

SOBRE LA ENSEÑANZA Y EVALUACION DEL
CURSO DE FISICA

*Carmen Esteves**

El proceso enseñanza aprendizaje en cualquier área del conocimiento tiene aspectos generales que la tecnología educativa moderna enfrenta de manera semejante y que se expresan en conductas similares dentro del quehacer educativo, así como por ejemplo la participación del alumno como actor de su propio aprendizaje. Sin embargo podemos afirmar que los aspectos fundamentales del proceso educativo toman particulares características según se trate del área de ciencias, como la matemática y la física o del área de letras, como literatura o historia.

Respecto a las ciencias físicas podemos decir que estos aspectos fundamentales están principalmente dirigidos a las metas que se quieren lograr dentro del curso:

1. Formación de un pensamiento científico
2. Aprendizaje de conceptos, principios y generalizaciones.
3. Formación de un pensamiento crítico, creador para la investigación científica

* Pontificia Universidad Católica del Perú.- Departamento de Ciencias.

4. Enseñanza y evaluación de acuerdo a los niveles de aprendizaje científicamente aceptados.

1. Para nosotros FORMACION DE UN PENSAMIENTO CIENTIFICO quiere decir que la mente se prepara para sacar el máximo provecho de los acontecimientos causales o provocados (experimentación), incentivando actividades mentales como:

- observación
- imaginación
- suposición
- comparación, es decir estableciendo contrastes o analogías.
- inferencia de conocimientos (traslado de conocimientos de un área a otra)
- análisis
- síntesis

Estas actividades mentales se manifiestan en conductas o acciones, que son las que finalmente nos llevan al conocimiento. Estas, por lo regular, tienen una secuencia que contempla las actividades mentales antes mencionadas; aquí la secuencia la hemos reducido a tres pasos:

- Selección de hechos relacionados con el problema o fenómeno, como consecuencia lógica de la observación, de la imaginación y la suposición.
- Planteamiento de hipótesis tentativas que interpreten el fenómeno o resuelvan el problema, derivadas de la comparación y de la inferencia.
- Deducción de las conclusiones, leyes o principios, y la comprobación de los mismos. Todo ello supone análisis y síntesis.

Veamos un ejemplo concreto: supongamos que lo que se quiere tratar en una clase sea la *caída libre de los cuerpos* a nivel de secundaria.

La experiencia planteada a realizar con los alumnos es la siguiente:

Dejar caer desde una misma altura una esferita de jebe o plástico junto con una hoja de papel (ambas llegan al suelo en tiempos diferentes), luego se hacen preguntas adecuadas para estimular la observación del fenómeno; después se forma con la hoja de papel una esferita y se repite la caída de las dos, (las dos caen al mismo tiempo), se estimula la comparación contrastando las dos experiencias. Luego se puede cambiar a objetos de igual tamaño pero de peso diferente. etc. Siempre haciendo que el alumno opine y redescubra, por si sólo, las ideas involucradas...

La secuencia del pensamiento científico puede encontrarse fácilmente.

a) Selección de hechos

- Todos los cuerpos caen si se les suelta desde cualquier altura, hacia un nivel más bajo llamado piso.
- Masas de forma compacta casi puntual caen al mismo tiempo no importando si tienen mayor masa.
- Masas de forma amplia susceptibles de soportar la acción del aire a modo de fuerza que se opone, no caen en igual tiempo sino en mayor tiempo.

b) Propositiones tentativas.

- Si no existiera aire todos los cuerpos sin importar su forma caerían en igual tiempo.
- Si todos los cuerpos caen en tiempos iguales, partiendo del estado de reposo están acelerados y su aceleración es la misma para todos.
- Dicha aceleración proviene de la tierra, que ejerce una fuerza sobre los objetos

c) Deducción de conclusiones y comprobación de las mismas.

- Todos los cuerpos en caída libre, en el vacío, caen con la aceleración de la gravedad cuyo valor es conocido, para la tierra y es dependiente de la masa, del radio terrestre y de una constante Universal, por lo que es la misma para cualquier objeto.

2. FORMACION DE CONCEPTO, PRINCIPIOS Y LEYES

Toda investigación científica termina con la formación de conceptos, como en el caso anterior los conceptos de: masa, aceleración de la gravedad, resistencia del aire etc. Algunas veces se logra captar principios como el de la caída libre y otras, se redescubren leyes más generales como la ley de gravitación universal.

3. COMO LOGRAR UN PENSAMIENTO CRITICO Y CREADOR

En realidad este aspecto fundamental en el proceso educativo de las ciencias está muy ligado a la conducción del aprendizaje, pues se va formando a través de la oportunidad que tiene el alumno de opinar, expresar sus dudas, o rechazar alguna idea. La discusión de los resultados de una experiencia, y la oportunidad que se da alumno de crear sus propios métodos de análisis genera en el alumno un pensamiento crítico y creativo.

4. ENSEÑANZA Y EVALUACION

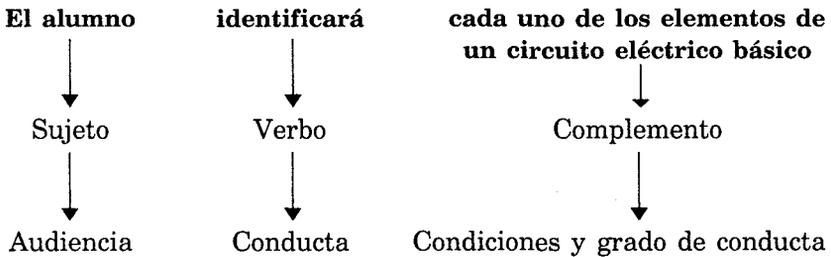
Una enseñanza aprendizaje en cualquier área requiere indudablemente tener en cuenta los niveles del educando en cuanto a edad, estrato social y cultural, lugar donde vive, para adecuar las experiencias a su realidad más cercana; pero hay niveles del aprendizaje que hacen referencia mas bien a la condición del ser humano con procesos mentales, psíquicos y motrices, que deberán tenerse en cuenta en cualquier proceso educativo, no sólo al planificar los objetivos sino al evaluarlos.

Sin menospreciar, ni descartar a otros autores tomemos como referencia los niveles del aprendizaje descritos en la **Taxonomía de Bloom**. Específicamente los niveles del área cognoscitiva, que son los más saltantes en el proceso de aprendizaje de las ciencias, a pesar de que no deberíamos descuidar los niveles psicológicos y motrices del educando.

La mayoría de los docentes al planear sus objetivos, contenidos y actividades dentro de un curso de ciencias tiene en cuenta los

niveles del conocimiento, sin embargo a la hora de la evaluación de los alumnos difícilmente se acuerda de planear una prueba adecuada a sus objetivos y, menos aún, a los niveles del conocimiento, siendo ésta una de las razones principales del fracaso de los alumnos en los exámenes.

La tecnología educativa moderna, entre otras cosas, nos da su valiosísimo aporte en lo que es la formulación de objetivos conductuales, no sólo en lo que respecta a su estructura, que la trata como una oración en la que claramente se identifica al educando como el sujeto, la conducta como una acción representada por el verbo y el predicado en el que se delimita el alcance de la acción. Así por ejemplo el siguiente objetivo específico



Lo importante en la elaboración de los objetivos es saber elegir los verbos que nos llevan a conductas aceptables como acciones educativas, por la viabilidad de lograrlas y de poder evaluarlas objetivamente, a diferencia de verbos que describen conductas no aceptables sujetas a demasiadas interpretaciones; por ejemplo una pequeña muestra sería:

ACEPTABLES

- identificar
- reproducir
- armar
- organizar
- enumerar
- predecir
- alterar
- componer

NO ACEPTABLES

- saber-conocer
- entender
- creer
- disfrutar
- apreciar
- comprender
- explorar
- ser capaz

Además, dentro de la lista de los verbos referidos a conductas aceptables, también pueden distinguirse los adecuados para usarlos en cursos de ciencias y dentro de éstos los específicos para lograr determinadas conductas:

conducta creativa	cambiar sintetizar modificar adaptar reestructurar diseñar
conducta lógica	explicar criticar decidir analizar deducir
conducta matemática	resolver graficar extrapolar calcular operar
conducta experimental	calibrar manipular preparar diluir combinar medir

Todas estas conductas aceptables pueden ser clasificadas dentro de los niveles del conocimiento, de modo que si expresamos con dichos verbos nuestros objetivos, será muy sencillo usarlos al proponer las preguntas de examen. Identificar los verbos en el debido nivel del conocimientos nos ayudará, a nosotros mismos, a valorar cuál es el nivel que se desea evaluar, o que se está evaluando con cada pregunta del examen o en cada ítem.

Así, en el primer nivel del campo cognoscitivo tenemos el **nivel de conocimientos**, pudiendo utilizar verbos como: enumerar, describir, clasificar, enunciar, secuenciar, expresar, identificar, enunciar, referidas a conductas que no requieren más que de la acción memorística, que es el primer nivel en el campo cognoscitivo.

Cuando en nuestro objetivo expresamos, por ejemplo: *El alumno **identifica** los elementos de un circuito de corriente alterna.*

El segundo **nivel el de comprensión** requiere no sólo del conocimiento sino de establecer relaciones entre los conocimientos, contrastarlos y buscar sus diferencias, o interpretarlos.

Los verbos que expresan dichas conductas serán: diferenciar, extrapolar, cualificar, elegir, graficar, relacionar, clasificar etc.

Por ejemplo, el objetivo anterior podría ampliarse en su acción de conducta: *El alumno **arma** un circuito de corriente que sirve como filtro pasa altas.*

El **nivel de aplicación** requerirá de verbos que conduzcan al alumno a emplear el conocimiento ya comprendido para resolver situaciones concretas, conocidas; así, los verbos a emplearse serían: armar, calcular, construir, resolver, ensamblar, aplicar, diseñar.

Por ejemplo: *El alumno **calcula**, la corriente, el voltaje y la resistencia de un circuito de corriente alterna*

El **nivel de análisis** requiere de abstracción de lo aprendido, de inferir otros conocimientos a partir de los antes aprendidos por lo que verbos apropiados serían: discutir, deducir, inferir, cualificar, discriminar, concluir etc.

Por ejemplo: *El alumno **discute** los valores límites para los cuales los elementos de un circuito actúan como circuito abierto.*

Llegar a este nivel en los objetivos y evaluarlos es ya un buen logro, y la mayoría de los profesores se quedan en este nivel. Sin embargo la ciencia para avanzar requiere que el alumno sea formado como un ser creador y crítico. Es decir que tenga inventiva y se

atreva a proponer cosas novedosas; de allí que en el proceso enseñanza aprendizaje deberá llegarse a los dos últimos niveles.

El nivel de síntesis donde nos encontramos con conductas como: esquematizar, resumir, sintetizar, condensar, diseñar un prototipo, expresar ideas concretas, formular hipótesis.

Ejemplo: *El alumno **diseña** circuito de alta eficiencia en base a un numero de dispositivos dados.*

Y el nivel más alto del conocimiento el nivel de evaluación requiere de conductas totalmente objetivas y medibles como cuestionar, criticar, remodelar, discriminar, descartar, elegir lo más adecuado, delimitar, validar, decidir, rediseñar, etc.

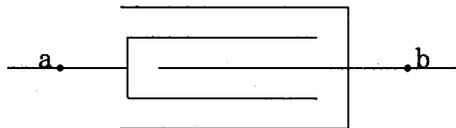
Ejemplo: *El alumno **valida** un diseño de circuito para introducir modificaciones y hacerlo mas eficiente.*

Del mismo modo es de gran utilidad al formular las evaluaciones el pensar en función de los niveles del conocimiento y en estos verbos aceptables que clarifican las acciones educativas y que permiten saber si el proceso de aprendizaje se dio, siempre que se evalúen las mismas conductas.

En realidad no es difícil; con cualquier situación-problema se pueden lograr preguntas apropiadas y valorar distintos niveles, ello depende de la profundidad con que se pretenda evaluar. Como aclaración se propone un problema sencillo que puede servir para valorar diferentes niveles del conocimiento:

PROBLEMA I

Se tienen 5 placas del mismo material de igual forma y área, conductoras, separadas entre si una misma distancia, "d" pequeña y una diferencia de potencial V_0 entre los puntos **a** y **b**.



1era. Opción: Nivel de comprensión

Identifique en cada caso cuantos condensadores hay y encuentre las capacidades equivalentes.

2da. Opción: Nivel de aplicación y análisis

Discuta en cual de los arreglos de los condensadores identificados se acumula mayor carga.

3era. Opción: Nivel de síntesis.

Haga el esquema de la distribución de los condensadores, que almacenen la máxima carga posible.

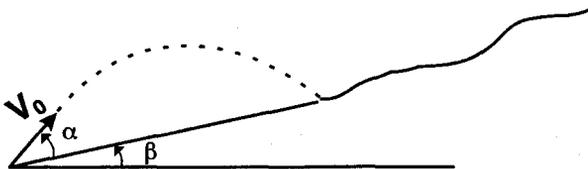
Muchas veces los profesores hacemos uso de las preguntas de los textos en tal caso debemos desarrollarlas o ver la solución y encontrar en el proceso los diferentes niveles necesarios que requerirá el alumno para resolverla.

Calificación de la pregunta según su nivel.

Ayuda a este proceso desglosar la pregunta y preguntarse que logros precisa el alumno para resolverlo. Por ejemplo, la siguiente pregunta evalúa nivel IV.

PROBLEMA II

Se lanza un proyectil, con una velocidad V_0 y un ángulo α con la horizontal, desde un punto en una colina que tiene una inclinación β con la horizontal ($\alpha > \beta$). Ver la figura. Calcular el alcance máximo del proyectil sobre la colina.



Al analizar el problema, identificamos los siguientes niveles del conocimiento, que precisa el alumno para resolverlo:

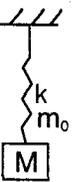
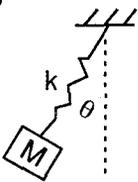
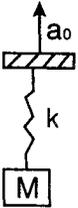
1. Debe conocer la trayectoria parabólica del proyectil o partícula (nivel I)
2. Expresar las funciones de los desplazamientos en las direcciones $x(t)$ y $y(t)$ (nivel II)
3. Identificar el punto de impacto como función de un alcance R' (nivel II)
4. Encontrar la expresión de R' como función del ángulo α única variable (nivel III)
5. Requiere de la transferencia de un conocimiento de máximo alcance a un problema desconocido (nivel IV)

PROBLEMA III

La evaluación según los niveles de conocimiento, requiere de ir valorando en cada caso la conducta a ser valorada en contraste con lo enseñado y lo planeado en los objetivos. Así podemos ver estos pasos en el siguiente problema

En cada caso encontrar la deformación del resorte de longitud inicial y constante de elasticidad k .

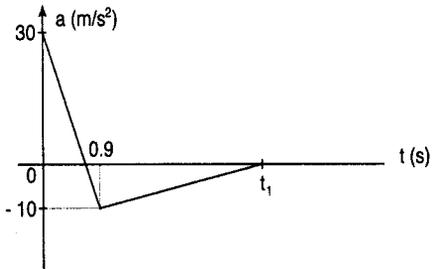
- a. resorte sin masa, del cual se suspende una masa M .
- b. resorte de masa m_0
- c. resorte sin masa, al que se le da una separación angular θ .
Hallar la deformación como función de θ .
- d. resorte sin masa, sistema con aceleración a_0 constante.

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 
<p>memoria conocimiento</p>	<p>relaciona conceptos</p>	<p>enfrenta situación desconocida, analiza y resuelve</p>	<p>superpone conocimientos</p>
<p>Nivel I conocimiento</p>	<p>Nivel II comprensión</p>	<p>Nivel IV análisis</p>	<p>Nivel III aplicación</p>

Otro problema que deberá enfrentar el docente que quiere utilizar preguntas de los textos, es que muchas de las preguntas tienen una sola interrogante y la solución es demasiado larga, en tal caso es preciso que el profesor sepa desagregar la preguntas en ítems que conduzcan al alumno a una solución, y que a la vez le sirvan para aprender un método de solución. Este es el caso de la siguiente pregunta:

PREGUNTA IV

Una partícula es sometida a una aceleración $a_{(t)}$, dada gráficamente. Si parte del reposo y vuelve a quedar en reposo al tiempo t_1 ; determinar éste tiempo y el espacio recorrido



Solución planteada en el libro:

Calcule primero el tiempo t_0
Para el cual $a = 0$, del gráfico:

$$t_0 = \frac{30}{40} \times 0.9 = 0.765 \text{ s}$$

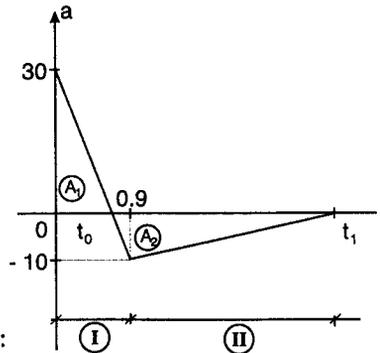
Como parte del reposo:

$$v = \int a dt$$

y vuelve a quedar en reposo:

$$0 = \int a dt$$

luego las áreas A_1 y A_2 indicando en el gráfico tienen que ser iguales:



$$A_1 = A_2$$

$$\frac{1}{2} \times 30 \times 0.765 = \frac{1}{2} \times 10 \times (t_1 - 0.765)$$

Luego el tiempo t_1 es:

$$t_1 = 3 \times 0.675 + 0.675 \times 4 - 2.7 \text{ s}$$

para $0 < t < 0.9$ (tramo I indicado en el croquis)

la aceleración es

Como podremos apreciar, por la solución, esta pregunta podría tener las siguientes sub-preguntas o items:

- a) En que tiempo t_1 la partícula vuelve a conseguir el reposo
- b) Exprese la aceleración como función del tiempo en los tramos $[0,0.9]$ seg. y $[0.9, t_1]$ seg.
- c) Encuentre las funciones de velocidad en dichos tramos.
- d) Halle el espacio total recorrido por la partícula

En realidad quedan muchas ideas que podrían desarrollarse en una próxima comunicación.