

La Formación de los Conocimientos Científicos en los Estudiantes.

Dra. C. Marisela Rodríguez Rebastillo.

Dr. C. Eduardo Moltó Gil.

Dr. C. Rogelio Bermúdez Sarguera.

Introducción.

El mundo actual se encuentra sumido en una gran revolución sociocultural basada en la ciencia y la tecnología. Esto hace que la forma de pensar y actuar de los científicos hayan pasado a formar parte de las distintas ramas de la producción y los servicios. Por ende, el mundo laboral de hoy requiere de personas con conocimientos, instrumentaciones, actitudes y valores acorde con estas exigencias.

Al educar a las personas es importante tomar en consideración lo planteado, pues para nosotros “educar es depositar en una persona toda la obra humana que le ha antecedido; es hacerle resumen del mundo viviente, hasta el día en que vive; es ponerla a nivel de su tiempo para que flote sobre él y no debajo de su tiempo, con lo que no podría salir a flote; es prepararla para la vida” (1), o sea, para adaptarse y transformar el contexto de su existencia; pues como bien dijo el ilustre educador cubano Enrique José Varona, “vivir para todos los organismos es adaptarse al medio; más para la persona, vivir no es solo adaptarse al medio sino transformarlo y mejorarlo. Lo demás no sería vivir, sino vegetar.” (2).

Debido a lo planteado los conocimientos científicos que forman hoy parte de la cultura humana, y que son aprendidos por los estudiantes en los centros educacionales, no pueden llegarles a ellos desde afuera y ser aprendidos como cadenas verbales, o sea, como una unión consecutiva, estricta e inalterable de palabras o frases, por lo general afuncional para la persona, como sucede hoy en la mayoría de los casos. Estos conocimientos deben ser aprendidos por el estudiante a partir de su actuación y en la calidad que le corresponde.

El dominio por parte de los profesores de los fundamentos psicológicos sobre los que descansa el aprendizaje de los conocimientos científicos y su enseñanza, así como las principales características y los procedimientos fundamentales para la obtención de este tipo de conocimiento, no son del dominio de la mayor parte de los profesores. Esto hace que los mismos no puedan lograr con su enseñanza el aprendizaje de los conocimientos científicos por parte de los estudiantes. Lo que hacen es transmitírselos a ellos de manera ya acabada y hacer que estos los fijen como cadenas verbales a partir de la aplicación mecánica de los mismos. Sin embargo el conocimiento científico debe ser construido por el estudiante a partir del establecimiento por él mismo de las relaciones que como generalización se establecen en ese conocimiento.

Para contribuir a la solución de la problemática planteada, en este trabajo nos planteamos como *objetivo* hacer un breve estudio acerca de: los fundamentos

psicológicos en que se sustentan la enseñanza como dirección del aprendizaje de los estudiantes y el propio aprendizaje de los conocimientos científicos. También se estudian algunas características de los conocimientos científicos y de los procedimientos fundamentales de su formación en la ciencia. A partir de este estudio se plantea una propuesta didáctica para su enseñanza y aprendizaje. Todo el estudio es ejemplificado en la Física.

1) Fundamentos Psicológicos de la Enseñanza y del Aprendizaje.

El tema de los fundamentos psicológicos de la enseñanza y el aprendizaje es muy complejo y no podemos abordarlo aquí con el detalle que exigiría un tratamiento correcto. Nuestro objetivo, mucho menos ambicioso, consiste en poner de relieve algunos fundamentos que son de particular interés para la formación de los conocimientos científicos en los estudiantes.

Toda la vida de una persona transcurre a través de su actuación. Por actuación vamos a entender la interacción que establece la persona a través de su actividad y comunicación, con los objetos y sujetos de un determinado contexto. Por contexto vamos a entender un determinado medio natural y/o social en una época histórica determinada.

La actividad es el proceso de interacción entre dos polos donde uno de ellos (sujeto) por su grado de activación, toma la iniciativa y la expresa con mayor intensidad que el otro (objeto), transformándolo y transformándose, cuando existe correspondencia entre la necesidad del primero y las cualidades del segundo. La comunicación la concebimos como la interacción entre dos sujetos que presentan un nivel de activación congruente, donde uno de ellos expresa la tendencia a interactuar con el otro, mientras el segundo tiende a aceptar esa interacción, y viceversa.

La actuación de la persona por tanto, puede darse a través de actividad, a través de comunicación o de ambas a la vez. La socialización de la producción y los servicios está imponiendo cada vez más la actuación en su plenitud en este tipo de labor y por ende esto debe reflejarse en la escuela.

Al ser el proceso de enseñanza aprendizaje un sistema de actuaciones de profesores y estudiantes para alcanzar determinados objetivos, nos precisa tomar en consideración tanto las actividades que realizarán los profesores y estudiantes, como la comunicación que debe establecerse entre ellos; aunque esta última no pueda ser completamente diseñada antes del comienzo de este proceso ya que de las dos es la más dinámica. El proceso de enseñanza aprendizaje es más eficiente cuando la actuación se da en su plenitud.

Un error generalizado que existe entre los profesores es que estos consideran importante solamente prepararse para transmitir de manera lógica y ordenada los conocimientos y que los estudiantes realicen un sistema de actividades en la mayoría

de los casos sin el establecimiento de comunicación entre ellos. No consideran importante garantizar una correcta comunicación entre ellos y los estudiantes y de éstos entre sí.

La experiencia muestra que cuando se utilizan estilos de comunicación adecuados a las características y necesidades de los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje, los resultados son mejores. No estamos menospreciando el valor de las actividades dentro del proceso de enseñanza aprendizaje, sino de lo que se trata, es de considerar también y con su nivel real de importancia a la comunicación.

La comunicación entre las personas requiere de la aceptación, el respeto y la confianza recíproca entre los que se establece. Debe existir además un entendimiento claro y hacerse uso de un lenguaje adecuado en la comunicación. Es necesario además la superación por parte de los que se comunican de todo prejuicio o rol que ponga a una persona por encima de otra, pues si bien las diferencias individuales son un hecho que se asume en toda relación humana, lo que no puede es establecerse como base del proceso de comunicación.

En el caso del proceso de enseñanza aprendizaje el afecto real entre el profesor y los estudiantes y la valoración que estos hacen de sus profesores, es esencial en el sentido que una asignatura tiene para ellos. Esto tiene una influencia notable en el aprendizaje de los conocimientos, instrumentaciones, actitudes y valores que se pretenden formar en los estudiantes al cursar la misma.

Es importante que en la actuación los momentos interactivos conduzcan a una implicación de cada persona actuante una vez terminada la interacción con los objetos o sujetos. No siempre el resultado de una actuación se puede apreciar en el momento que la interacción concluye. Con frecuencia el momento interactivo produce emociones, motivos, interrogantes y reflexiones que permiten a la persona una continuidad activa y reflexiva sobre algo que surgió en la actuación. Solamente cuando la actuación conlleve a una implicación de la persona fuera del momento de la interacción, esta habrá jugado su papel.

La actuación de una persona es realizada para satisfacer determinadas necesidades materiales o espirituales, por lo tanto, ella responde a la satisfacción de esta necesidad. Si queremos que una persona realice una actuación determinada, lo primero que debemos lograr es que ella sienta la necesidad de esta actuación y que piense que con ella esta necesidad va a ser satisfecha. Un problema que tiene la escuela en la actualidad es el divorcio entre las necesidades de los estudiantes y lo que ella le brinda.

En toda actuación de una persona, por lo general, se transforma la persona que actúa y el ente sobre el que actúa. Cuando las actuaciones son ejecutadas por la persona para transformarse a partir de la construcción de algún aspecto de su personalidad, se dice que son actuaciones para aprender o aprendizaje. La construcción de lo nuevo, en ocasiones implica la reconstrucción de lo ya existente en la persona. Todo aprendizaje

implica una modificación relativamente estable de la actuación de la persona ya que es mediante la actuación que se manifiesta lo aprendido.

La actuación humana es autorregulada por su psiquis cuando esta alcanza un determinado estadio de desarrollo, el cual por lo general ocurre en las personas normales a partir de los tres años. Esta autorregulación de la actuación es la que caracteriza a un sujeto como persona. Esta cualidad de la psiquis, denominada por algunos sicólogos personalidad, surge y se desarrolla como resultado de la interacción entre lo biológico y lo social en el sujeto. La autorregulación se logra a partir de la estructuración de relaciones entre la esfera inductora y ejecutora que conforman la psiquis, se da en los planos internos y externos al sujeto de manera simultánea y en los niveles consciente e inconsciente de la psiquis.

La función de la esfera inductora es la de movilizar, sostener y orientar a la persona en su actuación. Podemos decir que ella responde a las preguntas de ¿por qué? y ¿para qué? la persona actúa. La orientación se da a través de los objetivos y las tareas, unos como representación del resultado a alcanzar con esta actuación y las otras del proceso de obtención de este resultado.

La actuación humana puede ser de manera espontánea o dirigida. En este último caso la persona no solamente se representa de manera anticipada el resultado a alcanzar, el objetivo; sino también el proceso, que en las condiciones dadas para la obtención de este resultado permitirá alcanzarlo. Este diseño del proceso de obtención del resultados se compone de un sistema de unidades diferenciadas, que respondiendo al objetivo, guían a la obtención de ese resultado con su realización, estas unidades diferenciadas las denominamos tareas.

Podemos decir entonces que en la actuación dirigida, los objetivos y las tareas; unos como representación del resultado a alcanzar y las otras como representación anticipada del proceso de obtención de ese resultado en las condiciones dadas en que esta actuación ocurre, conforman las orientaciones de diferentes grados de inmediatez para la realización de esta actuación por parte de las personas implicadas en el proceso de obtención de ese resultado. Este tipo de actuación es muy importante pues es la que realizan el profesor y los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje. El factor que favorece la orientación de la persona en su actuación dirigida es la claridad de la persona acerca de los objetivos a cumplir y de las tareas que debe realizar. Estas tareas pueden serle planteadas a la persona por otra o ser planteadas por ella misma.

En el caso del proceso de enseñanza aprendizaje donde su fin es que el estudiante aprenda a partir de la dirección del profesor, pero que a su vez él aprenda a aprender por si solo, debe enseñársele al estudiante que dado un objetivo de aprendizaje, él sea capaz de plantearse las tareas que debe realizar. Toda independencia en la actuación se alcanza mediante una adecuada dependencia, es por ello que en esto influye el diseño de tareas que el profesor le plantee al estudiante para su aprendizaje. La

orientación que se le brinde al estudiante debe estar en correspondencia con el nivel de preparación alcanzado por este.

Los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje por lo general realizan su actuación a partir de tareas bien precisas y en la mayoría de los casos desconocen el objetivo al cual esas tareas responden, o sea, para qué las realizan. Esto influye en que el estudiante no aprenda a orientarse en su actuación una vez adulto. Si queremos que al aprender los conocimientos científicos el estudiante pueda aprender a orientarse por si mismo y lo que es más, aprenda a actuar como lo hacen los científicos en su vida profesional, debemos enfrentarlos a tareas abiertas en las cuales ellos vayan acotando la situación a resolver. Estas tareas favorecen el aprendizaje de los estudiantes a orientarse por si mismos. Las mismas tienen las características siguientes en el caso del proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias:

- Son tareas de enunciado por lo general cualitativo, donde la mayor parte de la información para su realización no aparece explícitamente en el enunciado.
- Para su realización es necesario recurrir a supuestos, modelaciones, etc.

Estas tareas en el caso del proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias han demostrado que favorecen el aprendizaje, crean actitudes positivas en los estudiantes, los familiarizan con la forma de actuar de los científicos y contribuyen al desarrollo de una valoración más integral de la realidad circundante por parte de la persona. Ejemplos de tareas de este tipo en las clases de Física pueden ser las siguientes:

- Calcule el volumen de una piedra, puede solicitar al profesor los materiales que necesite.
- Se tiene un bote con chatarra en un estanque, si la chatarra es botada al estanque, ¿subirá, bajará o permanecerá igual el nivel del agua en el estanque?. Explique su respuesta.
- ¿Qué altura puede alcanzar un objeto que se lanza verticalmente hacia arriba?.

La movilización para actuar se da en el plano inconsciente, a través de los motivos y en el consciente, a través de los intereses que se conforman en la persona. El sostenimiento de la actuación se da a través de las emociones (nivel inconsciente) y sentimientos (nivel consciente), que se van conformando en la persona como resultado de su actuación. La movilización y el sostenimiento de la actuación en los niveles consciente, o sea como intereses y sentimientos, hace que esta sea más eficiente.

Entre los factores que favorecen la movilización y el sostenimiento de la actuación de la persona están entre otros los siguientes: los estímulos positivos tanto materiales como espirituales que se le den como resultado de una actuación exitosa, el éxito en la actuación, el reconocimiento social que se haga de la persona por su actuación, saber

la implicación que la actuación va a tener para la satisfacción de sus necesidades. En el caso del proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias, un aspecto que influye en esto, es mostrarle la significación social de lo que debe ser aprendido y hacer que esta se convierta en una significación personal para el estudiante. La significación social en este caso viene dada en gran medida por la manifestación que tiene lo que aprende en otras ciencias, la técnica, la sociedad en general y en su actuación contextual en particular.

La función de la esfera ejecutora es la de ejecutar la actuación. Puede decirse que responde a las preguntas de ¿con qué? y ¿cómo? la persona actúa. En ella se encuentran los conocimientos, las instrumentaciones (hábitos y habilidades) y el estado metacognitivo. Por conocimiento vamos a entender, el reflejo psíquico de la realidad. El conocimiento es una generalización que hace la persona a partir del establecimiento de relaciones entre los objetos y fenómenos o de parte de ellos.. En él se expresan estadios distintos de lo concreto a lo abstracto.

El conocimiento puede ser clasificado en dos tipos: perceptual y racional. El conocimiento perceptual es cuando el establecimiento de relaciones se establece de manera inconsciente y está ligado a la presencia del objeto o sujeto reflejado en el momento en que este ocurre. La propiedad de la psiquis de establecer este tipo de conocimiento es considerada por algunos autores como pensamiento concreto; nosotros la consideramos percepción. El racional, es un reflejo consciente de la realidad. Dicha representación se forma sin la presencia de los objetos. El conocimiento científico es un conocimiento racional. El conocimiento racional puede ser empírico y teórico. En epígrafes posteriores, seguiremos profundizando en el estudio de estos tipos de conocimientos. La propiedad de la psiquis de establecer estos tipos de conocimientos, nosotros la denominamos pensamiento, el cual clasificamos en empírico o teórico en dependencia de si se forma un tipo u otro de conocimiento.

Por habilidad vamos a entender una acción dominada por parte de una persona. Por hábito vamos a entender una operación dominada, automatizada. Las acciones tienen que subordinarse a un objetivo, o sea, a un fin consciente y las operaciones no tienen que subordinarse a un objetivo. No se debe identificar hábito con costumbre, como comúnmente se hace. Una costumbre es algo que por su repetición frecuente, nos acostumbramos a hacer; por ejemplo: leer el periódico y comer a determinada hora.

Toda instrumentación tiene una estructura de sus acciones u operaciones componentes y esta estructura invariante debe ser dominada por la persona para decirse que ha aprendido una instrumentación. La profundización en el estudio de los hábitos y las habilidades como instrumentaciones de la esfera ejecutora no es objetivo de este material. El estudio realizado aquí se debe a la relación entre conocimientos e instrumentaciones, la cual será analizada a continuación.

Toda instrumentación se basa en determinados conocimientos y a su vez la adquisición y utilización de los conocimientos requiere del dominio de ciertas instrumentaciones.

Por ejemplo la habilidad de calcular un límite o el método dinámico de la fuerza requiere del dominio del concepto de límite y de la segunda ley de Newton, respectivamente. Debido a lo planteado, si queremos enseñar un conocimiento a un estudiante debemos cerciorarnos de que domine además de los conocimientos que le sirven de base para el aprendizaje, las instrumentaciones necesarias. Hay habilidades que revisten una gran importancia en el aprendizaje de los conocimientos científicos como son las de definir, observar, caracterizar, comparar, clasificar y abstraer; debido a esta importancia y a que la mayoría de los profesores y estudiantes no las dominan, serán estudiadas a continuación precisándose su significado y estructura.

Definir: Es expresar las características esenciales, genéricas y distintivas de un objeto o fenómeno.

En una definición no puede faltar ni sobrar algo. En las ciencias puede definirse con palabras o de manera operacional mediante una relación matemática. Es un ejemplo de definición del segundo tipo $P=M.V$ para la cantidad de movimiento lineal en Física. Definiciones del otro tipo en ciencias son las siguientes:

- Triángulo rectángulo es aquel triángulo que tiene un ángulo de 90° .
- Cuadrado es aquel cuadrilátero que tiene sus cuatro lados iguales.
- Oxígeno es aquel elemento químico cuyo peso atómico es 16.
- Movimiento rectilíneo uniforme es aquel movimiento mecánico que el objeto realiza al moverse por una trayectoria rectilínea con velocidad constante.

Una estructura de esta habilidad, para cuando se define con palabras puede ser:

- Precisar el objeto genérico.
- Ubicar el objeto o fenómeno a definir en el genérico
- Diferenciarlo del más cercano.

Si analiza las definiciones planteadas como ejemplo verá que cumplen con esta estructura.

Observar: Percepción dirigida para obtener determinados indicadores. La estructura de esta habilidad es la siguiente:

- Precisar el objeto o fenómeno a observar.
- Determinar los indicadores de observación.
- Registrar la información obtenida con la observación.

Caracterizar: Plantear las características distintivas de un objeto o fenómeno. La estructura de esta habilidad es la siguiente:

- Precisar lo que se va a caracterizar y en qué contexto. Esto es debido a que los objetos y sujetos no se manifiestan por igual en todos los contextos.
- Seleccionar las técnicas e instrumentos que se van a utilizar para la caracterización. (La observación puede ser una técnica).

- Procesar e interpretar la información obtenida con la utilización de las técnicas e instrumentos.
- Determinar las características.

Comparar: Estimar las diferencias y semejanzas entre objetos y fenómenos. La estructura de esta habilidad es la siguiente:

- Caracterizar los objetos o fenómenos a comparar.
- Establecer el fundamento de comparación.
- Contraponer los objetos por dicho fundamento.

Clasificar: Distribuir los objetos de estudio por grupos o clases con características bien definidas.

- Caracterizar lo que se va a clasificar.
- Establecer los criterios que caracterizarán cada grupo.
- /Distribuir por grupos lo que se va a clasificar.

Abstraer: Prescindir mentalmente de una serie de propiedades de los objetos y de las relaciones entre ellos para destacar una propiedad o relación fundamental, y describir el nexo oculto e inaccesible al conocimiento empírico.

El estado metacognitivo o la metacognición como la denominan algunos autores, precisa una calidad en el dominio de los conocimientos y las instrumentaciones. Este estado abarca las formas de manifestación de los conocimientos, sobre la propia persona, acerca de los propios conocimientos e instrumentaciones, en los contextos en que se ímbrica y sobre su propia actuación en esos contextos. Actualmente se le brinda importancia al desarrollo de estrategias metacognitivas que desarrollen este estado durante el proceso de enseñanza aprendizaje. El trabajo del estudiantes con las tareas abiertas planteadas y hacer que el estudiante explique con sus palabras los pasos dados en la realización de las tareas han comprobado su efectividad para el desarrollo de este estado.

Es importante dejar bien claro, que aunque para el estudio de la personalidad hemos hecho un análisis, en el cual hemos dividido la mencionada configuración psíquica, en sus esferas componentes; la actuación se da a partir de la integración de los componentes de ambas esferas, formando las llamadas unidades psíquicas.

Queremos destacar que las instrumentaciones pueden ser motoras e intelectuales. Las motoras son las que se dan a nivel inconsciente y por ende devienen hábitos, los que se logran con el entrenamiento. Las intelectuales se dan a nivel consciente y por ende devienen habilidades. Ejemplo de instrumentaciones motoras es escribir a máquina e intelectual la observación de un fenómeno.

Al considerar lo biológico de la persona en el proceso de enseñanza aprendizaje es necesario considerar los estadios que se dan en el desarrollo psíquico de la persona. Estos estadios aunque se dan con pequeñas fluctuaciones de las márgenes de edad, son relativamente universales en su orden de aparición; hay que tomarlos en consideración a la hora de los profesores enseñar. Estos estadios son: 0-3 sensorio-motor, 3-7) perceptual - motor, 7-11) racional empírico - motor e intelectual, 11-14) etapa de transición del racional empírico al racional teórico 14--) teórico - intelectual. El arribo a un estadio superior del desarrollo síquico tiene como condición haber alcanzado el anterior.

En el desarrollo de la persona, como hemos visto, está presente también el contexto en que la persona actúa y ha actuado, así como lo aprendido por ella. El nivel de desarrollo efectivo alcanzado por la persona condiciona los posibles aprendizajes que ella puede realizar gracias a la enseñanza, pero esta a su vez, puede llegar a modificar el nivel de desarrollo efectivo del alumno mediante los aprendizajes que promueve.

Otros aspectos a tener en cuenta es el desarrollo de la inteligencia y de la memoria de la persona. Por inteligencia vamos a entender la rapidez con que la persona es capaz de establecer las interrelaciones en el plano interno y externo. La memoria es quien permite el almacenamiento, fijación y reproducción de lo aprendido para ser utilizado en la actuación en un momento dado.

También el aprendizaje tanto de conocimientos como de instrumentaciones, está condicionado por los conocimientos e instrumentaciones que la persona posea en el momento de este aprendizaje. De aquí que antes de enseñar un nuevo conocimiento e instrumentación a los estudiantes es necesario valorar el nivel de dominio de los conocimientos e instrumentaciones propédeuticas para lo nuevo a aprender. Para que el aprendizaje de los nuevos conocimientos científicos no sea como cadenas verbales, es necesario, además de no dárselos acabados, que se relacionen de manera sustantiva y no arbitraria con los conocimientos que el estudiante ha aprendido.

También otro aspecto referente a lo social en el aprendizaje, es el tipo de ayuda que el estudiante necesita. Esta ayuda debe estar acorde con sus necesidades reales y destinada al logro de la independencia en su actuación. Vigotsky y sus seguidores estudiaron que lo que una persona puede hacer en un momento determinado con ayuda de otra, de recibir una ayuda consecuente con el nivel de preparación alcanzado por ella, puede hacerlo sola después. En el caso del proceso de enseñanza aprendizaje cuando esta ayuda le llega de otro estudiante es más efectiva pues él siente que no es solo el profesor el que puede ejecutar la actuación o aprender el conocimiento y utilizarlo. No puede tratarse de enseñar algo a un estudiante si se comprueba que él no puede hacerlo con la ayuda de otro.

Toda persona es un ser social y por ende se desarrolla en un ambiente dado por su contexto de actuación cotidiana; dígame: amistades, familia, comunidad, etc. Las influencias de este ambiente dejan huellas en la psiquis del estudiante y por ende es

necesario su diagnóstico integral por parte de los profesores para el éxito de la enseñanza. Por último diremos que existen niveles de la actuación de una persona. A continuación haremos una breve caracterización de los mismos.

Contemplativo: Este es el nivel inferior de actuación. Tiene lugar en la persona como reflejo de la realidad, como copia lo más fiel posible de esa realidad. En la contemplación la actuación es activa, lo cual implica cierta elaboración de lo que se contempla aunque no se establezcan todas las relaciones que pueden ser reflejadas.

En este nivel la persona no puede hacer uso aún de los conocimientos ni de las instrumentaciones que contempla su ejecución por otro y requiere para su actuación de una ayuda. Por ejemplo, en el caso de una clase de introducción de nuevo conocimiento el nivel de actuación del estudiante es contemplativo.

Productivo: Es cuando la persona es capaz de producir un objeto, conocimiento o modo de actuar, el cual es nuevo para ella o para la sociedad.

Reproductivo: Es cuando la persona es capaz de reproducir un objeto, un conocimiento o un modo de actuar previamente contemplado por ella.

Debe aspirarse a que las personas alcancen el nivel de actuación productivo. Este es el nivel de actuación de las personas que hace avanzar la ciencia, la técnica y la sociedad en general. Toda persona no puede alcanzar este nivel de actuación en cualquier contexto. Es importante dejar claro que la persona en su aprendizaje tanto de conocimientos como de instrumentaciones va pasando por los niveles de actuación mencionados.

2) Algunas consideraciones acerca del conocimiento científico y su enseñanza y aprendizaje.

En el epígrafe anterior definimos qué se entiende por conocimiento. En este profundizaremos en el estudio de esta categoría y en particular en lo referente al conocimiento racional o científico. De este conocimiento analizaremos sus tipos fundamentales: empírico y teórico, sus niveles de profundidad y sistemicidad y algunos otros aspectos que deben tenerse en cuenta en el aprendizaje y la enseñanza de este tipo de conocimiento por parte de estudiantes y profesores. En el resto del trabajo hablaremos de conocimiento, entendiendo por este el racional o científico.

2.1) Los conocimientos empíricos y teóricos.

Un conocimiento refleja distintos niveles de profundidad o de acercamiento a la esencia de un objeto o fenómeno. El conocimiento acerca de los objetos y fenómenos va de los niveles menores a los mayores de esencia. Los conocimientos empíricos reflejan niveles inferiores de esencia y los teóricos mayores

Así, el conocimiento empírico podría ser considerado como un conocimiento menos general que el teórico, al reflejar un número menor de objetos. La característica de este reflejo es el de ser una función de la experiencia concreta de la persona, pues la persona está en mayor medida sujeta a las cualidades directamente contrastables de los objetos y, por ende, no trasciende sus limitaciones descriptivas.

Es importante dejar claro que los conocimientos empíricos se forman a partir de la práctica y esta puede ser dirigida o espontánea. En la enseñanza de las asignaturas de ciencia pueden ser estudiados conocimientos a nivel empírico, pero su obtención siempre es dirigida y por ende la práctica siempre es previamente diseñada, y por tanto, está presente lo intelectual. En el conocimiento teórico se penetra en la realidad abstrayéndose de las propiedades concretas del objeto, o sea, se separan cualidades empíricamente observables como el color, la forma, el tamaño, la textura, etc., para fijar entonces las propiedades más generales y estables de los objetos o de sus relaciones con otros en el conocimiento.

A la formación del conocimiento teórico, como reflejo más esencial de la realidad, le es inherente el conocimiento empírico, cuya formación transcurre, a nuestro modo de ver, por dos estadios. El primer estadio en la formación del conocimiento empírico, presupone la enumeración de aquellas cualidades, propiedades, características o rasgos comunes de los objetos concretos con los que la persona se relaciona y que, por lo tanto, son privativas de su experiencia personal. Por su parte, el conocimiento empírico en un segundo estadio formativo, también enumera los rasgos o propiedades que son comunes a los objetos que se reflejan, pero cuyo distinguo fundamental lo constituye el carácter necesario de dichos rasgos o propiedades. En uno u otro caso, el conocimiento obtenido resulta de la caracterización que del objeto de estudio se realice. Desde nuestra concepción este conocimiento empírico se obtiene de manera dirigida a partir de la observación y el experimento, mediando en ellos lo intelectual, pues ambos son previamente diseñados.. En esto nos diferenciamos de los inductivistas empiristas que parten en realidad de una percepción en el término anteriormente analizado y no de una observación. Para nosotros la observación es una habilidad y por ende se da siempre a nivel consciente y con mediación intelectual y premisas cognitivas por lo que es siempre parcializada.

El tercer estadio en la formación del conocimiento científico, o sea, su elevación a conocimiento teórico, implica el reflejo de la causa que lo origina. Este tercer estadio que identifica el conocimiento teórico, resulta de la explicación o de la estructuración de relaciones funcionales esenciales, susceptibles de establecerse entre las partes del objeto de estudio.

De esta manera, la formación del conocimiento racional y, específicamente, de los conocimientos científicos, está sujeta al tránsito por las tres etapas descritas con anterioridad. Esto significa, entre otras conclusiones, que los estadios precedentes a la formación del conocimiento teórico constituyen su premisa cognitiva. El valor

metodológico de esta idea reside en que el maestro como director del proceso de aprendizaje del alumno, o el alumno como persona sensible a la autodirección, pueden hacer efectiva su gestión, en función de la formación del concepto científico. La conciencia de los estadios formativos y de las particularidades de lo reflejado por el conocimiento en cada uno de ellos, puede servir de criterio y orientación metodológica para su formación.

Como resumen, podemos plantear, que los conocimientos son empíricos, cuando la generalización que ellos encierran, se obtiene a partir de lo concreto real de manera dirigida y son teóricos, cuando la generalización se realiza a partir de otros conocimientos, que pueden ser empíricos o teóricos, también de manera dirigida. Los empíricos permiten describir el objeto o fenómeno pero no explicarlo. Los conocimientos empíricos son obtenidos por vía inductiva, o sea, como generalización de la experiencia pero esta experiencia en el caso de los conocimientos científicos es un experimento el cual es previamente diseñado. Los conocimientos teóricos son obtenidos por vía deductiva, o sea, por la derivación certera, a partir de determinados conocimientos sobre la base de la lógica. La misión del conocimiento teórico consiste en reducir los movimientos visibles y puramente exteriores, a los movimientos reales e interiores.

Entonces podemos afirmar que el conocimiento empírico es una generalización que puede reflejar indicadores esenciales, pero relacionados con propiedades empíricamente contrastables. Estos solamente pueden describir el comportamiento del objeto. El conocimiento teórico es una generalización que refleja indicadores esenciales y causales, por lo que permite explicar el comportamiento del objeto. Queremos dejar explícito que un mismo objeto puede ser representado en la psiquis empírica o teóricamente.

En la formación de los conocimientos científicos desempeña un papel fundamental la hipótesis. Por esta vamos a entender una predicción o suposición que hace la persona basada en los conocimientos que posee. (3). Si no hay premisas cognitivas en la suposición o predicción no hay hipótesis sino adivinanza. Es por ello que el profesor debe valorar las premisas cognitivas o los conocimientos propedeuticos sobre los que se plantea la hipótesis. La hipótesis además necesita ser demostrada debido a su carácter predictivo..

Es importante tener en cuenta los estadios anteriormente analizados a la hora de enseñar un conocimiento o una instrumentación a los estudiantes. Hasta los once años aproximadamente los estudiantes son más propensos a las asignaturas de artes y letras, a las actividades manuales y actuaciones motoras en general; también al estudio de los conocimientos científicos a un nivel empírico en las asignaturas de ciencias. A partir de los 11 años comienzan a estar más propensos para el desarrollo de habilidades intelectuales y el estudio de los conocimientos científicos a un nivel teórico, En esta etapa aunque todavía deben predominar los conocimientos empíricos, es posible estudiar al nivel teórico algunos que previamente han sido estudiados a nivel empírico. El máximo desarrollo para el estudio de los conocimientos a nivel teórico es a

partir de los 14 años. Ya en esta etapa, a partir de los 11 años puede comenzarse a introducir a los estudiantes en el planteamiento de algunas hipótesis pero en realidad el estadio mejor para el pleno desarrollo de este aspecto es a partir de los 14 años aproximadamente.

Queremos aquí recalcar que la práctica es fuente de los conocimientos empíricos y otros conocimientos son la fuente de los teóricos, pero la práctica si es el criterio de veracidad de todos los conocimientos. El conocimiento como algo ideal, no es más que lo material traspuesto y traducido en la cabeza de los hombres. El proceso de construcción de los conocimiento en la persona comienza con la contemplación viva, de aquí a lo abstracto y de lo abstracto a la práctica.

Luz y Caballero, eminente educador cubano planteó: “ aquí tenemos la ley invariable de la razón humana; empezar por lo concreto para elevarse a lo abstracto, la práctica antes que la teoría, para después, con el progreso de la ciencia, ser fecundada por la teoría. Este es el eterno círculo de los conocimientos del ser humano”(4).

Toda verdad encerrada en un conocimiento, es absoluta, en tanto este se cumple para las condiciones en que ha sido obtenido y comprobado, y es relativa, en tanto, no está eximida la posibilidad de su enriquecimiento. Max Born planteó que todo conocimiento que ha mostrado su validez en determinadas condiciones, al ser generalizado, debe contener como un caso particular a aquel. Por ejemplo la Teoría Especial de la Relatividad contiene como un caso particular a la Mecánica Newtoniana, cuando las velocidades del objeto son mucho menores que la velocidad de la luz en el vacío.

Siempre debe ser demostrada la veracidad de los conocimientos científicos. Esta veracidad debe ser demostrada no solamente con el experimento, sino también en la práctica social, o sea, en sus aplicaciones a otras ciencias, la técnica y la sociedad en general. Esto se conoce actualmente en la literatura didáctica como relaciones ciencia-técnica-sociedad (C/T/S). Esto es debido a que la práctica social es lo que más repercute en la sociedad y por ende en los estudiantes. Veamos lo planteado en el ejemplo siguiente:

En la Física, James Clarck Maxwell , a finales del siglo XIX previó, a partir de su teoría del electromagnetismo, las ondas electromagnéticas. Más tarde, estas fueron comprobadas experimentalmente por el físico Hertz. Esta comprobación experimental mostró la veracidad del conocimiento y esto era suficiente para la ciencia, pero aún no tenía repercusión en la vida de las personas. Otras personas como Marconi, Bell y Popov, utilizaron estas ondas para la construcción del telégrafo, el teléfono y radios. Una vez que se logró esto es que fue introducido este conocimiento en la práctica social y fue entonces cuando este conocimiento tuvo repercusión no solamente para la ciencia, sino para la sociedad en general.

En la práctica de la enseñanza de las ciencias, debido a la influencia del positivismo en ella, los profesores hacen más hincapié en mostrar la veracidad de los conocimientos

con un experimento y en la mayoría de los casos no plantean su introducción en la práctica social. Es precisamente esto último lo que más interesa a los estudiantes y una de las causas de que vean la ciencia divorciada de su mundo.

Los conocimientos, como hemos dicho anteriormente, deben ser aprendidos por los estudiantes de manera que no exista divorcio entre los que se van a aprender y los ya aprendidos. Cuando el profesor va a enseñar un nuevo conocimiento a un estudiante debe averiguar si el estudiante tiene alguna idea acerca de ese conocimiento o no. La calidad de esa idea puede ser como cadena verbal, cuyas características ya fueron analizadas, y en ese caso no sirve. Puede ocurrir que la tenga como conocimiento, si es así, debe valorarse si se corresponde con el científico o es alternativo a él. En este caso el conocimiento debe ser reconstruido en el proceso de enseñanza aprendizaje. Los conocimientos alternativos por lo general son formados por la comunicación con otras personas, por la influencia de los medios de comunicación masiva o por la actuación de las personas en determinados contextos, entre otros aspectos..

El desconocimiento de los conocimientos alternativos que los estudiantes poseen acerca de lo nuevo a aprender o de lo ya aprendido, por parte de los profesores en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias y la forma en que este se desarrolla, están influyendo en que el aprendizaje de los nuevos conocimientos científicos, no sea de un modo correcto, y por tanto, un tiempo después de que el estudiante estudió ese conocimiento lo que perdura es el alternativo al científico y el tiempo que le dedicó el estudiante al aprendizaje del conocimiento científico fue perdido. Esto ocurre, porque los conocimientos alternativos son construidos por la persona y entonces hay que reconstruir, que es más difícil. A continuación, plantearemos algunas características de estos conocimientos alternativos a las que han arribado investigadores de esta temática.

Características de los conocimientos alternativos.

- Son por lo general una generalización de naturaleza empírica.
- Pueden ser teóricamente consistentes.
- Pueden ser un constructo espontáneo o dirigido.
- Son un constructo personal.
- Son persistentes; no se modifican fácilmente.
- Su función es básicamente explicativa.
- Pueden poseer coherencia funcional y estructural.
- Son compartidos por estudiantes de edades psicológicas y culturas distintas.
- Pueden ser susceptibles de ser organizados dentro de una estructura sistémica.
- Pueden poseer un carácter histórico.

A continuación planteamos algunos conocimientos alternativos en la asignatura de Física.

- Piensan que dos cuerpos que pasan uno al lado del otro, en la misma dirección y sentido, tienen en el punto de encuentro la misma velocidad.
- Asocian el " ir delante " con el " ir más de prisa ."
- Todo cuerpo en movimiento lleva asociado una fuerza.
- La fuerza resultante se asocia con el movimiento.
- La fuerza resultante tiene la misma dirección que la velocidad del cuerpo y su valor cambia de la misma forma.

El nuevo conocimiento que va a ser aprendido por la persona para que no llegue a ella como una cadena verbal o de manera memorística, como plantean algunos autores, debe relacionarse con la estructura cognitiva que la persona posee. Además de que la esfera ejecutora de la psiquis de la persona, debe contener los conocimientos e instrumentaciones propedéuticas para lo nuevo a aprender.

El otro aspecto a tomar en consideración, es que el estudiante debe poder comprender la significación social y el sentido personal de los conocimientos que va a aprender, para que se movilice y se sostenga en su actuación. Como ya vimos el aprendizaje del nuevo conocimiento debe satisfacer necesidades del estudiante. Estas necesidades pueden ser creadas por el profesor.

El proceso de fijación de lo construido se logra mediante la ejercitación, o sea, por la aplicación de los conocimientos a la práctica. Como el principio y fin del aprendizaje de toda persona es la resolución de problemas, esta ejercitación debe contemplar este aspecto, además de ser esta la vía primaria para el aprendizaje de los conocimientos.

En la introducción planteamos que el mundo moderno exige que los estudiantes aprendan además de la forma de pensar de los científicos, su forma de actuar. Es por ello que una propuesta didáctica para la formación de conocimientos científicos contemporánea debe contemplar los aspectos siguientes: (5)

- Partir de situaciones problemáticas que se vayan acotando en la medida que se van resolviendo. Esto se corresponde con las tareas abiertas planteadas.
- Formulación de hipótesis.
- Diseño y realización de experimentos reales y modelados en los que se haga uso de la computadora.
- Información oral y escrita de los resultados obtenidos con la realización de los experimentos.
- La solución de problemas que requieran del trabajo en equipos.
- La confrontación colectiva de los resultados que se obtienen en la solución de la situación problemática.

2.2) Niveles de profundidad del conocimiento científico.

En el epígrafe anterior vimos que un conocimiento puede reflejar diferentes niveles de profundidad. Por nivel de profundidad vamos a entender el grado de acercamiento a la

esencia de un objeto o fenómeno. Este nivel de profundidad puede estar caracterizado por un conjunto de aspectos entre los que se encuentran: la matemática utilizada, el modelo que se utilice, el estudio cualitativo o cuantitativo que se haga y que la explicación se haga a un nivel macroscópico o microscópico. Veamos lo planteado en el ejemplo de la Física. Es bueno que si el lector no es físico precise estos aspectos en su ciencia en cuestión. Antes de ver el ejemplo queremos decir que la precisión del nivel de profundidad de los conocimientos al diseñar los cursos reviste una gran importancia pues el tiempo, los conocimientos e instrumentaciones propedeuticas y los procedimientos a utilizar dependen de este aspecto.

La Matemática utilizada: por ejemplo el uso del Cálculo Diferencial e Integral permite estudiar a un nivel de esencia mayor el movimiento mecánico que el Álgebra.

El modelo que se utilice: por ejemplo en Física, el modelo de gas ideal solamente es posible para estudiar determinado comportamiento de un gas; no pasa así con el modelo de gas real. La Mecánica Cuántica permite explicar mejor todo lo referente al átomo que el modelo de Bohr.

La explicación microscópica o macroscópica de los fenómenos: cuando un conocimiento se explica desde el punto de vista microscópico el nivel de profundidad es mayor. Un ejemplo puede ser el fenómeno de absorción de la luz.

El estudio cualitativo o cuantitativo: en el estudio de un fenómeno como la actividad óptica, por ejemplo, se llega más a su esencia, si es posible cuantificar el ángulo de giro y su dependencia con otras magnitudes.

2.3) Niveles de sistemicidad de los conocimientos en la ciencia.

En este epígrafe estudiaremos los niveles de sistemicidad en el ejemplo de la Física por ser esta una ciencia que ha alcanzado un gran desarrollo a nivel teórico y por ende están presentes en su sistema de conocimientos diferentes niveles de sistemicidad. Este estudio lo hacemos porque en ocasiones los profesores de ciencia no tienen dominio de estos niveles de sistemicidad a pesar de trabajar con ellos. Los conocimientos en la ciencia pueden agruparse en los niveles de sistemicidad siguientes:

1. Los conceptos y modelos.
2. Las leyes y los principios.
3. Las teorías.
4. El cuadro físico del mundo.

Analicemos a continuación cada uno de estos niveles:

Primer nivel.

En este nivel están los conceptos y los modelos. Los *conceptos* caracterizan propiedades y relaciones esenciales de los objetos y fenómenos. 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.

Al definir un concepto hay que plantear sus rasgos esenciales. En Física para ello, en el caso de los conceptos que se definen por palabras, se utiliza el método de ubicarlo en un genérico y diferenciarlo del más cercano. Esta forma de definir ya había sido anteriormente analizada. Veamos lo planteado en la definición del concepto movimiento rectilíneo uniforme:

El movimiento rectilíneo uniforme es el movimiento mecánico que realiza un móvil cuando se mueve por una trayectoria rectilínea con velocidad constante. Observe que aquí lo primero que se ha hecho es ubicarlo en el genérico movimiento mecánico y después, se ha diferenciado del resto de los movimientos mecánicos, al decir que se realiza por una trayectoria rectilínea y con velocidad constante; se ha precisado los rasgos fundamentales del movimiento mecánico, como son la trayectoria y la velocidad del objeto.

Es muy común entre los profesores de Física y los estudiantes definir el movimiento rectilíneo uniforme como aquel movimiento mecánico que realiza el móvil por una trayectoria rectilínea recorriendo distancias iguales en intervalos de tiempo iguales. Esta definición es incorrecta pues no refleja adecuadamente un rasgo esencial de este movimiento como es que la velocidad sea constante pues el móvil puede recorrer distancias iguales en intervalos iguales de tiempo y no ser constante la velocidad. Para definirlo de manera correcta a partir de la relación entre las distancias recorridas y los tiempos de manera que refleje adecuadamente ese rasgo esencial debe especificarse que los intervalos de tiempo pueden ser cualesquiera, en este caso se está planteando que la velocidad instantánea del móvil durante todo el tiempo que transcurre el movimiento es constante. Esta forma de definirlo requiere más del pensamiento abstracto del estudiante.

Al hablar de los conceptos se ha hablado de propiedad y fenómeno. Por propiedad se va a entender a aquellos aspectos de un objeto que determinan su diferencia o semejanza con otros. Una propiedad de los cuerpos es la inercialidad. Esta consiste en la oposición que experimentan los cuerpos a variar su estado de movimiento al actuar otro cuerpo sobre él. Todo cuerpo puede presentar esta oposición en un grado diferente, de aquí que pueda ser una cualidad distintiva del cuerpo. Fenómeno es la manifestación externa de la esencia de un objeto; un ejemplo de fenómeno es la inercia. El fenómeno 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.

Llegar a la esencia de un fenómeno significa comprender la causa de su surgimiento, sus regularidades y sus características fundamentales. Pueden existir distintos grados de manifestación de la esencia. En la medida en que se va conociendo estos grados de manifestación de la esencia de un objeto o fenómeno, se conoce el mismo con distintos niveles de profundidad. Los conocimientos empíricos y teóricos anteriormente estudiados son ejemplos de estas manifestaciones.. Ejemplifiquemos a continuación lo planteado hasta aquí.

La luz tiene como característica esencial la de ser un campo electromagnético, esta característica se manifiesta en fenómenos como la actividad óptica; esta tiene su esencia en la interacción de la luz con sustancias anisótropas. Este fenómeno puede ser estudiado con distintos niveles de profundidad, los que van desde ver la misma como variación de la intensidad luminosa de la luz al atravesar una sustancia anisótropa que se encuentra entre dos polarizadores cruzados (conocimiento empírico) o como cambio de dirección de vibración del campo eléctrico al atravesar el medio anisótropo hasta su explicación a partir del análisis de la interacción del campo electromagnético con las sustancias anisótropas utilizando las ecuaciones de Maxwell (conocimientos teóricos).

A los conceptos que caracterizan propiedades que pueden ser cuantificables se les denomina magnitud. Las magnitudes en Física pueden ser escalares y vectoriales. Un ejemplo de magnitud escalar es la masa y vectorial la velocidad. Hay magnitudes que son relación de magnitudes, por ejemplo: la densidad es la relación de dos magnitudes, la masa y el volumen, la aceleración es relación entre velocidad y tiempo.

La magnitud en Física se caracteriza por una unidad física, la cual constituye una determinada cantidad que se toma por unidad de medida para caracterizar el valor de una magnitud dada. Ejemplos de estas magnitudes son el metro y el segundo. Actualmente existe un Sistema Internacional de Unidades, pero su estudio se sale de los marcos de este material.

En Física existen conceptos generales que se utilizan para caracterizar cualquier objeto como son la masa y la energía. Existen otros que solamente sirven para caracterizar un conjunto de objetos; un ejemplo de estos es la carga eléctrica.

El otro elemento de importancia en este nivel son los *modelos*. Estos 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 y el punto material.

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.

Segundo nivel.

Este nivel como se ha planteado está compuesto por las leyes y principios. La *ley* es una relación entre objetos, fenómenos o procesos que expresa los nexos internos que tienen carácter esencial y actúa siempre que se dan las condiciones exigidas para ello.

Un ejemplo de ley en Física es la que se cumple en los sistemas de referencias inerciales y sirve para estudiar el movimiento de los macrocuerpos. Esta ley expresa que si un cuerpo actúa con una determinada fuerza sobre otro que se mueve en un sistema inercial de referencia, esta fuerza es igual a la variación temporal de la cantidad de movimiento lineal del cuerpo sobre el que actúa la fuerza. Esta ley puede ser expresada matemáticamente como:

$$F = dP/dt.$$

Donde **F** es la fuerza que se ejerce sobre el cuerpo, **P** la cantidad de movimiento lineal del cuerpo sobre el que se ejerce la fuerza y **t** el tiempo.

En Física existen un grupo de leyes generales denominadas leyes de conservación. Su grado de generalidad viene dado en que están asociadas a propiedades de simetría del espacio y el tiempo, estas leyes son las de conservación de la energía y de las cantidades de movimiento lineal y angular. Las leyes de conservación indican qué procesos o fenómenos pueden existir o no en la naturaleza. Un proceso o fenómeno que viole una ley de conservación no puede existir.

El otro elemento de este nivel son los *principios*. Estos son generalizaciones de la experiencia que no pueden ser deducidas. Constituyen la base de muchos conocimientos científicos. Son principios en Física las leyes de Newton y las de la Termodinámica.

Tercer nivel.

Este nivel lo constituyen las *teorías*. Por éstas se entiende, un sistema de conocimientos que explica un conjunto de fenómenos de alguna esfera del conocimiento reduciendo todas las componentes de ese dominio bajo un elemento unificador. En la teoría se agrupan conceptos, modelos, leyes y principios.

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.

El núcleo de la teoría juega un papel fundamental en la enseñanza pues sus elementos componente constituyen invariantes a enseñar siempre que esta teoría vaya a estar presente en una asignatura. De lo que se trata es de enseñarle al estudiante el núcleo de la teoría y enseñarlo a que él deduzca el resto de los conocimientos derivados del núcleo. Los elementos derivados del núcleo van a estar presentes en una asignatura en dependencia de los objetivos por los que la misma se imparte o del valor que tienen dentro del resto de los conocimientos de la ciencia Física.

Analizamos lo planteado con ejemplos. Si se va a estudiar la Mecánica, tiene que estudiarse las leyes de Newton por constituir estas el núcleo, pero debe estudiarse además, la ley de conservación de la cantidad de movimiento lineal y de la energía por el papel que éstas desempeñan en el sistema de conocimientos de la ciencia Física, pero las ecuaciones de la hidrodinámica, pueden no ser estudiadas por ser éstas, aplicaciones de las ya mencionadas leyes y principios al movimiento de un objeto determinado, en este caso un fluido. Lo mismo pasa para el caso del Electromagnetismo donde la ley de Ohm y la de Joule Lenz, que son leyes derivadas del núcleo de la teoría, pueden o no estudiarse en un curso de Física.

Un aspecto que debe tenerse presente al estudiar toda teoría son 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 es una idea básica de la mecánica newtoniana, sin embargo en la mecánica relativista la acción es a través del campo, y sin embargo las leyes de la misma 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.

Debemos aclarar que en todos los niveles del conocimiento están presentes ideas básicas que manifiestan lo esencial de ese conocimiento y deben estar presentes al enunciar el mismo; lo que sucede es que en el caso de la teoría pueden tomar independencia.

Desde el punto de vista educativo, la comprensión de las ideas básicas, es imprescindible al estudiar un determinado conocimiento; pero estas en ocasiones, se le omiten al estudiante, lo que hace que el mismo no gane una comprensión total del conocimiento que estudia. A continuación mostraremos esto con dos ejemplos:

1. Al enseñarse las leyes de Newton por lo general no se plantea que las fuerzas de acción y reacción siempre deben ser de la misma naturaleza.

2. En la mayor parte de los textos se omite, al estudiarse los postulados de Bohr, que las leyes de la Mecánica Clásica son válidas para el estudio del átomo, aunque no lo sean las del Electromagnetismo. Esto, sin embargo, se plantea en los trabajos originales del autor y es imprescindible.

Cuarto nivel.

El cuarto nivel está constituido por el *Cuadro Físico del Mundo*. Este es una generalización de las ideas fundamentales presentes en las diferentes teorías. El Cuadro Físico del Mundo 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 CFM va evolucionando y se van cambiando unas ideas por otras que se corresponden mejor con el estadio de la ciencia.

Es posible precisar cuatro etapas del desarrollo del CFM. La primera de ellas denominada Cuadro Mecánico Clásico del Mundo, 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. Una caracterización de estos cuadros se muestra a continuación:

Cuadro Mecánico Clásico del Mundo.

- Un solo tipo de materia (el macrocuerpo).
- Movimiento mecánico y térmico.
- Espacio y tiempo absoluto.
- Solamente interacción gravitatoria.
- Causalidad dinámica y estadística clásica.

Cuadro Electromagnético.

- Dos tipos de materia (campo y sustancia).
- Movimiento mecánico y del campo electromagnético.

- Espacio y tiempo vinculados entre sí.
- Interacciones gravitatoria y electromagnética.
- Causalidad dinámica.

Cuadro Cuántico Contemporáneo del Mundo.

- Unidad de las propiedades corpusculares y ondulatorias.
- Transformaciones mutuas entre el campo y la sustancia.
- Unidad indisoluble del espacio y el tiempo.
- Causalidad estadística.
- Interacciones gravitatoria, electromagnética, fuerte y débil

El estudio de las distintas etapas del Cuadro Físico del Mundo, desde nuestro punto de vista, debe hacerse en el segundo nivel de la escuela media debido al valor metodológico que tiene para contribuir a formar la concepción científica del mundo en los escolares. En Cuba, aunque se estudia estas etapas en la escuela media, no se hace una caracterización de ellas, por lo que no se contribuye a formar adecuadamente el mismo.

3) Propuesta didáctica para la formación de los conocimientos en las asignaturas de ciencias.

A partir de lo estudiado hasta aquí planteamos la siguiente propuesta didáctica para la formación de los conocimientos tanto empíricos como teóricos en las asignaturas de ciencias. Esta propuesta está conformada por las etapas que a continuación se describen. En cada una de las etapas se proponen tareas que debe realizar el estudiante. Con la realización de estas tareas debe alcanzarse el objetivo, o sea, que el estudiante aprenda el nuevo conocimiento.

1) De exploración propedéutica del estudiante por el profesor.

En esta etapa debe explorarse por el profesor el grado de dominio de los conocimientos e instrumentaciones propedéuticas o previas que tiene el estudiante para poder hacer la generalización en forma de conocimiento a partir de los hechos en el caso del empírico y de los conocimientos que se relacionarán en la generalización en el caso del teórico.

Es importante considerar que en la evaluación propedéutica del estudiante es posible detectar la presencia de conocimientos alternativos o cadenas verbales acerca de los conocimientos propedeúticos o dificultades en el dominio de las instrumentaciones. Es preciso entonces plantearle al estudiante la realización de tareas educativas que le permitan concientizar estas dificultades y tratar de superarlas. Es importante la valoración de los conocimientos e instrumentaciones propedeúticas puesto que el nuevo aprendizaje se encuentra interrelacionado con ellas.

2) De movilización, orientación y evaluación del dominio de los conocimientos a formar en el estudiante.

En esta etapa se le debe plantear al estudiante la situación problemática a partir de la cual se formará el nuevo conocimiento. Esta situación debe ser ejemplificada en contextos de interés para el estudiante. En la educación general pueden estar relacionados con otras ciencias, la técnica y en general con la vida cotidiana y en la educación superior con la profesión para la que el estudiante se prepara. La ejemplificación de la situación problemática general favorece que lo nuevo a aprender tome un sentido personal para el estudiante al conocer su significación social.

En el caso del conocimiento teórico debe plantearse al estudiante las ventajas que promueve el conocimiento de las causas del fenómeno y por ende la generalización que se hará. Una vez planteada la problemática se le plantea al estudiante el conocimiento a aprender y se le plantean tareas para evaluar sus ideas y expectativas acerca del conocimiento a aprender. Es posible encontrar en esta etapa la presencia de conocimientos alternativos acerca del conocimiento a aprender, en este caso debe lograrse a posteriori que el estudiante las conscientice y se motive a buscar nuevas explicaciones.

3) De aplicación del procedimiento correspondiente al tipo de conocimiento a formar.

En esta etapa se aplicará el procedimiento inductivo o el deductivo según corresponda al tipo de conocimiento empírico o teórico que se quiere que el estudiante aprenda. Es importante recordar lo analizado al estudiar los fundamentos psicológicos sobre las características del pensamiento racional empírico y el racional teórico, para la formación de los nuevos conocimientos en dependencia del desarrollo síquico alcanzado por el estudiante, considerando los límites de edad aproximados para el tipo de racionalidad predominante en él.

4) De ejercitación.

Por esta vamos a entender la aplicación del conocimiento a que se ha arribado en la etapa anterior a situaciones semejantes o diferentes a la que sirvió para su obtención. La ejercitación es muy importante para el almacenamiento y fijación del conocimiento en la memoria. En esta etapa el profesor debe brindar la ayuda que cada estudiante necesite. El sistema de tareas debe permitir una frecuencia, periodicidad y flexibilidad en la aplicación del conocimiento en correspondencia con las características de cada estudiante. Cada ejercicio debe contener situaciones que sean significativas para la vida del estudiante. Este sistema debe permitir además ir evaluando el aprendizaje del estudiante y retroalimentar el proceso de enseñanza aprendizaje en caso de que sea necesario.

4) Ejemplificación de la propuesta didáctica planteada.

En esta ejemplificación se plantean las tareas correspondientes a cada etapa y se hace una reflexión acerca de las mismas.

4.1) Formación de conocimientos empíricos en un nivel primario o básico de educación.

Ejemplo 1.

Conocimiento empírico a formar: *Los cuerpos metálicos al ser calentados aumentan su volumen.*

Conocimientos propedéuticos: metal, volumen, temperatura, la temperatura del cuerpo aumenta al ser calentado este.

Etapa 1.

T) ¿Qué le sucede a cualquier cuerpo cuando se acerca una fuente de calor, por ejemplo una llama?.

R) Aumenta la temperatura es la respuesta que deben dar los estudiantes pues esto ya ha sido estudiado anteriormente por el alumno.

T) Ponga ejemplos de metales.

R) La respuesta a esperar son algunos metales que él ya conoce.

T) ¿Qué entiendes por volumen de un cuerpo?.

R) La porción de espacio que él ocupa.

T) ¿Cuándo un cuerpo aumenta su volumen el espacio que ocupa es mayor o no?.

R) Si, pues ocupa una porción mayor de espacio.

Es importante que el profesor le ponga todas las tareas a la vez a los estudiantes les diga que las realicen y les entreguen en un papel los resultados; para esto debe darle un tiempo prudencial. Esto es con el objetivo de él poder saber a posteriori cómo pensaba cada estudiante. Después que los estudiantes las entreguen debe reflexionarse con ellos cuáles son las respuestas correctas, dejándo siempre que sean ellos las que las expresen.

Etapa 2.

T) En la vida cotidiana un conjunto de cuerpos metálicos están expuestos a fuentes de calor y por ende aumentan su temperatura según hemos visto. Como los cuerpos metálicos tienen determinado volumen, es importante saber si este aumenta o disminuye con el aumento de temperatura. Por ejemplo en la construcción de los rieles

del ferrocarril y en el diseño de los aviones hay que tener en cuenta esto. ¿Piensa usted que los cuerpos metálicos deben aumentar o disminuir su volumen con el aumento de su temperatura?. Escríbalo en su libreta.

R) Esta tarea introduce al estudiante en la problemática a estudiar. Además sirve para poder valorar lo que piensan los estudiantes acerca de lo nuevo aprender. Es importante que después que los estudiantes lo escriban en la libreta el profesor le plantee a algunos estudiantes que planteen lo que han pensado y dejar la interrogante para la próxima etapa.

Etapa 3.

T) En la mesa de trabajo hay una lámina de madera con un agujero por el que puede pasar justamente tres esferas de metales distintos unidas a cordeles, las tres esferas de metal y un mechero. Diseñe y realice con estos materiales un experimento que le permita comprobar si el volumen de un metal aumenta o disminuye con el aumento de la temperatura. ¿ A qué conclusión llegó?. Escríbalo en su libreta. Compare su resultado con lo que había escrito en la libreta.

R) Esta tarea los estudiantes la realizarán en equipo y dirán sus resultados. Deben arribar a que el volumen de la esfera metálica ha aumentado con el aumento de la temperatura. El profesor debe ir por los puestos para ir valorando las conclusiones a la que van arribando cada equipo y fundamentalmente que piensa cada estudiante del equipo. Una vez que haya visto que la mayor parte de los equipos han concluido debe pasarse a una puesta en común acerca del resultado alcanzado. Este resultado cada estudiante debe escribirlo en su cuaderno.

Etapa 4.

T) ¿Por qué se deja un espacio entre los rieles al construir las líneas del ferrocarril?.

T) ¿ Por qué cree usted que es más fácil zafar las bujías del motor de los carros cuando este está frío?.

R) Las respuestas a estas preguntas no debe ser solamente porque el volumen del metal aumenta al aumentar la temperatura, pues esto puede llevar a que los alumnos se aprendan esto como una cadena verbal. Debe hacerse que ellos expliquen con sus palabras como este conocimiento se entrelaza con las problemáticas planteadas aquí.

Ejemplo 2.

Conocimiento empírico a formar: aceleración. Es la variación de velocidad que experimenta un cuerpo al transcurrir el tiempo, la cual se mide a partir de la relación entre la variación de la velocidad respecto al intervalo de tiempo transcurrido, es positiva si la velocidad aumenta y negativa si disminuye. .

Conocimiento propedeutico: velocidad y la forma en que se mide.

Instrumentación propedeutica: habilidad comparar.

Etapa 1.

T) ¿Qué entiendes por velocidad y cómo se mide?

T) ¿Cuáles son las unidades de la velocidad?

T) Compare la velocidad del sonido y la de la luz si se sabe que una es de 340 m/s y la otra de 300000 m/s.

T) ¿Crees tú que la velocidad de un cuerpo siempre sea constante o esta puede variar al transcurrir el tiempo?.

T) ¿Por qué crees tú que sea importante el concepto de velocidad?

R) Estas tareas deben hacerse mediante una pregunta escrita que se le haga a los estudiantes ellos la entregan para que el profesor pueda saber el dominio de cada uno sobre estos aspectos y después se discute el resultado. Una vez aclarado esto se le puede decir a los estudiantes que calculen la velocidad de un cuerpo que recorre 10m en 2s. Observe que la tarea 3 pretende valorar si los estudiantes poseen la habilidad de comparar, al resolverse esta tarea en clases debe revisarse la estructura de esta habilidad.

Etapa 2.

T) Como bien han planteado la casi totalidad de los alumnos, la velocidad de un cuerpo puede variar durante el transcurso del tiempo. Las siguientes situaciones son ejemplos de la vida cotidiana a partir de las cuales se puede afirmar lo anterior.

- El auto que está en reposo frente al semáforo y después de encenderse la luz verde va variando su velocidad.
- El movimiento que realiza un avión en la pista para poder despegar en el cual su velocidad va variando.
- Un cuerpo que se deja caer desde cierta altura su velocidad varía desde cero hasta un cierto valor.

La problemática que se le debe dar respuesta es la siguiente: ¿Cuál es la magnitud física que caracteriza el cambio de velocidad con respecto al tiempo y cómo se mide?. ¿Tienes alguna idea de cuál puede ser esta magnitud física, de ser así cómo la defines?, ¿Qué es para ti que un cuerpo esté acelerado

R) En esta tarea debe valorarse si algún estudiante tiene alguna idea acerca de la aceleración. Esto se deja como interrogante. En la última pregunta se trata de ver si los alumnos tienen la idea alternativa de que un cuerpo acelerado es que tiene una gran velocidad y no que la velocidad varía respecto al tiempo.

Etapa 3).

T) Hemos visto que en la mayoría de los movimientos mecánicos que se realizan, la velocidad varía al transcurrir el tiempo. La magnitud que caracteriza esta propiedad se denomina aceleración. Exprese con sus palabras esta magnitud y plantee un procedimiento para medirla. ¿Cuál cree que sea la unidad de la aceleración? ¿ Cuándo esta magnitud será positiva y cuando negativa? Argumente.

R) Aquí debe trabajarse por equipos y hacer que cada uno escriba sus resultado después se reflexionará de conjunto haciendo que se llegue al conocimiento que se quiere formar en el estudiante.

Etapa 4.

T) Un cuerpo tiene una aceleración constante y positiva. Si cada cinco segundos se mide su velocidad, esta velocidad aumentará, disminuirá o permanecerá igual. Explique. De haberse medido la velocidad al cabo de tres segundos, compárela con respecto a la anterior.

R) Esta tarea tiene el objetivo de ver si los estudiantes han comprendido el concepto de aceleración y que si ella es constante la velocidad varía igual para intervalos de tiempo iguales. Además pretende valorar que si es positiva la velocidad aumenta al transcurrir el tiempo. Aquí otra vez se valor la habilidad de comparar

T) Dos cuerpos se mueven a velocidades constantes de 50 m/s y 90 m/s. ¿Compare las aceleraciones de ambos cuerpos?.

R) Aquí se trata de valorar si tienen claro de que si la velocidad no varía respecto al tiempo la aceleración es cero. Esto está ligado con la idea alternativa vista anteriormente de que los estudiantes piensan que si un cuerpo tiene mayor velocidad es porque está más acelerado.

4.2) Formación de un conocimiento teórico.

Concepto teórico a formar. Aceleración. En este caso la definición del concepto debe expresar la causa que lo produce. Esta definición es: La aceleración es la variación de velocidad en el tiempo que experimenta un cuerpo de masa determinada al actuar sobre él una fuerza resultante. La aceleración para un cuerpo de masa constante tiene la misma dirección y sentido de la fuerza y aumenta o disminuye en dependencia del aumento o disminución de la fuerza resultante de acuerdo con la siguiente ecuación:
 $a = F/m$.

Conocimientos propedéuticos: fuerza, masa, aceleración como conocimiento empírico.
Instrumentación propedéutica: Cálculo de la fuerza resultante.

Etapa 1:

T) ¿Qué es para usted la aceleración?.

T) ¿Qué es para usted la masa de un cuerpo?

T) ¿Cómo mide la fuerza que ejerce usted sobre un cuerpo?

T) Sobre un cuerpo actúan dos fuerzas de 3N y 5N en la misma dirección pero en sentidos contrarios. ¿Cuánto es el valor de la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo?. ¿Qué dirección y sentido tiene?. Resuelva el problema anterior considerando las fuerzas en la misma dirección pero en sentidos contrarios.

R) estas tareas el estudiante debe realizarlas y entregarlas al profesor para que este pueda valorar el dominio que cada estudiante tiene de estos conocimientos. Después él debe aclarar estos conocimientos a partir de lo que expresen los estudiantes.

Etapa 2:

T) En el estudio anterior estudiamos el concepto de aceleración y aprendimos como medirla. Ahora nos interesa profundizar en este concepto para poder saber cuál es la causa de que un cuerpo esté acelerado o no, o sea, que varíe su velocidad respecto al tiempo. En muchas ocasiones es importante predecir cuál será el valor de la aceleración de un cuerpo de masa constante sobre el que actúa una fuerza también constante. Para ello es importante saber la relación que existe entre la aceleración que experimenta un cuerpo con respecto a la fuerza resultante aplicada de un cuerpo y la fuerza que ejerce otro sobre él. Con este estudio podemos llegar a otro procedimiento para medir aceleraciones de los cuerpos, además de poder conocer cuál es la causa de la aceleración de un cuerpo y de que parámetros depende esta. ¿Tiene usted alguna idea de cuál es la causa de la aceleración de los cuerpos?

T) ¿Si sobre un cuerpo de masa constante actúa una fuerza de valor constante, qué puede decirse de su velocidad?. Si la fuerza aumenta o disminuye, ¿ qué le pasará a su velocidad ? ¿qué le pasará a su aceleración?. Escríbalo en su libreta.

R) Estas tareas tienen como objetivo valorar qué piensan los estudiantes acerca de la relación entre la fuerza, la masa y la aceleración. También introducirán a los estudiantes en la problemática de estudio. El profesor hará que los estudiantes planteen lo que piensan y dejará la interrogante para entrar en la etapa siguiente.

Etapa 3:

T) Aplique una fuerza constante en magnitud, dirección y sentido a un cuerpo de masa determinada. Valore que le pasa a su aceleración. Aumente y disminuya la fuerza en magnitud manteniendo la dirección y el sentido inalterable, valore qué le pasa a la aceleración. ¿A qué conclusión puede arribar? En la mesa tiene los materiales para la realización del experimento.

T) Aplique una fuerza constante como en el caso anterior a un cuerpo de masa constante. Halle la aceleración del cuerpo. Aplique la misma fuerza que en el caso anterior a sendos cuerpos de masa constante, uno de los cuales tenga una masa

mayor que el anterior y otro una masa menor. Calcule las aceleraciones en ambos casos y compare las tres aceleraciones. ¿A qué conclusión puede arribar? En la mesa tiene los materiales para la realización del experimento.

- T) Exprese las conclusiones a las que puede arribar como resultado de la realización de las tareas anteriores.
- U) Las conclusiones a las que arriban los estudiantes deben ser escritas por ellos y después llegar a conclusiones colectivas.

- T) Si se tiene tres bloques de madera de masas iguales conocidas, un instrumento para medir velocidad llamado dinamómetro y un dispositivo que mide velocidad y otro que mide tiempo. Diseñe y realice un experimento que le permita comprobar las conclusiones a las que se ha arribado.
- R) Esta tarea se hace con el objetivo de que los estudiantes diseñen un experimento. Ellos deben defender por qué han realizado tal experimento. Como conclusión de estas tres tareas, el profesor debe expresar la función de la aceleración haciendo que los alumnos analicen las dependencias existentes entre fuerza, masa y aceleración, así como que la fuerza es la causa de la aceleración. Este análisis cumple el objetivo de que los estudiantes no se aprendan la fórmula como una cadena verbal.

Etapa 4.

T) Analice la expresión obtenida $a = F/m$.

R) Esta tarea debe hacerse como una pregunta escrita al comienzo de la clase. Su objetivo es valorar el aprendizaje realizado por cada estudiante. Debe hacer que algún alumno analice la misma. Esto permite que los estudiantes vean que hay un estudiante que lo ha aprendido bien y por ende él puede hacerlo.

T) Se tiene una caja de 10 kg de masa y otra de 5 kg de masa. Si sobre cada caja se ejerce una fuerza de 10 N en la misma dirección y sentido. Calcule el valor de la aceleración en cada caso y compárelas en magnitud, dirección y sentido.

T) Se tienen las mismas cajas que en el ejercicio anterior y sobre ambas se aplica una fuerza de 10 N en la misma dirección pero en sentido contrario en cada caso. Calcule el valor de la aceleración en cada caso y compárelas en magnitud, dirección y sentido.

T) Sobre una caja de 10 kg actúan sendas fuerzas de 2N y 3N respectivamente en la misma dirección. Calcule la aceleración de la caja.

a) Si las fuerzas actúan en el mismo sentido.

b) Si las fuerzas actúan en sentidos contrarios.

c) En ambos casos la velocidad del cuerpo aumentará o disminuirá?

Bibliografía de referencia

- (1) Martí J. Obras Completas. Ed. Ciencias Sociales. La Habana, 1968.
- (2) Varona E. J. Escritos de Educación y Enseñanza. Ediciones UNESCO, La Habana, 1960.
- (3) Caballero José de la Luz. De su Ideario Pedagógico. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1991.
- (4) Academia de Ciencias de Cuba, Academia de Ciencias de la URSS. Metodología del Conocimiento Científico. Ed. Ciencias Sociales. La Habana, 1975.
- (5) Gil D. y otros. Temas Escogidos de Didáctica de la Física. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1996.

Bibliografía básica consultada.

- Andreiev I. Problemas Lógicos del Conocimiento Científico. Edit. Progreso. Moscú, 1984.
- Ausubel, Novak D. Hanesian H. Psicología Educativa. Edit. Trillas. México, 1983.
- Bermúdez Sarguera R. y M. Rdguez. Rebustillo. Teoría y Metodología del Aprendizaje. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, 1996.
- Burón J. Enseñar a Aprender. Introducción a la Metacognición. Edic. Mensajero. ICE de la Universidad de Deusto. Bilbao, 1993.
- Davydov V. La Enseñanza Escolar y el Desarrollo Síquico. Edit. Progreso. Moscú. 1986.
- Flores X. Una Propuesta Didáctica para la Enseñanza de los Conocimientos Físicos en la Secundaria Básica del Ecuador. La Habana, 1999. (Tesis en opción al grado de master en Didáctica de la Física).
- Gil D. y otros. Temas Escogidos de Didáctica de la Física. Edit. Pueblo y Educación, La Habana, 1996.
- González Rey F. Comunicación, Personalidad y Desarrollo. Edit. Pueblo y Educación, La Habana, 1995.
- Nieda J.; Macedo B. Un Currículo Científico para Estudiantes de 11 a 14 Años. OEI- UNESCO. Madrid, 1997.
- Piaget J. Seis Estudios de Psicología. Edit. Seis Barral. Barcelona, 1979.
- Rodríguez M. y Bermúdez R. Psicología del Pensamiento Científico. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, 1999.
- Vigotsky L. Pensamiento y Lenguaje. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, 1968.