

La Metodología Científica en la Construcción de Conocimientos

(The scientific methodology in the construction of knowledge)

A.M. Figueroa de Lewin* and T.M. Monmany de Lomáscolo**

* *Pje. Los Sauces y Sarmiento, Y. Buena 4107, Tucumán, Argentina*

** *San Martín 107, 4000 Tucumán, Argentina*

Fax: 81-306854, e-mail: tsloomas@mcservicios.com

Trabalho recebido em 28 de março de 1997

De acuerdo con numerosos investigadores que proponen la enseñanza de las ciencias orientadas coherentemente de acuerdo a la metodología científica, ensayamos estrategias en este sentido con alumnos de Física de los primeros ciclos universitarios. Los resultados satisfactorios obtenidos confirmaron que, con el planteo de la enseñanza de las ciencias como pequeños “*proyectos de investigación*” se favorece y contribuye activamente a la adquisición de aprendizajes significativos y se pueden lograr cambios conceptuales y metodológicos. Esta experiencia la transferimos a profesores del nivel secundario y terciario, proponiendo el planteo de situaciones problemáticas reales y concretas para ser resueltas en forma teórica y/o experimental y con las cuales se pueden poner de manifiesto los aspectos más generales de la metodología científica. Se destacó el hecho que, la discriminación de las distintas etapas de la misma, puede contribuir a la adquisición de conocimientos realmente significativos en los estudiantes, promoviendo actitudes críticas, objetivas y científicas mostrando los caminos y métodos más usuales por los cuales los científicos investigan.

According to many investigators who propose that science has to be taught according to the scientific methodology, we used this strategy in a first course of Physics of the University. The satisfactory results confirmed that significant learning can be reached, by teaching science like small research projects. We tried this experience, also with high school and college teachers, posing problems and real situations with which the most general aspects of scientific methodology can be exposed. One fact was highlighted: the discrimination of the different stages of scientific methodology can contribute to the acquisition of significant knowledge on the students, promoting critical, objective and scientific attitudes, a way to teach them, the most usual scientific research methods.

Introducción

Concientes de la necesidad de encontrar formas de incidir favorablemente en la actitud negativa que asumen los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias, actitud que se evidencia en la práctica docente cotidiana, se implementó, con alumnos de los primeros ciclos universitarios una estrategia que plantea la enseñanza de la Física como “*pequeños proyectos de investigación*”. Los resultados satisfactorios obtenidos confirmaron que es una metodología que favorece y contribuye activamente a la adquisición de aprendizajes significativos y con la cual se pueden lograr cambios

conceptuales. Por ello se implementó un Curso-taller para profesores del nivel medio y terciario, como una forma de transferir esta propuesta metodológica a esos niveles.

En la actualidad, el difícil reto del docente es ayudar al estudiante a iniciar sus propios procesos de construcción de conocimientos a partir de sus pre-conceptos, el “conocimiento ingenuo”, el que poseen sobre el medio que los rodea. El interés de los educadores debe centrarse en contribuir a crear mecanismos de aprendizaje basados en criterios firmes y personales aplicables a distintas situaciones. Si se realiza

una reflexión crítica de la enseñanza, se encuentra que dá mejores resultados la selección de situaciones problemáticas reales a partir del entorno, priorizando el aspecto fenomenológico de las cuestiones.

En esta labor permanente de los docentes, juega un rol muy importante la experimentación, por lo tanto se hace necesaria la introducción de la metodología científica aún desde los primeros niveles de la educación.

Fundamentos de la propuesta

En las últimas décadas, se advierte tanto en la bibliografía como en los congresos nacionales e internacionales sobre enseñanza de las Ciencias, el énfasis de autores e investigadores en señalar la importancia de la introducción de la metodología científica en la instrucción, como una forma de favorecer un aprendizaje realmente significativo, así como un pensamiento divergente y creativo. El resultado de las investigaciones muestran que la estructuración de cursos organizados con esas estrategias, con modificaciones sustanciales en el enfoque con que se enseñan tradicionalmente las ciencias, en particular la Física, mejoran la calidad de la enseñanza. (Gil Pérez, 1993)

Uno de los resultados de la metodología científica más importante es que, para que una teoría sea aceptada debe ser, no sólo verificable, sino también compatible con el cuerpo de conocimientos científicos. La investigación científica se realiza en forma ordenada, aún cuando en su planificación no se excluya el azar; procede de acuerdo con reglas y técnicas que son perfeccionadas continuamente. La ciencia surge como el producto del trabajo de los científicos, quienes se valen de instrumentos y procedimientos especiales: este conjunto de procedimientos es lo que se conoce como **metodología científica**.

En la investigación se utilizan operaciones manuales y mentales que se encuentran determinadas con precisión y se ejecutan de acuerdo con reglas: son la *tácticas o técnicas*, conjunto de procedimientos regulados y eficaces para dirigir una actividad, son operaciones que permiten resolver una dificultad y cumplen una función concreta (“saber hacer”).

Todo método incluye técnicas, pero no hay ninguna que incluya como parte integrante a un método. Un método puede utilizar varias técnicas junto con otros elementos de otra índole, pero no es un mero conjunto de técnicas. Es mucho más, ya que incluye también operaciones lógicas e imaginación, se desarrolla mediante

aproximaciones sucesivas, se comprueban datos experimentales y se afina con la reflexión comprensiva, si la investigación ha sido cuidadosa, la solución del problema inicial hará surgir un nuevo conjunto de problemas; esto genera pensamientos divergentes que se concretarán con la invención de nuevas hipótesis o un diseño propio de nuevos experimentos para comprobarlas. “El método ayuda a ordenar, planear, precisar y enriquecer el conocimiento. El método forma, no informa. Es una actitud, más que un conjunto de reglas para resolver problemas....” (Bunge, 1980).

Una característica fundamental de la metodología científica es que se pasa, de un razonamiento basado en evidencias a un razonamiento en término de hipótesis. Este es a la vez, más imaginativo y más riguroso, dado que es necesario ir más allá de lo que parece evidente imaginando nuevas posibilidades y fundamentando y verificando cuidadosamente las hipótesis (Gil Pérez et al. 1988)

Uno de los objetivos claves de la enseñanza de las ciencias y en particular de las experiencias de laboratorio, es lograr en el estudiante una familiarización con esa metodología. Como eje estructurador en la adquisición de conocimientos, permite promover actitudes críticas, objetivas y científicas, mostrando los caminos y métodos más usuales por los cuales los científicos investigan cuando se encuentran frente a una situación desconocida. Por otra parte, la situación de formular hipótesis, diseñar experiencias, realizarlas, recoger datos, analizar resultados, es decir, encarar trabajos de laboratorio como “proyectos de investigación”, favorece fuertemente la motivación de los estudiantes, haciéndolos adquirir actitudes tales como curiosidad, deseos de experimentar, acostumbrarse a dudar de ciertas afirmaciones, a confrontar resultados, a lograr profundos cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales.

En cuanto a los aspectos educacionales de la aplicación de esta metodología, el *planteo de la situación problemática*, con el cual comienza todo trabajo de investigación se produce cuando un científico se encuentra con una incógnita dentro de un conjunto de conocimientos. Ninguna investigación parte de cero, sino que se requieren conocimientos previos que orienten la observación. A fin de que el problema quede formulado en forma clara y precisa, se deben delimitar las condiciones en que ha de ser abordado pero, además es necesario explicitar los conocimientos previos disponibles sobre el mismo. Es conveniente entonces, que los es-

tudiantes realicen un análisis cualitativo del problema imaginando cuál es la situación física en juego, delimitándolo en forma precisa y a la vez tratando de explicar claramente qué es lo que se va a determinar. En esta etapa, la búsqueda y selección bibliográfica es muy importante, es una de las tareas relevantes del trabajo científico que pone de manifiesto el carácter acumulativo de la ciencia.

Los epistemólogos coinciden en asignar a la *emisión de hipótesis*, que implica la construcción de un modelo teórico, el principal papel en el tratamiento de los problemas que se presentan en una investigación. Las hipótesis indican qué datos se deben buscar y permiten, junto con el cuerpo de conocimientos en el cual se basan, analizar los resultados así como todo el procedimiento. El que una hipótesis se verifique o no, afecta a ese cuerpo de conocimientos, pudiendo llegar a ponerlo en duda, ésto llevaría eventualmente, a recomenzar todo el proceso.

En general, cuando un estudiante intenta emitir hipótesis, pone de manifiesto sus ideas intuitivas, sus preconcepciones. La explicitación de estas hipótesis, como surge de numerosas investigaciones en educación en ciencias, favorece la construcción de conocimientos y aprendizajes significativos. El hecho de emitir hipótesis los ayuda a profundizar la visión cualitativa de la situación física en cuestión, les permite formular estimaciones sobre las posibles respuestas, es decir realizar predicciones, lo que les facilitará el análisis crítico de los resultados.

Es importante que el estudiante comprenda que “formular una hipótesis contrastable implica la construcción de conceptos operativos, o sea, definidos de manera precisa, por medio de operaciones que permitan obtener su valor a partir de las experiencias” (Gil et al. 1990).

La *contrastación de las hipótesis* y el manejo de magnitudes definidas operacionalmente, llevan a la necesidad de traducir las hipótesis o parte de ellas, al lenguaje matemático, a proponer un modelo.

En la etapa de elaborar posibles estrategias para poner a prueba las hipótesis, es decir, *diseñar experiencias* adecuadas y superar todas las dificultades prácticas que aparezcan, hay un aspecto creativo. Es conveniente mostrar al estudiante que a veces es posible buscar diferentes formas de contrastación de los resultados: “realizar un experimento científico” significa efectuar una observación cuantitativa traducible a datos numéricos, bajo condiciones cuidadosamente contro-

ladas y que pueden ser reproducidas. (Gil Pérez et al 1990).

El *análisis crítico de los resultados* es fundamental para la interpretación física de los mismos a la luz de las hipótesis enunciadas, teniendo en cuenta el cuerpo de conocimientos y los límites de validez de las leyes. En este análisis juega un papel muy importante la *estimación y cálculo de errores o imprecisiones*. Los errores, tratados como criterio para adecuación de teoría y realidad y no como meras herramientas matemáticas, caracterizan el proceso de sistematización del conocimiento, enmarcando los resultados de la investigación experimental en un contexto teórico. Esto puede contribuir a que se produzca un conflicto cognitivo en el estudiante, lo que puede facilitar el cambio conceptual. Las conclusiones a que se arriben, pueden llevar a que todo el proceso deba ser revisado. Tanto si se llega o no a una solución correcta del problema, el análisis habrá contribuido al aumento de conocimientos del estudiante y es posible que sea el origen del planteo de nuevas preguntas y problemas.

La fiabilidad de los resultados exige que la experiencia se repita: unos pocos experimentos aislados no son suficientes para confirmar una hipótesis o eventualmente rechazarla. En efecto, recién cuando se obtiene una concepción alternativa de valor explicativo y predictivo notoriamente superior, se abandona la anterior: surgen así las leyes y teorías científicas (Gil Pérez et al, 1990).

Construido el modelo que exprese las características fundamentales de la teoría, se procede a su confirmación. Si el modelo es confirmado, se analizan cuáles pueden ser las consecuencias de esa teoría en otros campos de estudio, y si no es confirmado, habrá que buscar cuáles son las posibles fuentes de error, tanto en la teoría misma como en los procedimientos empíricos. Una vez establecidas las leyes y teorías, son integradas al cuerpo de conocimientos: se produce entonces una modificación del mismo, en parte o en su totalidad.

Para completar las etapas de esta metodología, hay que destacar la importancia de la adquisición por parte del alumno de procedimientos que le permitan transmitir y comunicar los resultados de su trabajo. La evaluación que se puede hacer de su aprendizaje está basada en el uso que hacen de determinados medios de comunicación, tales como la elaboración de informes, gráficas, tablas, diagramas, etc.

Como señala Gil Pérez (1990) es preciso recorrer todo el ciclo de la metodología científica, sin descuidar

ninguna de las actividades abiertas y complejas que requiere un *proyecto de investigación*, que orientan la tarea de los estudiantes en la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos y que, por supuesto requieren de la guía del profesor como el “experto”.

Objetivos generales de la propuesta

- orientar el aprendizaje de las ciencias como proyectos de investigación que requieran la participación activa del que aprende, de modo que pueda familiarizarse con los métodos, procedimientos y técnicas del quehacer científico, muy relacionados con la adquisición significativa de conocimientos.
- planificar la enseñanza dentro de un marco teórico a la luz de las nuevas corrientes epistemológicas, de las concepciones que el estudiante posee, indagando en ellas y orientando su aprendizaje en la construcción propia de conocimientos,
- plantear los problemas al estudiante, agente activo del proceso, dentro del marco de las experiencias cotidianas y de la observación y razonamiento personales,
- presentar el conocimiento científico como un proceso dinámico, siempre perfectible, no como un producto ni una colección de datos y verdades fijas sin relación alguna con la observación de hechos del entorno,
- destacar la importancia del trabajo en grupos, la interacción entre los mismos y la contrastación de los resultados obtenidos por cada uno de ellos.

Curso taller

El curso-taller se implementó de forma de mostrar, a través de experiencias sencillas (comportamiento de *resortes y palancas*) y del planteo de situaciones problemáticas reales y concretas, los aspectos más generales de la metodología científica, destacando algunos pasos importantes en el proceso de adquisición de conocimientos y las ventajas de este enfoque no tradicional en los trabajos prácticos de laboratorio.

Antes de encarar la tarea experimental, a fin de establecer criterios comunes, se comenzó con una actualización y revisión de las características más generales de la metodología científica y de las técnicas específicas a utilizar (análisis de fuentes de errores experimentales, técnicas de graficación, procesos de

calibración,...), destacando el papel relevante de esas técnicas en el logro de hábitos científicos. Como recurso de apoyo didáctico se elaboró una guía teórico-práctica con todos estos aspectos, incluyendo también problemas y ejercicios de aplicación y las actividades a realizar durante el curso. En el Apéndice se muestran, como ejemplo, las actividades implementadas para el estudio de los *resortes*. El estudio de *palancas* se desarrolló en forma similar. Se muestran también algunos de los dispositivos experimentales utilizados por los participantes.

Se adoptó como dinámica de trabajo la formación de grupos pequeños, de no más de cuatro personas en cada uno, teniendo en cuenta que la ciencia es una construcción social, un consenso entre docentes e investigadores que permite una interacción enriquecedora para compartir conocimientos y favorecer fuertemente el aprendizaje.

Durante el desarrollo de las experiencias se fueron explicitando, con la guía de los docentes, las pautas más importantes de la metodología científica, destacándose que las mismas no son rígidas, no son “recetas”, que a veces no se siguen en forma ordenada y que más aún, en algunos casos, algunas de las etapas pueden no estar presentes.

Comentarios

Inicialmente se notó en algunos grupos una cierta resistencia a trabajar con las técnicas de cálculo de errores experimentales, actitud que podría provenir del hecho que en algunos niveles de enseñanza las mismas no se manejan habitualmente. La situación fue superada en actividades posteriores, al lograrse una mejor comprensión de la fundamental importancia del rol que juega la estimación y el cálculo de los errores en todo el proceso de investigación, en la verificación de hipótesis y para determinar los límites de validez de los resultados encontrados.

Cabe destacar la actitud de real interés de los participantes en el enfoque dado a la tarea experimental, lo que generó discusiones colectivas de las que surgieron propuestas valiosas para abordar experiencias en otros temas de la Física con la misma metodología. Estas discusiones favorecieron una buena integración entre los grupos en una dinámica ágil y participativa.

A fin de conocer la opinión de los participantes sobre la metodología propuesta, como actividad final del taller se realizó una encuesta. El análisis de las respuestas a la misma, puso de manifiesto:

- la intención de la mayoría de los participantes de abordar en el futuro la enseñanza de la Física con este enfoque experimental, siguiendo las pautas de la metodología científica, como una forma de lograr una mejor comprensión de las conceptualizaciones físicas favoreciendo la motivación de los estudiantes;
- la importancia y el valor asignado a las estrategias usadas por su transferencia al aula debido, tanto al enfoque como a la facilidad del montaje y bajo costo de los materiales empleados en los dispositivos experimentales;
- la valoración de la dinámica empleada en el curso-taller, por la oportunidad que brindaba de efectuar un intercambio productivo de opiniones.

Este curso fue desarrollado también en otras oportunidades con participantes de características diferentes entre sí: maestras (del nivel primario), estudiantes de ciclos básicos de carreras de ingenierías y de Licenciatura en Física y en todos ellos se obtuvieron resultados y opiniones coincidentes.

Apendice

Actividad 1:

Ejemplos de preguntas introductorias

Para comenzar las actividades a partir de la observación del rol que juegan los resortes y las palancas en la vida diaria, se presentó a los participantes un conjunto de dispositivos e instrumentos de uso cotidiano y algunas ilustraciones para ejemplificar.

- De su observación, indique, en cada dispositivo en qué cree Ud. que se basa su funcionamiento.
- De los diferentes resortes que tiene a su disposición, si aplica la misma fuerza para estirarlos, diría que unos son más “duros” (o más “blandos”) que otros?
- Una persona estira lentamente un resorte desde su longitud inicial (40 cm) hasta que su longitud es de 70 cm. ¿Cómo es la fuerza que debe ejercer a medida que el resorte se estira: mayor, menor o es siempre la misma?
- En la figura (I) se muestra cómo una persona levanta un cuerpo utilizando una palanca. Si en lugar de ejercer la fuerza en el punto C, lo hiciera

en D, ¿cómo sería la fuerza: mayor, menor ó igual que en C?

- Dos niños juegan en un “sube y baja” como el de la figura (II). Si se baja el muchacho y sube otro que pesa el doble dónde tendrá que sentarse para mantener el equilibrio del “sube y baja”?

Actividad 2

Estudio experimental del comportamiento de resortes

- * De las observaciones de los diferentes dispositivos que basan su funcionamiento en resortes, ¿podría decir cuáles son las magnitudes a tener en cuenta cuando un resorte se estira o comprime? ¿Qué relación hay entre ellas?
- * ¿Existirá un valor máximo de fuerza que se pueda aplicar a un resorte? ¿Y un valor mínimo? Explique.
- * Diseñe una experiencia que le permita comprobar sus predicciones.
- * Realice la experiencia teniendo en cuenta los errores de medición.
- * ¿Cuál sería la forma más conveniente de procesar los datos obtenidos, a fin de encontrar las relaciones funcionales entre las magnitudes en juego?
- * De las posibles fuentes de errores que podrían afectar las mediciones (por ejemplo: corrimiento del índice, paralaje, efectos de temperatura, exactitud de las pesas, exactitud de la escala...) ¿cuáles son significativas y cómo podrá controlar o corregir?
- * Exprese analíticamente la relación encontrada. ¿Cuál es el mejor valor del parámetro que relaciona las magnitudes en juego?
- * Teniendo en cuenta los errores experimentales, los resultados obtenidos, ¿confirman sus hipótesis de partida? Si no fuera así ¿cómo procedería?
- * ¿Se puede decir que todos los resortes en general se comportan como indica la ley encontrada? Compruébelo experimentalmente.
- * ¿Cuáles son los límites de validez de la ley que rige el comportamiento de los resortes?
- * Señale las pautas fundamentales de la metodología científica que se pusieron de manifiesto en la experiencia que realizó.

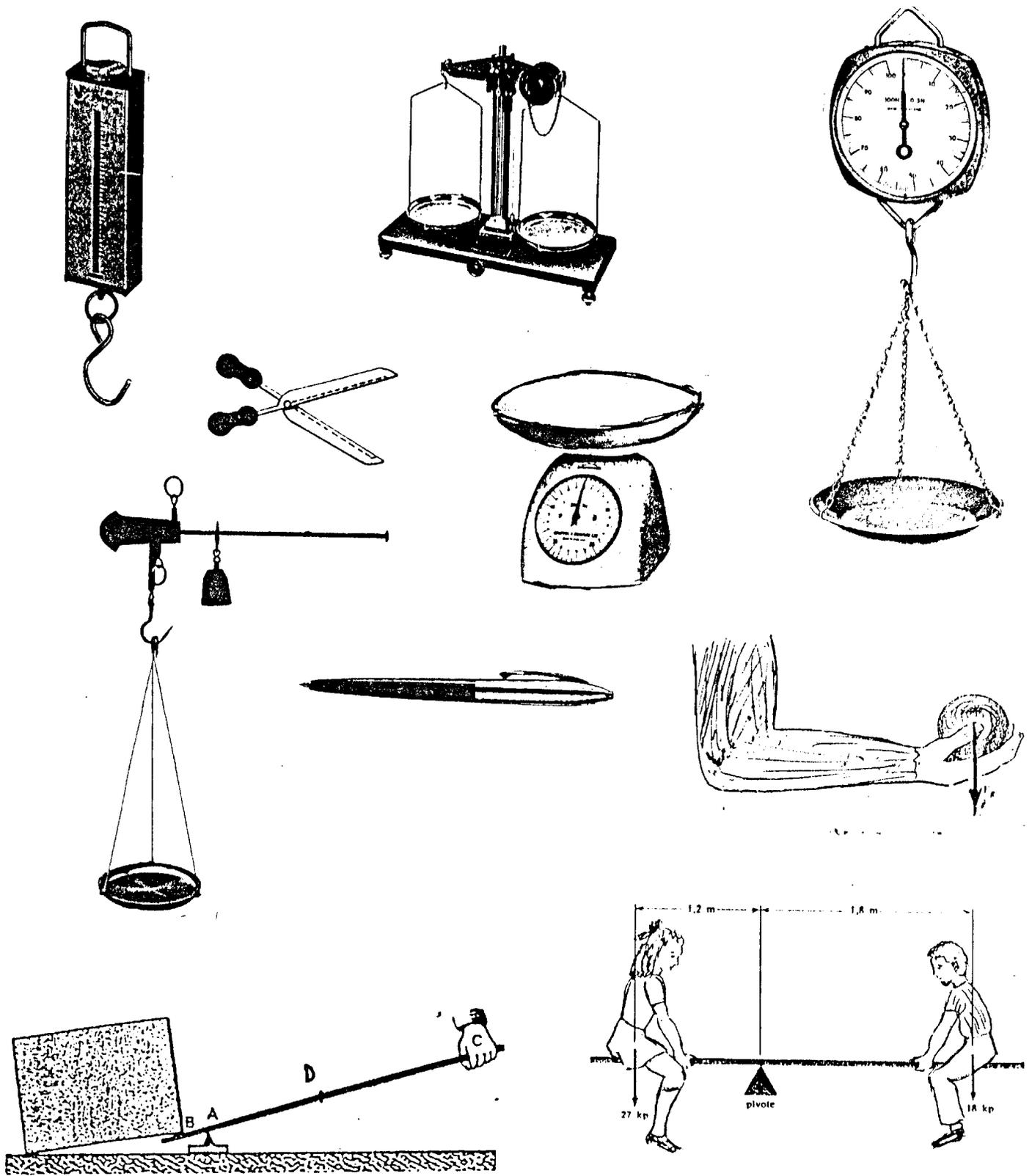
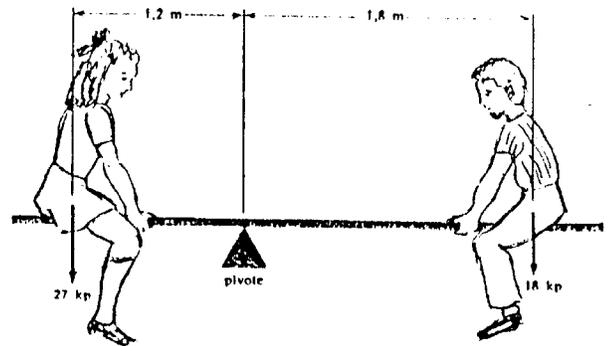


FIG. I

FIG. II



Preguntas de aplicación

- La ley encontrada para el comportamiento de un resorte, ¿es válida para cualquier sólido elástico? Explique.
- Si se dispone de dos resortes de longitudes y diámetros iguales, las fuerzas que habría que aplicar a cada uno para obtener alargamientos iguales deberían ser iguales? ¿Por qué?
- Si un resorte de una determinada constante (K_1) se suspende de otro de constante diferente (K_2), ¿puede predecir cuánto se alargará el sistema para una carga P ?
- Dos resortes de diferentes constantes ($K_1 > K_2$) son estirados de forma que las elongaciones son iguales. ¿Sobre cuál de ellos se realizó mayor trabajo?
- Sobre un cuerpo suspendido de un sólido elástico se ejerce una fuerza hacia abajo y luego se lo deja en libertad. ¿Qué espera Ud. que ocurra? Compruébelo experimentalmente y explique.

Bibliografía

- BUNGE, M. - 1977 - *La Ciencia, su método y su filosofía*, Ediciones Siglo Veinte - Buenos Aires - Argentina.
- BUNGE, M. - 1980 - *Epistemología* - Editorial Ariel - Barcelona - España.
- BUNGE, M. - 1983 - *La investigación científica*, Editorial Ariel - Barcelona - España.
- CARRETERO, M. - 1987 - *A la búsqueda de la génesis del método científico. Un estudio sobre la capacidad de eliminar hipótesis* - Revista Infancia y Aprendizaje N. 38, 46.
- CUDMANI, L. C. de; SANDOVAL, J. S. de; DANON, M. P. de - 1991 - "La generación autónoma de "conflictos cognoscitivos" para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la Física", Enseñanza de las Ciencias (Vol.9, N.3) - España.
- GIL PEREZ, D. - 1983 - *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias* - Enseñanza de las Ciencias (Vol. 1 N.1) - España.
- GIL PEREZ, D. - 1986 - *La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas* - Enseñanza de las Ciencias (Vol.4 N. 2) - España.
- GIL PEREZ, D.; MARTINEZ T., J.; SENENT, P.F. - 1988 - *El fracaso en la resolución de problemas de Física: Una investigación orientada por nuevos supuestos* - Enseñanza de las Ciencias (Vol.6 N. 2) - España.
- GIL PEREZ, D., CARRASCOSA, J. Y OTROS - 1990 - *La construcción de las ciencias físico-químicas*, (Seminari de Física i Química; Servei de formació permanent- Universitat de València, Edit. Nau Llibres - España.
- GIL PEREZ, D. - 1993 - *Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación* - Enseñanza de las Ciencias (Vol.11 N.2) - España.
- GIL PEREZ, D., VALDES CASTRO, P. - 1996 - *La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación un ejemplo ilustrativo*, Enseñanza de las Ciencias (Vol.14 N.2) España.
- HECHT, E. - 1987 - *Física en perspectiva*, Edit. Addison-Wesley Iberoamericana.
- LEWIN, A M. - LOMASCOLO, T.A M. - 1993 - *Una experiencia piloto para investigar sobre las nociones intuitivas en Física en los primeros niveles de la educación* - Memorias REF VIII - Argentina.
- LEWIN, A.M., LOMASCOLO, T.A.M., ALVAREZ, C. - 1993 - *Algunos criterios importantes a tener en cuenta en la formación de profesores* - Revista Brasileira de Ensino de Física (Vol 15 N.1 a 4) - Brasil.
- LEWIN, A M., LOMASCOLO, T.A.M., 1995 - *Importancia de una buena construcción de los conocimientos científicos desde los primeros niveles de la educación*, Memorias REF VIII - Argentina.
- LOMASCOLO, T. M.; ALVAREZ, C. - 1995 - *Análisis de la incidencia de las preconcepciones sobre la resolución de problemas en alumnos universitarios* - Memorias REF IX - Argentina.
- MOREIRA, M. A., OSTERMAN, F. - 1993 - *Sobre o ensino do método científico* - Caderno Catarinense do Ensino de Física (Vol. 10, N.2) - Brasil.
- POZO, J. CARRETERO, M. - 1987 - *Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de las Ciencias?*, Revista Infancia y aprendizaje N.38, 35.
- POZO, J.I. et al - 1991 - *La solución de problemas* -

Edit. Aula XXI / Santillana - Madrid.

SANDOVAL, J. S. de - 1991 - *La unidad de método y contenido y el aprendizaje de la Física. Parte II: psicología cognitiva y estrategias docentes*, Memorias REF VII - Argentina.

SANDOVAL, J. S. de; GIL PEREZ, D.; CUDMANI, L. C. de - 1995 - *La elaboración de estrategias educativas con un método científico de tratar las cuestiones*, Memorias REF IX - Argentina.