas giraban alrededor del Sol, pero este junto con la Luna se movía alrededor de la Tierra.



Brahe hizo cuidadosas observaciones durante ¡20 años!, a simple vista, pues no existía el telescopio. Construyó instrumentos, que permitían medir la posición de los astros con precisión. Haciendo las mejores tablas y mapas de la época. Estas observaciones le hacían cada vez más difícil sostener que la Tierra estaba inmóvil en el centro del Universo y la existencia de esferas cristalinas. Tuvo relaciones de trabajo cercanas con Kepler, como su asistente en matemáticas.

Esto le sirvió a Kepler (1571-1630), para formular sus leyes; no sin tener contradicciones con Brahe; Kepler creía en el modelo copernicano y además tenía un profundo respeto por los asuntos divinos, armonizando sus conocimientos dispares con la siguiente justificación: Dios es un geómetra, su sistema del mundo posee tres partes inmóviles; Sol, la esfera de las estrellas y el espacio entre ellas, lo que relacionaba con la Santísima Trinidad.

Entró en incertidumbres al explicar las partes móviles: planetas

Existían seis planetas; Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno y no cinco o siete ( se veían a simple vista siete astros).

Desde la época de Euclides existían cinco sólidos perfectos: Tetraedro, hexaedro (cubo), octaedro, dodecaedro e icosaedro

En 1609, usando los datos de Brahe, formuló dos leyes del movimiento planetario, publicadas en *Nova astronomia*. La tercera saldría en 1919 en *Acerca de las armonías celestes*

1- **Todos los planetas describen elipses alrededor del Sol en las cuales este ocupa uno de los focos**



2- El radio vector o línea imaginaria que une al planeta con el Sol, barre áreas iguales en tiempos iguales; es decir cuando el planeta está más cerca del Sol (perihelio) se mueve a velocidad mayor que cuando está en el otro extremo de la órbita (afelio)



3- La relación entre el cuadrado del período de revolución de los planetas y el cubo de su distancia media al Sol es una constante. Otra: Los cuadrados de los períodos de revolución de los planetas son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol. Conocida como "Ley Harmónica", hoy se sabe que no es válida estrictamente, variando de un planeta a otro

$$T^2 \propto d^3; \quad \frac{T^2}{d^3} = cte; \quad \frac{T_1^2}{d_1^3} \cong \frac{T_2^2}{d_2^3}$$

Galileo Galilei (1564-1642) contemporáneo y amigo de Kepler, que con el recién inventado telescopio (No por él)\* dio la razón al sistema copernicano. ¡CHOQUE CON LA IGLESIA!



Un año después de inventado el telescopio (1609), descubrió las lunas de Júpiter, cráteres en la Luna, las fases de Venus, como las que se observaban en la Luna, las manchas solares. En 1613 publicó *Historia y demostración sobre las manchas solares* ¡Ya el mundo no era tan perfecto!

Además de ocuparse de los cielos: Estudió la caída de los cuerpos, el movimiento del péndulo y de los proyectiles.

\* Hans Lipperhey, holandés, solicitó patente en 1608

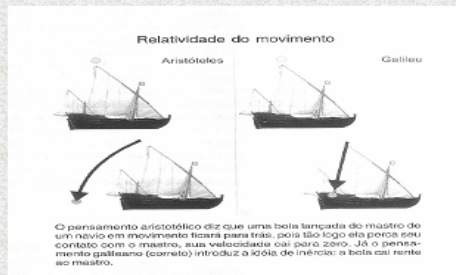
### Leyes sobre la caída de los cuerpos de Galileo:

(1638 *Discursos y demostraciones en torno de dos nuevas ciencias relativas a la mecánica y a los movimientos locales*)

1- Las velocidades de los cuerpos en caída libre son proporcionales a los tiempos empleados en la caída.

2- Los espacios recorrido por los cuerpos en caída libre son proporcionales a los cuadrados de los tiempos empleados para describir esos

Galileo usó el principio de relatividad del movimiento, para mostrar que era imposible determinar por medio de una experiencia mecánica cualquiera si un navío estaba en reposo o en movimiento con velocidad constante



Josué 10:13

12 Entonces Josué habló a Jehová el día en que Jehová entregó al amorreo delante de los hijos de Israel, y dijo en presencia de los israelitas:  
Sol, detente en Gabaón;  
Y tú, luna, en el valle de Ajalón.  
13 Y el sol se detuvo y la luna se paró, hasta que la gente se hubo vengado de sus enemigos.  
¿No está escrito esto en el libro de Jaser?  
Y el sol se paró en medio del cielo, y no se

La obra empezada por Copérnico, Kepler y Galileo fue concluida por Newton quién nació en 1642 el mismo año en que murió Galileo y vivió hasta 1727

Newton conoció por carta de Robert Hook (1635-1703, un genio experimental) y/o por su amigo Halley, que Hook podía explicar el movimiento planetario basándose en una ley de atracción inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Newton comunicó a Halley que ya él había trabajado con esa idea y había demostrado que la trayectoria en este caso de un cuerpo sería una elipse. Con el estímulo de Halley y con la animadversión que sentía por Hook, Newton se volcó a este tema y así surgieron los Principia, que revolucionaron la ciencia moderna.

Estimó la densidad de la Tierra, entre 5 y 6 veces la del agua (5.5 actualmente)  
Calculó la masa del Sol y los planetas  
Explicó la forma achatada de la Tierra  
Demostró que para un esferoide como la Tierra, la fuerza de atracción del Sol no actúa como si la masa estuviera concentrada en el centro, estando sometido su eje a un movimiento cónico, conocido como **precesión**

¡Para todo esto Newton necesitó del cálculo infinitesimal y de la geometría!

Newton demostró que tres observaciones eran suficientes para determinar la posición de un punto en la esfera celeste durante un largo tiempo. La prueba de esto la dio Halley con el cometa. Otras pruebas Leverrier's XIX y Percival Lowell en el s XX, al predecir la existencia de los planetas Neptuno y Plutón

**FIN DEL MUNDO ARISTOTÉLICO**

## Conclusiones de la clase

Generalización de aspectos fundamentales



## **Anexo 11. Documento dirigido a los expertos**

Estimado (a) colega:

Soy Yenile Aguilar Rodríguez, Máster en Didáctica de la Física, Profesora Auxiliar, poseo 25 años de experiencia docente, profesora del Centro Universitario Municipal “Enrique Rodríguez- Loeches Fernández”, Universidad de Matanzas.

Me encuentro en mi etapa final de la investigación científica de los estudios del Doctorado en Ciencias Pedagógicas y mis tutores científicos son el Dr. C. Diego de Jesús Alamino Ortega y el Dr. C. Luis Ernesto Martínez González, de la Universidad de Matanzas. Por esta razón, y conociendo que dispone de una alta preparación científica, he recurrido a usted solicitándole su disposición a ejercer como posible experto para valorar el resultado científico de mi trabajo, el cual es una metodología para integrar la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

Le ruego hacerme conocer, vía correo electrónico, que usted recibió este mensaje. También le pido informarme si usted puede o no atender mi solicitud. Por esta razón le anexo, según los procedimientos del Método Delphi, el instrumento para su autoevaluación como experto, el cual debo recibir para procesar la información y conformar la relación final de los expertos.

El instrumento para su autoevaluación está construido de modo tal que usted puede escribir en él sin que se modifique el formato Word, así, ya respondido usted podrá reenviarlo a una o a varias de las siguientes direcciones:

Yenile Aguilar Rodríguez: [yenile.aguilar@umcc.cu](mailto:yenile.aguilar@umcc.cu)

Diego de Jesús Alamino Ortega: [diego.alamio@umcc.cu](mailto:diego.alamio@umcc.cu)

Luis Ernesto Martínez González: [luisernesto.martinez@umcc.cu](mailto:luisernesto.martinez@umcc.cu)

Sabré agradecer a usted el gesto de solidaridad.

Con saludos afectuosos.

MSc. Yenile Aguilar Rodríguez

## Anexo 12. Guía de autoevaluación de los expertos sobre la metodología

Objetivo: Determinar el coeficiente de competencia de los expertos.

Datos generales:

Nombre(s) y apellidos:						
Marcar con una X	Asistente	Profesor (a) Auxiliar	Profesor (a) Titular	Especialista	Máster	Doctor (a)
Años de experiencia en la formación de profesionales			Si	No		
Centro de trabajo						

Estimado(a) colega, este es el cuestionario para su autoevaluación como posible experto sobre el tema que trabajo en el Doctorado en Ciencias Pedagógicas. Mediante este instrumento se determinarán su “coeficiente de conocimiento” (Kc) o de información sobre el problema y el “coeficiente de argumentación” (Ka) según sus oportunos criterios.

Le anticipo mi agradecimiento por su colaboración.

1. Si tuviera que decidir sobre una escala creciente de 0 a 10 el conocimiento que usted posee sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria, Programas de la asignatura, así como, sobre la formación de profesores de Física, planes de estudio, u otras estructuras curriculares ¿dónde usted se ubicaría?

Desconocimiento

Conocimiento

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. En la siguiente tabla marque en qué grado cada una de las fuentes indicadas ha influido en su conocimiento sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria, Programas de la asignatura, así como, sobre la formación de profesores de Física, planes de estudio, y otras estructuras curriculares.

Fuentes que han influido en	Grado de influencia de cada una de las fuentes
-----------------------------	--

sus conocimientos sobre estos aspectos	Alto	Medio	Bajo
Sus análisis teóricos sobre este tema			
Sus experiencias en el trabajo profesional			
Consultas de trabajos de autores nacionales			
Consultas de trabajos de autores extranjeros			
Sus conocimientos/experiencias sobre el tema en Cuba y en el extranjero			
Su intuición basada en sus conocimientos y experiencias profesionales.			

Le agradezco su colaboración.

Atentamente,

MSc. Yenile Aguilar Rodríguez

### **Anexo 13. Guía para la valoración de la propuesta por criterio de expertos**

Objetivo: Valorar los criterios de validez emitidos por los expertos sobre la concepción estructural y funcional de la metodología propuesta.

Estimado (a) profesor (a): Teniendo en cuenta su experiencia profesional, y sus características personales, se necesita que colabore en una investigación que se realiza sobre la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la Educación Preuniversitaria.

Años de experiencia profesional: \_\_\_\_\_ Categoría docente: \_\_\_\_\_

Categoría científica: \_\_\_\_\_ Labor que desempeña: \_\_\_\_\_

Se le agradece la aceptación e información remitida. Colaborará con otros colegas y en función de iniciar su participación, nos atañe, la valoración personal acerca de lo que se propone. Se sugiere que por las características del cuestionario que se muestra usted deberá ajustarse a las sugerencias que se explican a continuación. Desde este momento se le reconoce todo el esfuerzo, voluntad y disposición que demanda esta solicitud.

Acerca de la metodología que se propone, es importante su opinión sobre los aspectos que se relacionan a continuación.

1. Lea detenidamente el documento. Para hacer una valoración en sentido general, usted debe hacer corresponder sus criterios otorgando, una categoría evaluativa a cada ítem que aparece en el instrumento que sigue, para ello marque con una "X" en la columna correspondiente. Para emitir sus respuestas es necesario que tenga en cuenta lo siguiente:

Las categorías son:

- Muy Adecuado (MA)
- Adecuado (A)
- Bastante Adecuado (BA)
- Poco adecuado (PA)
- Inadecuado (I)

Debe marcar su opinión en una sola casilla, en correspondencia con el grado de importancia que usted conceda a cada uno de los aspectos mostrados.

No	Aspectos a valorar	MA	A	BA	PA	I
1	La concepción teórica y práctica de la metodología refleja los principios teóricos que la sustentan					

2	El aparato conceptual y metodológico favorece el logro del objetivo por el cual se elaboró					
3	Es factible la aplicación de la metodología propuesta y las acciones que la componen					
4	Se reflejan con calidad y precisión las etapas a seguir en la metodología					
5	Existe correspondencia entre las etapas, pasos y las acciones que comprende la metodología.					
6	Se reflejan con calidad y precisión los pasos y las acciones a seguir en la primera etapa					
7	Se reflejan con calidad y precisión los pasos y las acciones a seguir en la segunda etapa					
8	Las recomendaciones metodológicas que se sugieren integran la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.					
9	Las tareas docentes que se proponen complementan la integración de la historia y la epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.					
10	Se reflejan con calidad y precisión los pasos y las acciones a seguir en la tercera etapa					
11	La metodología propuesta contribuye a la integración de la historia y epistemología en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física.					

2. En su consideración, ¿cuáles son los aspectos positivos y las insuficiencias de cada uno de los aspectos propuestos a valorar?

3. ¿Qué sugerencias o recomendaciones puede ofrecer para el perfeccionamiento del diseño de la metodología que se somete a su valoración, teniendo en cuenta cada uno de los aspectos propuestos a valorar?

Gracias por su cooperación.

MSc. Yenile Aguilar Rodríguez

## Anexo 14. Resultados de la autoevaluación de los expertos

Coefficiente de competencia de los expertos

<b>Expertos</b>	<b>Kc</b>	<b>Ka</b>	<b>K</b>
1	1.000	0.92	0.96
2	1.000	0.94	0.97
3	1.000	1.00	1.00
4	0.9	0.98	0.94
5	0.8	0.80	0.8
6	1.000	0.92	0.96
7	1.000	0.94	0.970
8	0.8174	0.86	0.839
9	1.000	0.94	0.97
10	0.8174	0.88	0.849
11	0.9366	0.96	0.948
12	1.000	1.00	1.00
13	0.9778	0.94	0.959
14	0.9366	0.92	0.928
15	0.8174	0.86	0.839
16	0.9185	0.9	0.909
17	0.9072	0.84	0.874
18	0.9366	0.8	0.868
19	0.9072	0.94	0.924
20	0.8629	0.94	0.901

## Anexo 15. Análisis estadístico de frecuencias

Frecuencias Absolutas					
Aspectos	MA	A	BA	PA	I
1	16	3	1	0	0
2	13	4	3	0	0
3	14	5	1	0	0
4	18	2	0	0	0
5	18	2	0	0	0
6	17	2	1	0	0
7	19	1	0	0	0
8	18	1	1	0	0
9	16	3	1	0	0
10	18	2	0	0	0
11	18	2	0	0	0

Frecuencias Acumuladas				
Aspectos	MA	BA	A	PA
1	16	19	20	20
2	13	17	20	20
3	14	19	20	20
4	18	20	20	20
5	18	20	20	20
6	17	19	20	20
7	19	20	20	20
8	18	19	20	20
9	16	19	20	20
10	18	20	20	20
11	18	20	20	20

Frecuencias relativas acumuladas			
Aspectos	MA	BA	A
1	0.80	0.95	1.00
2	0.65	0.85	1.00
3	0.70	0.95	1.00
4	0.90	1.00	1.00
5	0.90	1.00	1.00
6	0.85	0.95	1.00
7	0.95	1.00	1.00
8	0.90	0.95	1.00
9	0.80	0.95	1.00
10	0.90	1.00	1.00
11	0.90	1.00	1.00

## Anexo 16. Prueba pedagógica inicial

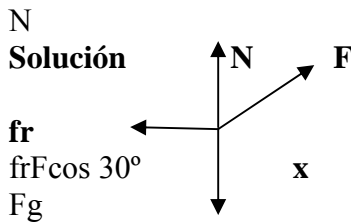
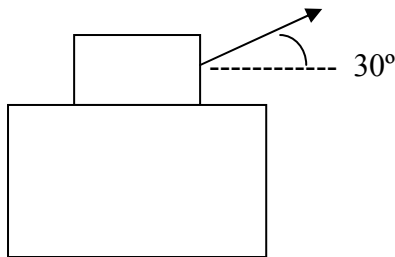
Objetivo: Comprobar el nivel de los conocimientos de la historia de la física que tienen los estudiantes antes de iniciar el cuasiexperimento.

Nombre: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

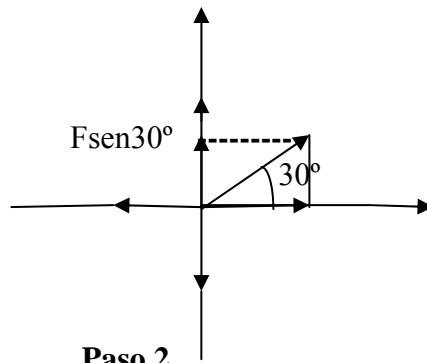
- 1- Identificar en que partes de un problema solucionado por su profesora en la pizarra, se aplican cada una de las leyes de Newton.

Enunciado del problema

Un cuerpo de masa 0,5 kg que se encuentra sobre una superficie horizontal recibe una fuerza de 1 N, como se indica en la figura. Determine la aceleración que adquiere el cuerpo si el coeficiente de fricción entre este y la superficie se de 0,1.



**Paso 1**



**Paso 2**

**Paso 3**

**Paso 4**

$$\sum F_x = F \cos 30^\circ - fr = ma$$

$fr = \mu N$   $F_g = mg$

$$\sum F_y = N + F \sin 30^\circ - F_g = 0$$

**Paso 5**

**Paso 6**

$$F \cos 30^\circ - \mu N = ma \quad a = \frac{F \cos 30^\circ - \mu N}{m}$$

$$N + F \sin 30^\circ - mg = 0$$

$$N = mg - F \sin 30^\circ$$



$$a = \frac{F \cos 30^\circ - \mu(mg - F \sin 30^\circ)}{m}$$

Paso 7

$$a = \frac{1N * 0,8 - 0,1(0,5kg * 10^{m/s^2} - 1N * 0,5)}{0,5kg}$$

**Respuesta:** La aceleración es de  $a = 0,7 \frac{m}{s^2}$

### **Criterios para la revisión del instrumento**

La prueba se calificó asignando cinco puntos por cada respuesta correcta.

Se consideró otorgar al estudiante la categoría de:

- Mal, al que no identificó ninguna de las leyes de Newton en ningún paso.
- Insuficiente, al que identifica una de las leyes de Newton en algún paso del problema.
- Regular, al que identifique correctamente dos de las leyes de Newton en algún paso del problema.
- Bien, al que identifique correctamente las tres leyes de Newton en el problema.

## Anexo 17. Resultados de la prueba pedagógica inicial aplicada en el grupo control y experimental

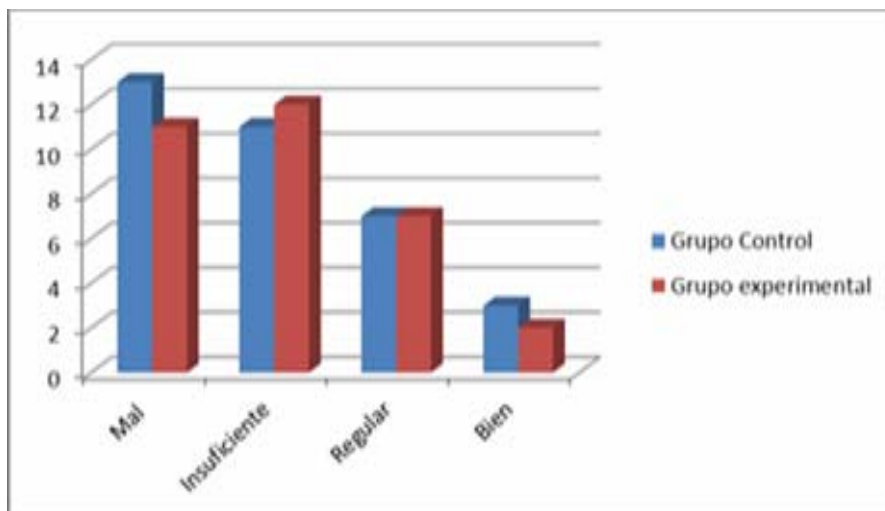
Resultados de la Prueba de Mann-Whitney

H<sub>0</sub>: No hay diferencias significativas en los resultados sobre el conocimiento de los estudiantes sobre las leyes de Newton.

H<sub>1</sub>: Hay diferencias significativas en los resultados sobre el conocimiento de los estudiantes sobre las leyes de Newton.

No de Est.	Prueba inicial Grupo control	Prueba inicial Grupo experimental
1	Insuficiente	Mal
2	Mal	Regular
3	Mal	Mal
4	Mal	Regular
5	Insuficiente	Insuficiente
6	Mal	Mal
7	Mal	Regular
8	Insuficiente	Mal
9	Regular	Insuficiente
10	Regular	Regular
11	Insuficiente	Mal
12	Mal	Insuficiente
13	Insuficiente	Mal
14	Mal	Insuficiente
15	Mal	Insuficiente
16	Insuficiente	Mal
17	Regular	Bien
18	Insuficiente	Regular
19	Bien	Insuficiente
20	Insuficiente	Insuficiente
21	Insuficiente	Mal
22	Mal	Mal
23	Insuficiente	Mal
24	Regular	Mal
25	Regular	Insuficiente
26	Regular	Mal
27	Bien	Insuficiente
28	Insuficiente	Insuficiente
29	Mal	Bien
30	Mal	Insuficiente
31	Regular	Regular
32	Insuficiente	Mal
33		Regular
34		Bien

Del procesamiento de los datos con el SPSS versión 21 se obtiene que  $p=0,31$  y con un nivel de significación de 0,05, se declara que  $p > \alpha$  por tanto se acepta la hipótesis nula y se concluye que no hay diferencias significativas en los resultados sobre el conocimiento de los estudiantes en los dos grupos.



## Anexo 18. Prueba pedagógica final

Objetivo: Comprobar el nivel de los conocimientos sobre la historia y epistemología de la física relacionados con la Teoría Cinética de los Gases y primera Ley de la Termodinámica.

Nombre: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

1. De las siguientes afirmaciones clasificalas en verdaderas (V) y falsas (F). Justifica las falsas
  - a) \_\_\_ Los físicos hacen suposiciones para el estudio de los gases, creando modelos que se acercan a la realidad del comportamiento de la sustancia, como es el caso del modelo del gas ideal.
  - b) \_\_\_ Las observaciones llevadas a cabo por Robert Brown en 1827 condujeron a considerar que la sustancia estaba compuesta por moléculas en constante movimiento.
  - c) \_\_\_ La temperatura es un parámetro macroscópico que sirve para caracterizar el estado de los cuerpos, pero con ayuda de las suposiciones del comportamiento microscópico de la sustancia es que puede lograrse su interpretación como medida de la energía media del movimiento de las moléculas.
  - d) \_\_\_ Las Leyes de Boyle-Mariotte y de Gay-Lusac fueron obtenidas mediante la vía experimental y pueden ser consideradas casos particulares de la ecuación  $PV=nRT$  obtenida por vía teórica empleando el modelo del gas ideal.
  - e) \_\_\_ Los procesos reales que ocurren en la naturaleza son irreversibles.
  - f) \_\_\_ La primera ley de la termodinámica es una expresión de la ley general de la conservación de la energía que ha sido obtenida a partir de la generalización de hechos experimentales y que a lo largo de la historia de la ciencia no se ha encontrado un hecho que la niegue.
  - g) \_\_\_ La primera ley de la termodinámica no contradice el hecho de que se intercambiar energía en forma de calor de los cuerpos fríos a los calientes.
  - h) \_\_\_ El calor es una sustancia que se trasmite de los cuerpos calientes a los fríos y que se llama calórico.
  - i) \_\_\_ La termodinámica que trabaja con parámetros macroscópicos es insuficiente para explicar la naturaleza cinético molecular del calor ni el sentido de conceptos tales como temperatura y energía interna.

Criterios para la revisión del instrumento:

La prueba se calificó sobre la base de una escala cualitativa. Se consideró otorgar al estudiante la categoría de:

- Mal, al que seleccionó correctamente hasta 2 afirmaciones y no justifica
- Insuficiente, al que seleccionó correctamente hasta 4 afirmaciones y justifica las falsas inadecuadamente.
- Regular, al que seleccionó correctamente hasta 6 afirmaciones y justifica adecuadamente una afirmación falsa.
- Bien, al que seleccionó correctamente entre 7 y las 9 afirmaciones y realiza las justificaciones adecuadamente.

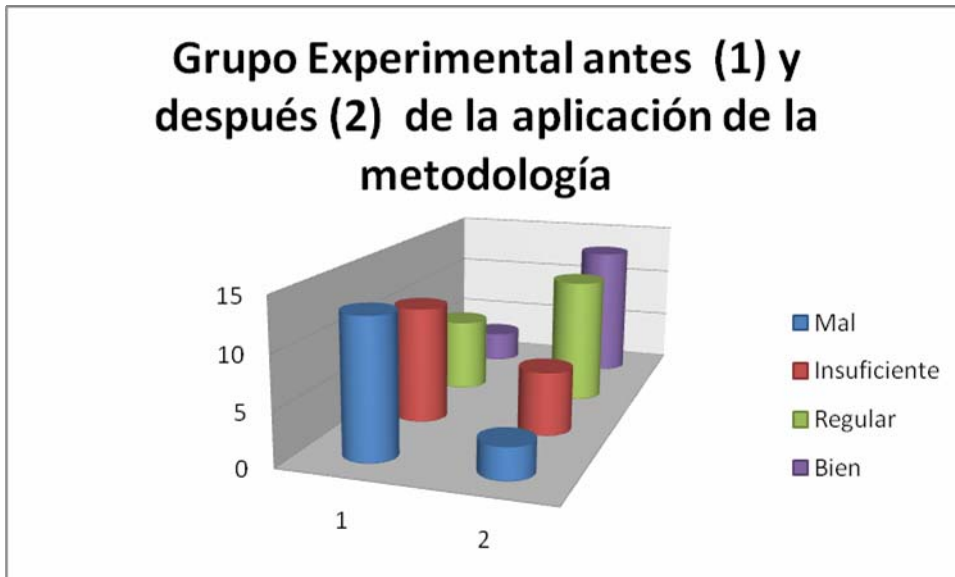
## Anexo 19. Resultados de la Prueba de los Signos en el grupo experimental

H0: No hay diferencias significativas en los resultados del aprendizaje de la Física en los estudiantes, a partir de integrar la historia y epistemología de la ciencia en la enseñanza de la Física.

H1: Hay diferencias significativas (en sentido positivo) en los resultados del aprendizaje de la Física en los estudiantes, a partir de integrar la historia y epistemología de la ciencia en la enseñanza de la Física.

No del Est.	Eval. Prueba Inicial	Eval. Prueba Final	Signo
1	Mal	Regular	+
2	Regular	Bien	+
3	Mal	Insuficiente	+
4	Regular	Regular	0
5	Insuficiente	Regular	+
6	Mal	Regular	+
7	Regular	Bien	+
8	Mal	Insuficiente	+
9	Insuficiente	Bien	+
10	Regular	Bien	+
11	Mal	Bien	+
12	Insuficiente	Regular	+
13	Mal	Regular	+
14	Insuficiente	Regular	+
15	Insuficiente	Bien	+
16	Mal	Bien	+
17	Regular	Bien	+
18	Regular	Regular	0
19	Insuficiente	Regular	+
20	Insuficiente	Insuficiente	0
21	Mal	Insuficiente	+
22	Mal	Mal	0
23	Mal	Insuficiente	+
24	Mal	Mal	0
25	Insuficiente	Insuficiente	0
26	Mal	Regular	+
27	Insuficiente	Regular	+
28	Insuficiente	Bien	+
29	Regular	Bien	+
30	Insuficiente	Regular	+
31	Regular	Bien	+
32	Mal	Mal	0
33	Regular	Bien	+
34	Regular	Bien	+

Del procesamiento de los datos con el SPSS 21.0 se obtiene que  $p=0,00001$  y con un nivel de significación de 0,05, se declara que  $p < \alpha$  por tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay diferencias significativas en los resultados del aprendizaje de los estudiantes del grupo donde se aplicó la metodología, en sentido positivo lo que quiere decir que en la evaluación final son mejores los resultados que en la evaluación inicial.



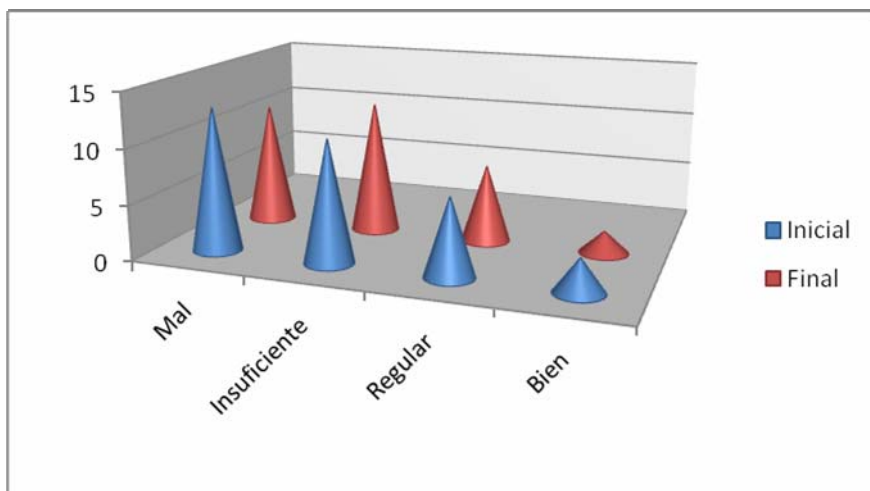
## Anexo 20. Resultados de la prueba de los signos en el grupo control

H0: No hay diferencias significativas en los resultados del aprendizaje de la Física en los estudiantes, a partir de integrar la historia y epistemología de la ciencia en la enseñanza de la Física.

H1: Hay diferencias significativas (en sentido positivo) en los resultados de la Física en los estudiantes, a partir de integrar la historia y epistemología de la ciencia en la enseñanza de la Física.

No del Est.	Eval. Prueba Inicial	Eval. Prueba Final	Signo
1	Insuficiente	Regular	+
2	Mal	Mal	0
3	Mal	Regular	+
4	Mal	Mal	0
5	Insuficiente	Insuficiente	0
6	Mal	Mal	0
7	Mal	Insuficiente	+
8	Insuficiente	Insuficiente	0
9	Regular	Regular	+
10	Regular	Insuficiente	-
11	Insuficiente	Insuficiente	0
12	Mal	Mal	+
13	Insuficiente	Insuficiente	0
14	Mal	Mal	0
15	Mal	Mal	0
16	Insuficiente	Insuficiente	0
17	Regular	Mal	-
18	Insuficiente	Insuficiente	0
19	Bien	Bien	0
20	Insuficiente	Insuficiente	0
21	Insuficiente	Insuficiente	0
22	Mal	Mal	0
23	Insuficiente	Mal	-
24	Regular	Insuficiente	-
25	Regular	Insuficiente	-
26	Regular	Insuficiente	-
27	Bien	Bien	0
28	Insuficiente	Insuficiente	0
29	Mal	Mal	0
30	Mal	Insuficiente	+
31	Regular	Bien	+
32	Insuficiente	Regular	+

Del procesamiento de los datos con el SPSS 21.0 se obtiene que  $p=0,180$  y con un nivel de significación de  $0,05$ , se declara que  $p > \alpha$  por tanto se acepta la hipótesis nula y se concluye que no hay diferencias significativas en los resultados del aprendizaje de los estudiantes del grupo donde no se aplicó la metodología





## Anexo 21. Resultados de la prueba pedagógica final en el grupo de control y experimental

El siguiente gráfico muestra una comparación de los resultados alcanzados en el aprendizaje por los estudiantes del grupo experimental y del grupo de control en la prueba pedagógica que se aplicó al final del cuasiexperimento.

