



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**PERFILES
EDUCATIVOS**

ISSN 0185-2698

Riveros, Héctor G. (1995)
**“EL PAPEL DEL LABORATORIO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA
EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR”**
en Perfiles Educativos, No. 68 pp. 29-36.

EL PAPEL DEL LABORATORIO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

Héctor G. RIVEROS*

La definición de objetivos en los cursos de física debe hacerse en función del papel que juega la enseñanza media superior dentro del sistema educativo, y por lo que la sociedad espera de sus bachilleres, considerando que la estructura básica universitaria es necesariamente participativa y comprometida con la transformación del entorno cultural y social.

Aquí se discuten los criterios utilizados en la planeación de las actividades experimentales, realizadas por los estudiantes de Física que cursan la enseñanza media superior.



THE ROLE OF LABORATORIES IN THE TEACHING OF PHYSICS AT HIGH SCHOOL. *The goals aimed at in physics courses should take into consideration the role played by High School within the educational system, as well as society's expectations regarding students. The basic university structure, which is necessarily participant and committed with the transformation of the social and cultural environment should be considered.*

The criteria followed in the planing of experimental activities made by physics' students of High School are discussed.

a) Impacto de la ciencia en la sociedad

El éxito que la ciencia moderna ha tenido al modificar y aprovechar el mundo en que vivimos, es indiscutible. No hay aspecto de nuestra vida cotidiana que no se haya visto afectado por este éxito. Los coches, los aviones, los refrigeradores, las televisiones, por no hablar de viajes a la luna y bombas termonucleares, son ejemplos del impacto de la ciencia.

La Física ha jugado un papel muy destacado en este cambio. Es cierto que ha creado armas terribles, pero tanto su invención como la moralidad de su uso está condicionado a factores humanos. También ha servido para crear un colonialismo económico, pero éste es un problema de tipo social, el cual requiere de soluciones efectivas conforme aumenta la población y los medios de comunicación disponibles. Sin embargo, a pesar de sus desventajas, difícilmente alguien querría volver a la sociedad de hace 150 años. Sólo pensemos en que la agricultura con aquellos métodos, la producción de alimentos, no sería suficiente para la población actual, ¡lo que significaría la muerte por hambre de gran parte de la humanidad!

Otro aspecto del impacto de la ciencia está relacionado con la dependencia económica de los países en desarrollo, los que compran productos manufacturados y venden sus materias primas. Tal situación conduce a que la plusvalía asociada con la manufactura se quede en el país productor, y en consecuencia se padezca una dependencia tecnológica. Así tenemos que los países desarrollados, optimizan cada vez más sus procesos de fabricación, con lo que aumenta la dependencia de los países llamados «en desarrollo».

* Investigador del Instituto de Física-UNAM.

En nuestro país esa situación se refleja en los índices de exportación e importación; desde fines de la segunda Guerra Mundial, importamos más de lo que exportamos, o sea que compramos más de lo que vendemos, generando una deuda externa creciente y con intereses mayores a pagar. Por eso se requiere de una ciencia vigorosa, capaz de crear la tecnología necesaria que nos permita alcanzar la independencia económica.

Además de sus aplicaciones prácticas, la ciencia moderna también ha transformado nuestra visión del Universo, y el concepto de la realidad. La relatividad y la mecánica cuántica han abierto nuevas perspectivas; la astrofísica nos habla de magnitudes espacio-temporales no imaginadas por generaciones anteriores. Este desarrollo de la ciencia está íntimamente relacionado con el «*método científico*», nombre con que se designa a los diferentes métodos que usa la ciencia para resolver sus problemas. Estudiamos las ciencias por sus aplicaciones prácticas y por la nueva perspectiva que nos proporciona el entender el mundo que nos rodea.

b) El porque de la enseñanza de la física

La creencia en las bondades de la ciencia es compartida por todos los países, y a través de su sistema educativo, se forman los cuadros que requiere cada nación para lograr su desarrollo científico y tecnológico. También es importante que el individuo entienda el mundo que lo rodea, donde, así como utiliza motores eléctricos, motores de gasolina, computadoras, televisiones, también observa el arco iris, las nubes, los espejismos y un sinnúmero de fenómenos que de no entenderlos, los convertirá en dioses o mensajes de los dioses, como en las tribus primitivas. Sin duda, el comprender el por qué de las cosas nos anima y estimula a encontrarles nuevas aplicaciones; además del placer intelectual asociado al chispazo del entendimiento e independientemente de los posibles placeres estéticos.

El papel de la enseñanza media superior es dual: por un lado producir bachilleres capacitados, para que en Escuelas y Facultades se conviertan en los profesionistas y técnicos competentes que el país requiere; y por otro, situar al hombre moderno de modo que entienda el funcionamiento de la Sociedad actual. La cultura básica universitaria debe «implicar una visión humanística de las ciencias y una visión científica de los problemas del hombre y de la sociedad». Considerando el número de egresados de la enseñanza media superior y el ingreso a las Escuelas o Facultades, se observa que gran cantidad de bachilleres pasan directamente a formar parte de la población económicamente activa; podría justificarse entonces tomar como objetivo fundamental el preparar individuos capaces de entender la sociedad en que vivimos, y por ende, la ciencia moderna que lo ha permitido. Este objetivo no es incompatible con el de proporcionar la preparación que requieren los que ingresan a estudios posteriores; porque ellos también necesitan entender el mundo que los rodea.

Dentro de este contexto, los cursos de Física adquieren cada vez más importancia, debido a que sus avances influyen directamente en nuestra forma de vida. Por otra parte, si se concediera que el método científico es el máximo logro de la ciencia, y que en ciertos casos es aplicable en algunos problemas de la vida diaria,² es deseable que un bachiller lo conozca, tanto por la racionalización que implica su uso como para entender los avances de la ciencia.

Existe el peligro de exagerar la importancia de las ciencias, en particular de la Física, y se trate de explicar todo a nuestro alrededor en términos físicos. Pero el hombre es consciente de su existencia, piensa y razona en forma lógica, independientemente de que estos procesos mentales se puedan expresar en términos físicos. Tiene también sentimientos, un sentido del deber y de la estética, que escapan del ámbito de la física. La ciencia nos da un conocimiento muy efectivo del mundo en que vivimos, pero no es capaz de explicar todas las experiencias humanas.

El uso intensivo que se hace en física de las matemáticas, permite visualizar conceptos algebraicos y de cálculo, enfatizando su papel de método sistematizador del conocimiento y lenguaje de máxima economía, ingredientes indispensables en la cultura.

Resumiendo: si se aceptan como válidos los argumentos anteriores, se requiere que un bachiller tenga los conocimientos necesarios para proseguir a otros estudios, y para entender el mundo que lo rodea. Además, debe ser capaz de aplicar el método científico en la resolución de problemas sencillos.

c) Planeación de un curso

Aunque los problemas del mundo real son interdisciplinarios, la tradición ha hecho que los planes de estudio se estructuren por asignaturas, tanto por motivos pedagógicos de sistematización del razonamiento como por la imposibilidad de encontrar maestros expertos en todas las áreas del saber.

Aceptando como realidad los planes de estudio por asignaturas, consideremos las implicaciones sobre un curso particular.

En los programas de estudio por asignatura se suele enumerar grandes cantidades de conocimientos con la esperanza, casi nunca justificada, de que el estudiante no sólo los aprenda, sino que desarrolle al mismo tiempo las habilidades necesarias para aplicarlos algún día. Algunos planes de estudio insisten mucho en la enseñanza por «*objetivos*», tratando de llegar más allá de la información implícita en una enumeración de temas, para recalcar el papel formativo del proceso enseñanza-aprendizaje. En otras palabras, para la descripción de un curso se requiere el conjunto de conocimientos (información) que se desea transmitir, y el conjunto de habilidades y método (formación) que el estudiante debe aprender, así como métodos de evaluación congruentes con los objetivos propuestos.

Por lo común, la especificación de un programa de estudios se encomienda a Consejos Técnicos, los que al actuar como cuerpos colegiados determinan las especificaciones de los diferentes cursos. Conforme pasan los años, los cursos se vuelven obsoletos, por lo que resulta necesario su modificación periódica. Al aceptar los programas vigentes, a el profesor sólo le queda decidir la manera de combinar los temas por impartir, con las habilidades, los métodos por enseñar y los recursos disponibles.

Si algún país hubiere encontrado el mejor plan de estudios, ya se hubiera propagado a todos los demás; de hecho los programas en Física son sumamente parecidos entre sí, independientemente de la organización social del país.

d) Papel del laboratorio

Suponiendo que partimos de un programa con objetivos específicos, todavía queda al profesor el problema de planear la estrategia de aprendizaje de los diferentes temas de manera que el estudiante no sólo esté informado, sino que le permita introducir al estudiante en las técnicas y métodos usados en la Física. Para esto, es conveniente hacer una tabla en la que a cada tema del curso le corresponden métodos de trabajo y evaluación, así como recursos y tiempo disponibles. Para hacer esta planeación didáctica se requiere un profesor versátil, capaz de pasar de la mención de conocimientos, a inducir o deducir a partir de ellos, de hacer demostraciones, diseñar experimentos, realizarlos e interpretarlos, organizar grupos de trabajo, etc. Esta es la manera más completa de impartir un curso de Física, aunque no es fácil pasar de la teoría al experimento o viceversa. Esto ocasiona que en algunos casos, se recurra a la división de las clases en teoría y laboratorio, y a la especialización correspondiente por parte de los profesores, lo que hace necesario repartir entre las clases de teoría y laboratorio los objetivos informativos y formativos del curso, tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada tipo de clase.

El salón de clases se presta para comunicar gran cantidad de información en poco tiempo, algunos temas se pueden inducir a partir de demostraciones cualitativas o películas; en cambio el laboratorio se presta para la demostración cuantitativa de datos experimentales, aclara conceptos, verifica leyes o las induce, y es por lo tanto el lugar ideal para aprender a utilizar sus conocimientos en situaciones reales.

No obstante estas cualidades, las clases de laboratorio son raramente aprovechadas, pues en varias instituciones los cursos de Física experimental se limitan a la ejecución de prácticas improvisadas, que apenas llegan al nivel de experimentos de demostración cualitativa, o bien se adoptan «*métodos*» como el de proporcionar al estudiante un recetario con los pasos que debe ejecutar aun sin entender porqué y sin saber a dónde le conducirán finalmente.

Otro error que se comete frecuentemente es el considerar al laboratorio solamente como un apoyo didáctico de las clases teóricas; tal concepción, además de olvidar que la Física es una ciencia fundamentalmente experimental, también desaprovecha las cualidades antes mencionadas y sobre todo, aquella sobre la cual queremos hacer más énfasis aquí: la del desarrollo de la capacidad de aplicar los conocimientos para entender lo que pasa en el mundo que nos rodea.

Existen también intentos de basar en el laboratorio las clases de teoría, tratando de obtener del experimento los conocimientos básicos de un curso completo de física, pero esto da como resultado un proceso de aprendizaje sumamente lento. Además, como es fácil que al menos algún estudiante del grupo tenga una idea previa de lo que quiere obtener, se tiene el inconveniente de que así se falsea el proceso de inducción asociado al experimento. Podríamos añadir que la obtención de las leyes de la Física a partir del experimento suele ser una labor que deja insatisfecho al alumno, ya que son pocos los experimentos que con el equipo y el tiempo disponibles permiten una inducción clara y directa de la ley en cuestión.

Así como el laboratorio es muy lento para transmitir información, a cambio facilita plantear problemas que le permitan al estudiante aplicar sus conocimientos sobre la naturaleza, entrenándose en la aplicación del método científico.

e) Método científico⁴

Se empieza por plantear una proposición cuya solución sea de interés. Enseguida, mediante la aplicación de las leyes físicas, se formula una hipótesis en la que se trata de identificar los efectos más importantes que intervienen en el fenómeno dado, y mediante un proceso deductivo, se hace una predicción sobre cuales son las variables relevantes en el problema, y cual es la relación matemática entre ellos; a dicha predicción se le llama generalmente, modelo. Si esta última parte no es factible, al menos quedará claro qué variables pueden quedar unidas por una relación empírica cuya forma exacta después se buscará. Sabiendo qué medir, se puede planear y ejecutar un experimento que permita verificar la predicción hecha, o, en su caso, encontrar la relación empírica buscada. Para tal efecto, es necesario que los valores experimentales se encuentren al nivel de precisión requerido por la planeación hecha. El siguiente paso es analizar los datos obtenidos del experimento, interpretar los resultados de ese análisis y llegar a conclusiones sobre la validez de las hipótesis hechas, la calidad del experimento, etc. Una vez hecho esto, será posible decidir si se ha resuelto el problema planteado inicialmente y en que medida las hipótesis iniciales son las adecuadas para describir al fenómeno observado. En este paso, puede incluso llegarse a la conclusión de que el problema planteado al inicio no tiene sentido, y que entonces debe ser replanteado. También es común que las hipótesis iniciales deban modificarse para introducir factores que no se habían incluido teóricamente y cuya influencia se sospecha pueda ser importante. Finalmente, en caso de que el problema se considere satisfactoriamente resuelto, se procederá a escribir un informe en el que se comuniquen los resultados en forma clara.

El diagrama anterior es simplista porque presenta la forma de una secuencia de pasos, casi independiente, siendo que en el proceso real cada una de esas partes está relacionada con todas las demás y, por lo tanto, nuestro diagrama debería parecerse más a un rompecabezas. Así, por ejemplo, el tipo de consecuencias que se puedan extraer de los datos, puede modificar el procedimiento experimental; o bien la estimación de la incertidumbre de un cierto equipo puede hacer que se deseche su uso, o aún más, una experiencia cualitativa previa puede demostrar que la hipótesis original no funciona. No obstante esto, el diagrama tiene la ventaja de ser lo suficientemente sencillo como para que podamos, a partir de él, plantear los objetivos de un curso de Física experimental. Es decir, para que después de ese curso, un estudiante sea capaz de resolver problemas. Para lograrlo aún a nivel elemental necesita:

1. Poder plantear un problema, identificando el modelo y sus hipótesis, o al menos, las variables cuya medición es importante.
2. Saber consultar los manuales.
3. Proponer un procedimiento experimental que conduzca a la respuesta.
4. Elegir el equipo adecuado de medición, para lo cual es necesario definir las características de los instrumentos.

5. Graficar, tabular y combinar los datos que lo requieran.
6. Interpretar los resultados en términos de los postulados originales.
7. Redactar un informe claro y conciso de los resultados obtenidos, o sea, dar la respuesta al problema planteado inicialmente.

Es claro que los problemas que un estudiante de enseñanza media superior puede aprender a resolver, no tienen la complejidad de aquellos a los que se enfrentará más adelante. Sin embargo, si se considera que el análisis cuidadoso de un problema complicado nos conduce a la separación de éste, en un conjunto (que puede ser numeroso) de problemas sencillos, se nota que, proporcionando al estudiante el entrenamiento mencionado, lo estamos preparando para que participe, posteriormente, en la solución de problemas mucho más complejos.

De acuerdo con lo anterior, lo que se necesita para estimular el aprendizaje del método científico es encontrar un conjunto de problemas que se puedan resolver con los conocimientos que tiene el estudiante, relacionados con los temas que está llevando en la parte teórica de la clase, en los que utilice los aparatos y técnicas experimentales que interesa que aprenda. Además, hace falta que el estudiante los considere relevantes para lograr motivar su interés. Estos requisitos, que parecen triviales, son extremadamente difíciles de cumplir, por lo que se siguen buscando problemas que los satisfagan.

De manera que el aprovechamiento óptimo del laboratorio se tendrá cuando el estudiante tenga la oportunidad de aplicar sus conocimientos en la resolución de algunos problemas lo suficientemente sencillos para que los pueda resolver, pero no triviales, para que tenga que razonar. Desafortunadamente, este camino es muy lento para transmitir toda la información que se desea, por lo que se hace necesario la exposición oral, lecturas, filminas y películas para agilizar el proceso. De estos recursos no hablaremos, por ser bien conocidos y porque lo que nos interesa son los usos del laboratorio. Otro uso del laboratorio que hemos mencionado, pero que ahora discutiremos, es el de las demostraciones.

f) Demostraciones

El propósito de una demostración es resaltar un concepto físico y/o dejar en los estudiantes una impresión, tan memorable como sea posible, de cómo opera determinado principio físico que se usa para explicar el fenómeno observado. Una demostración no debe ser considerada como un sustituto de un experimento, el cual tiene objetivos bien definidos y debe realizarse cuidadosamente en el laboratorio.

Los experimentos de demostración son necesarios para hacer ver a los estudiantes que la física es una ciencia natural, y que cada teoría debe finalmente basarse en las respuestas que la naturaleza proporciona a las preguntas formuladas adecuadamente a través de los experimentos.

Algunas de las ventajas que se obtienen con las demostraciones en el salón de clases son las siguientes:

1. *Comunicación* Se establece una comunicación entre el profesor y los alumnos cuando, antes de hacer la demostración, se pregunta «¿qué suponen ustedes que suceda si...?» La demostración que siga a tal pregunta debe ser clara y concisa para que el alumno pueda encontrar la respuesta.
2. *Ilustración de conceptos* Existe la tendencia de usar principalmente demostraciones cualitativas, simples y de poca duración, de tal manera que se ilustre un concepto físico bien definido.
3. *Motivación* Una demostración sirve de motivación para estudiar un fenómeno. También sirve de ejemplo para que el alumno se vea tentado a diseñar o idear demostraciones con equipo y material lo más sencillo posible o de fácil adquisición. El alumno se da cuenta que con equipo casero puede realizar experimentos.

Los problemas que presentan las demostraciones están asociados a la dificultad de conseguir los elementos necesarios, y a la necesidad de ensayarlas (en privado) varias veces hasta captar todas sus sutilezas. Todos recordamos alguna demostración fallida, y los apuros que pasamos.

Mencionaremos ahora dos ejemplos de demostraciones que tienen las características señaladas.

i) Romper hilo arriba o abajo

Esta demostración ilustra el concepto de inercia. El dispositivo consiste en un soporte resistente, un objeto pesado (por ejemplo, una prensa) y dos pedazos de estambre. Se amarran los estambres en puntos opuestos de la prensa, y se cuelga del soporte por medio de uno de los estambres.

Si se jala fuerte y rápido el estambre inferior, éste se rompe. Si se jala fuerte y lento, se rompe el estambre superior. En el primer caso la inercia del objeto pesado hizo que la tensión en el estambre inferior creciera más aprisa que en el superior. Al jalar lentamente, la tensión con el alambre superior es mayor, debido al peso del objeto, que la del inferior.

Conviene colocar un cojín debajo del dispositivo para evitar daños a la superficie de la mesa y a la prensa. El estambre debe ser lo suficientemente débil como para partirse jalándolo con los dedos, pero lo suficientemente fuerte para soportar a la prensa.

ii) Aplastar una lata

Se demuestra la existencia de la presión atmosférica, utilizándola para aplastar una lata metálica.

El dispositivo consiste en una parrilla eléctrica, una lata metálica con tapón y un poco de agua. Se coloca la lata con un poco de agua en la parrilla encendida; al hervir el agua, comenzará a escapar el vapor, y éste arrastrará consigo el aire del recipiente. Si cuando está hirviendo se apaga la parrilla y se tapa la lata, tendremos una lata llena de vapor de agua. Al enfriarse la lata, el vapor se condensará reduciendo la presión interna; bajo la acción de la presión atmosférica externa la lata se aplastará. Se puede acelerar el aplastamiento enfriando con agua el exterior de la lata. Se debe apagar la parrilla antes de tapar, para evitar la explosión que se produciría si se tapa la lata y se sigue calentando.

g) Ejemplo de experimento

A manera de ejemplo, en seguida se describe una práctica relacionada con el concepto de densidad, entendiendo por práctica un pequeño problema en el que el estudiante se ejercite en el uso del método científico. Al principio sólo en algunos pasos, para que en los últimos experimentos él resuelva solo su problema. Una posible presentación para el estudiante sería la siguiente:

Densidad

Problema:

Determinar la composición (por ciento en peso) de una alteración binaria conocida mediante la medida de su densidad.

Objetivos mediatos:

1. Libertad para elegir el procedimiento que considere más adecuado.

2. Es necesario aplicar de la teoría de errores, la propagación de incertidumbres y subrayar la importancia de determinar la incertidumbre en las medidas.

Ideas generales: La aleación puede ser un anillo u objeto de oro comercial (generalmente Cu-Au) o pedir una aleación conocida en el laboratorio (Pb-Sn). Para determinar su densidad es necesario medir su masa y volumen ($\rho = m/v$).

Una vez elegido qué se va a usar, de acuerdo con el procedimiento escogido (siendo diferentes las posibilidades para medir la densidad), se deberá evaluar la incertidumbre final en la densidad.

Sugerencias:

Es conveniente saber:

1. De qué aparatos dispone para medir la masa y el volumen.
2. Con qué precisión puede medir la masa y el volumen.
3. La diferencia entre medir la concentración como una relación de volumen o de masa.
4. ¿Es aceptable la suposición de que la densidad (o su recíproco) es una función lineal de la concentración de la aleación?

En este experimento el problema consiste en determinar la concentración de cada uno de los metales que forman una aleación binaria, a través de la medida de su densidad. El estudiante está en libertad de elegir el procedimiento que considere más adecuado para medir la densidad de la aleación. Además, se convence de la importancia que tiene la incertidumbre, la cual calcula tanto para la densidad como para la concentración encontrada. Una aleación binaria fácil de conseguir es soldadura sin fundente (por ejemplo, plomo-estaño).

Para encontrar la relación entre la densidad de la aleación y las densidades de los metales componentes es necesario hacer una hipótesis acerca del volumen de la aleación. Una buena suposición es que cada uno de los metales conserva su volumen. La densidad ρ de la aleación es:

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2}$$

y para cada componente:

$$\rho_1 = \frac{m_1}{v_1} \quad ; \quad \rho_2 = \frac{m_2}{v_2}$$

Para aleaciones se acostumbra expresar la concentración en fracción de masa. La composición o fracción de masa se define como:

$$X_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \quad , \quad X_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

tal que $X_1 + X_2 = 1$.

Eliminando el volumen, el recíproco de la densidad puede escribirse como:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} = \frac{1}{\rho_2} + \frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} X_1$$

De esta ecuación se calcula la concentración y su incertidumbre, el método más sencillo es construir la gráfica de la ecuación anterior, en la cual puede medirse la concentración si se conoce el recíproco de la densidad.

Se obtienen excelentes resultados determinando el volumen a través del principio de Arquímedes, y usando una balanza con sensibilidad de 0.01 g.

Dependiendo del interés de los alumnos, la solución a este problema puede limitarse a calcular la concentración, o bien se puede profundizar más en el tema y realizar una investigación sobre si los volúmenes son realmente aditivos; esto se puede hacer experimentalmente o consultando en algún manual los valores de las densidades de aleaciones binarias de concentraciones conocidas, y comparar con lo que predice la ecuación anterior. En la Figura 9 se presentan los datos encontrados en diferentes manuales y rectas trazadas con la ecuación anterior; esta gráfica indica que para las aleaciones mostradas es una buena suposición considerar que los volúmenes son aditivos. Al consultar la bibliografía, el estudiante averigua una posible forma en que Arquímedes resolvió el problema de la corona del rey Hero.⁵

h) Ejercicio de aplicación

Construir la tabla que relaciona el tema informativo con el objetivo formativo, el modo de evaluar, el tiempo y los recursos disponibles para el curso que se está impartiendo. Hacer énfasis en la parte experimental, escoger experimentos y demostraciones compatibles con los objetivos propuestos. Nótese que ésta es la presentación más usual de los planes de estudio a nivel bachillerato; pero se pide que se haga con más detalles de los publicados. En particular, los experimentos y demostraciones dependen del equipo y material existente en cada plantel, lo que establecerá pequeñas variantes, además de las introducidas por los intereses de los estudiantes que componen el grupo al cual se le imparte la clase.

Sesiones experimentales

A) Introducción

Antes de iniciar cualquier actividad, siempre se analizan de modo consciente o inconsciente los motivos que se tiene (objetivos) para realizarlo; y de acuerdo con estos objetivos se decide el procedimiento, esfuerzo, dinero, etc., necesarios para lograrlos. Sin embargo, cuando se enseña, muchas veces se olvida el porqué, concretándonos a impartir el mínimo necesario para cumplir el programa, sin tomar en cuenta que lo que enseñamos es una herramienta que ayuda al estudiante a resolver los problemas que se le presenten.

Para resolver un problema, primero se acude a principios básicos, para después aplicarlos a nuestro caso particular, o si la situación es demasiado compleja, podemos plantear un experimento que nos ayude a encontrar la solución, dejando a la naturaleza la aplicación directa de sus leyes; es decir, un problema lo podemos resolver teórica o empíricamente. En la práctica profesional se encuentra que los problemas se resuelven combinando los dos procedimientos de la manera que sea más eficiente, dados los recursos disponibles. Esto quiere decir que necesitamos tener información sobre los principios básicos y sus consecuencias (deducciones) así como de los procedimientos y métodos experimentales (inducción).

La primera parte se cubre razonablemente en los cursos teóricos y libros de texto; pero la segunda parte es más difícil, ya que cada estudiante requiere diferente ayuda para llegar a los resultados buscados. Es claro que el laboratorio es el lugar más adecuado para esta enseñanza, pero no basta con enseñar cómo verificar una ley física, o qué procedimiento se sigue para medir una cierta constante, ya que esto no prepara para el pensamiento independiente, o le enseña manipulaciones o uso de equipo que muy probablemente sea obsoleto para cuando requiera de él, dada la rapidez de desarrollo de la tecnología moderna. Lo que se requiere es gente preparada, capaz de pensar y desarrollar nuevos procedimientos de medir, pensando en los avances tecnológicos, o que sea capaz de desarrollar una nueva ciencia que los haga posibles. Sería muy ambicioso pensar que en un laboratorio de enseñanza se va a revolucionar la Física, pero no es ambicioso esperar que un estudiante sea capaz de resolver pequeños problemas de grado creciente de dificultad. Después de todo, un problema grande no es más que un conjunto muy grande de pequeños problemas.

B) Descripción

Las sesiones comienzan por la realización y discusión en común de algunas demostraciones relacionadas con el tema del día, para después formar equipos de dos o tres personas y realizar algunas de las prácticas sugeridas. Se espera que después de realizado el experimento correspondiente, se le juzgue de acuerdo con los criterios mencionados en la primera sesión, y se decida si podría utilizarse en el salón de clases.

Las prácticas mencionadas son ejemplos de preguntas que se pueden resolver, pero con el mismo equipo es posible plantear muchas otras que requieren procedimientos e interpretaciones distintas. Se puede inclusive proponer alguna otra en la que se tenga un interés personal; siempre y cuando se realice y juzgue si podría utilizarse con los estudiantes.

Se espera de cada grupo de trabajo un breve reporte de los resultados obtenidos y su interpretación. Si los resultados son favorables, se debe incluir un instructivo para el estudiante.

C) Experimentos de mecánica

1. Predecir el movimiento del centro de masas de un sistema formado por dos carritos unidos por un resorte. Inicialmente se comprime el sistema contra uno de los extremos del riel de aire.

Objetivo mediato: Familiarizarse con el riel de aire y aplicar la conservación del ímpetu.

Equipo: Riel de aire, 2 carros, resorte, regla y cronómetro.

2. Determinar el movimiento de una gota en caída libre. Estudiar el movimiento horizontal y vertical de una gota en caída libre.

Objetivo mediato: Familiarizarse con el estroboscopio y aplicar la 2ª ley de Newton.

Equipo: Bocina, bote, mangueras, transformador y estroboscopio.

3. Problema. Determinar la aceleración de la gravedad, con la máxima precisión posible, de acuerdo con el procedimiento de medida.

Equipo: el de los chorritos o péndulo, regla y cronómetro.

D) Experimentos de calor, ondas y fluidos

1. Determinar la cantidad de calor por cm^2 , que recibe la tierra del sol.

Objetivo mediato: concepto de estado estacionario como un equilibrio dinámico de los flujos de calor.

Equipo: Bote de jugo, vela, balanza, termómetro y reloj.

2. Medir la velocidad de propagación de una onda en una cuerda, como función de la tensión.

Objetivo mediato: concepto de onda estacionaria y flujo de energía en ondas.

Equipo: Vibrador, cuerda y regla. (Estroboscopio opcional).

3. Medir la viscosidad de dos aceites de coche, como función de la temperatura.

Objetivo mediato: uso del viscosímetro y verificar si la propaganda comercial tiene bases físicas.

E) Experimentos de óptica

1. Medir la distancia focal de una lente convergente, por el método de imágenes conjugadas.

Objetivos mediato: relacionar el tamaño de la imagen con su luminosidad e interpretación física de una raíz imaginaria.

Equipo: objeto luminoso, lente, regla y pantalla.

2. Construir el telescopio de máxima amplificación, con las lentes disponibles.

Objetivo mediato: confirmación que sus conocimientos tienen aplicación.

Equipo: Juego de lentes y perfil triangular.

3. Determinar si se puede utilizar el índice de refracción de una solución azucarada, para medir su concentración.

Objetivo mediato: concepto de índice de refracción e incertidumbre en las medidas.

Equipo: microscopio viajero o alfileres y recipiente de plástico en D.

F) Experimentos de electricidad

1. Medir la carga almacenada en una pila seca.

Objetivo mediato: aplicación directa de sus conocimientos, en el mundo que lo rodea.

Equipo: pila, resistencia, reloj y voltímetro.

2. Medir el espesor de un recubrimiento electrolítico

Objetivo mediato: concepto de ión y conservación de la carga.

Equipo: fuente de voltaje, sulfato de cobre, amperímetro y balanza.

3. Levitar un alambre conductor (diseño).

Objetivo mediato: aplicación del campo magnético alrededor de un conductor y de la fuerza sobre un alambre conduciendo una corriente.

Equipo: fuente de voltaje, alambre de cobre, amperímetro y balanza.

4. Construcción de un destellador de foco neón.

Objetivo mediato: concepto de resistencia, capacidad y descarga en gases.

Equipo: diodo, condensador, resistencia, foco neón y osciloscopio (opcional)

NOTAS

1. Instituto de Física, UNAM.
2. F. Arana. Método Experimental para principiantes. Ed. Mortiz
3. «Laboratorio de aprendizaje, ¿para qué?». R. Gómez, S. Reyes y H. Riveros. Revista Mexicana de Física 21 (1972) E43-50.
4. «El papel del laboratorio en la enseñanza de la Física» A. Manzur, L. Mier, R. Olayo y H. Riveros Revista de la Educación Superior 25 (1978) 49-85.
5. «How did Archimedes solve king Hiero's crown problem? an unanswered question.» Lilian H. Hoddeson, *The Physics Teacher*, Vol. 10, No. 1, 1972.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Lucía Rosas y a la Profa. Rosario Cervantes sus comentarios al manuscrito, a María Teresa Castillo, la corrección de estilo, y a Pilar González, la labor mecanográfica. Así como a todos los profesores con los que he compartido experiencias en el laboratorio.

Número de sesiones	Temas	Métodos	Recursos	Evaluación
	Leyes de Newton	Deducción	Clases	Problemas
		Planteamiento de ecuaciones	Experimentos	Respuesta múltiple
	Campo eléctrico		Demostraciones	
		Técnicas experimentales	Filminas	Reportes
	Teoría de la relatividad	Inducción	Películas	