

plinas científicas) de una ausencia de reflexión e investigación sobre la fundamentación sociológica, psicopedagógica y epistemológica. Dentro de la recientemente creada *Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* se ha iniciado un proyecto de investigación abierto a las sugerencias de todos los interesados.

El título general del proyecto es: «Desarrollo y evaluación de un proyecto curricular para la Enseñanza Secundaria Obligatoria, en relación con aspectos geológicos relevantes».

Consideramos la *investigación educativa* en el sentido propuesto por la escuela de Stenhouse continuada posteriormente por Elliott y otros en Gran Bretaña. Se trata de una investigación *asentada en la reflexión* en y sobre la práctica docente y discente, nacida de la inquietud de los protagonistas y realizada durante el

transcurso mismo de la acción en los escenarios mismos donde se produce.

No por ello menospreciamos la investigación «académica» nacida de la producción de nuevos conocimientos surgidos de la lógica interna de la reflexión epistemológica. Como se verá más adelante, las aportaciones epistemológicas y de la historia de las ciencias enmarcan conceptualmente nuestra reflexión sobre la práctica. Siempre hemos huido de la espontaneidad voluntarista del que apoya la práctica educativa en una filosofía espontánea (en expresión de Althusser) ligada a un «empirismo grosero». «No hay mejor práctica que una buena teoría», decían los antiguos. Y desde esta perspectiva metodológica parte este proyecto de investigación.

La fundamentación de un currículo es esencial para organizar las estrategias de intervención en el aula más allá de la pura espontaneidad. En Geología, tal

fundamentación participa de las generalidades de otras disciplinas científicas. Sin embargo, el estatuto epistemológico de la Geología presenta significativas singularidades que la aleja de otras ciencias convencionales.

El proyecto que se propone no es una mera elucubración, sino que tiene como objetivo final mejorar la práctica a través de la conexión necesaria con la teoría.

Dirección de referencia: Equipo «Terra». ICE Universidad de Córdoba. Apartado 5004. 14080 Córdoba.

EXPERIENCIAS DE AULA

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN DEL PLANO DE POLARIZACIÓN DE LA LUZ POR MEDIO DE UNA RESISTENCIA LDR

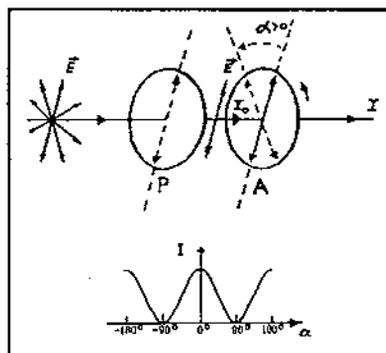
Colunga Rodríguez, J.
Agregado de Física y Química del IB Leopoldo Alas «Clarín». Oviedo

Introducción

Éste es un método que permite medir la desviación del plano de polarización de la luz, polarizada rectilíneamente, a través de la observación del considerable decrecimiento que experimenta el valor de la resistencia de una LDR, al incidir luz sobre ésta, cuando se gira imperceptiblemente el analizador a partir de la posición de extinción. De este modo, la mencionada desviación puede ser detectada simultáneamente por varios alumnos contemplando la pantalla de un osciloscopio conectado a un óhmetro. En consecuencia, este procedimiento permite utilizarlo como experiencia de cátedra, en contra de los polarímetros ordinarios, los cuales sólo posibilitan un seguimien-

to individualizado del fenómeno en cuestión.

Figura 1



Ley de Malus

Como se sabe (Fig. 1), si α es el ángulo que forman el plano de vibración del

vector E (perpendicular al plano de polarización) en el polarizador P y en el analizador A, entonces se da, entre la intensidad luminosa I_0 (se supone monocromática) que incide en el analizador y la intensidad I que lo atraviesa, la siguiente relación:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

considerándose positivos los ángulos provenientes de giros del analizador hacia la derecha del observador que recibe la luz transmitida; un giro contrario implica un valor negativo para α .

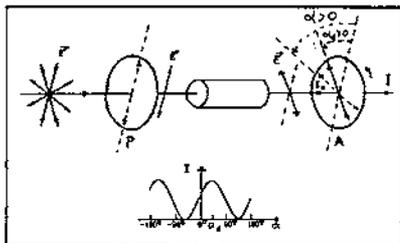
En el supuesto de que se haya intercalado en medio del analizador y el polarizador una sustancia ópticamente activa (en la figura 2 aparece un tubo portalíquidos conteniendo una disolución que desvía el plano de polarización), la ley de Malus se expresa:

$$I = I_0 \cos^2 (\alpha - \alpha_0)$$

siendo α_0 (expresado con su signo) el ángulo de desviación de la disolución

interpuesta y para la luz monocromática usada.

Figura 2

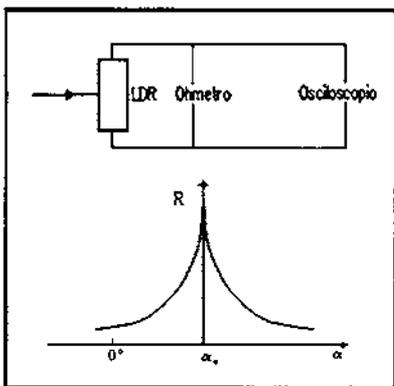


Se comprende sin dificultad cómo sería la figura 2 en el caso de una sustancia que desviara el plano de vibración hacia la izquierda.

Fundamento del método

Admitiendo que la luz, una vez traspasado el analizador (Fig. 3), incide sobre una fotorresistencia conectada a un óhmetro, y que además modificamos el ángulo alrededor de la posición del analizador en la que éste no deja teóricamente pasar luz alguna ($\alpha_e = 90^\circ + \alpha_0$), se obtienen (Fig. 3), respecto a la variación de la resistencia de la LDR con el ángulo, dos curvas exponenciales de acusada pendiente (se ha utilizado una LDR perteneciente al equipo didáctico «Electricidad y Electrónica» de ENOSA).

Figura 3



De la observación de las curvas se concluye que un pequeñísimo cambio angular, en torno al ángulo de extinción de la luz, trae consigo una notable disminución de la resistencia; en otras palabras, a partir del ángulo α_e el cociente $\Delta R/\Delta \alpha$ es muy grande. De ahí que sea factible determinar con buena exactitud el ángulo de extinción y, por tanto, el ángulo de desviación ($\alpha_0 = \alpha_e - 90^\circ$) mirando atentamente el «display» del óhmetro. Para

facilitar la consecución de α_e es conveniente el empleo de un osciloscopio (Fig. 3). Y es que en la pantalla del mismo aparece una señal rectilínea horizontal, la cual adquiere la altura tope cuando el valor de la LDR es máximo. Conviene, claro está, que el óhmetro y el osciloscopio funcionen en la escala más sensible posible.

Consideración final

Hoy en día, en cualquier laboratorio de física de un centro universitario o de bachillerato, se dispone del material imprescindible para determinar el ángulo de desviación del plano de polarización tal como se propone. Incluso no es escollo la fuente de la luz monocromática, pues está al alcance la utilización de la luz amarilla de una lámpara de sodio. En todo caso, al tratarse de una experiencia docente, se pueden emplear filtros de luz, que sí son asequibles.

Referencias bibliográficas

- Marcelo Alonso y Edward J., 1970. *Campos y ondas*, Finn. Aguilar SA, cap. 20.
- Ditchburn., 1982. *Óptica*, Reverté SA, cap. 10 y 12.
- Landsberg., 1984. *Óptica*, Mir, cap. 30.
- Weininger y Stermitz., 1988. *Química Orgánica*, Reverté S.A., cap. 4.
- Morrison y Boyd., 1985. *Química Orgánica*, Fondo Educativo Interamericana, cap. 4.
- Llorens Molina., 1989. Demostración de la actividad óptica de la sacarosa utilizando retroproyector», *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7(3).

EL CONSTRUCTIVISMO Y LA FORMACIÓN DE LA RACIONALIDAD CIENTÍFICA: UNA EXPERIENCIA DIDÁCTICA

Barrera de Aragón M. A., Jorge E. y Zamora, G.
 Universidad Pontificia Javeriana y Universidad Nacional de Colombia.

Dentro del Marco Teórico Constructivista ofrecemos una experiencia didáctica en el aula de clase, de común tratamiento en nuestra práctica docente y en el laboratorio. La idea didáctica consiste en confrontar, a propósito de un fenómeno particular, las opiniones de los estudiantes en dos niveles distintos: a) Con la teoría convencional (para nuestro caso la mecánica newtoniana), b) Con la experiencia misma.

Normalmente ocurre que los estudiantes predicen un comportamiento para el sistema en consideración, mientras que la teoría y la experiencia indican otro, claramente distinto. El objetivo es desequilibrar las estructuras explicativas (previas) del estudiante para sustituirlas por otras construidas mediante el proceso de equilibración al asimilar y acomodar el esquema teórico de interés. Tanto la teoría pertinente como la experiencia sirven de factores de desequilibrio y equilibración, dependiendo de las circunstancias y conveniencias del momento. En la práctica, les plantea a los estudiantes una situación experimental en el aula de clase, y se les formulan preguntas sobre la situación planteada, que ellos deben discutir en grupo de no más de cuatro estudiantes para plasmar los resultados de su discusión en una hoja que el profesor recoge para su análisis posterior.

En el estudio del movimiento, tras haber construido las nociones esenciales de sistema de referencia, desplazamiento, posición, velocidad, aceleración, trayectoria, distancia, se les plantea este problema sencillo.

Figura 1

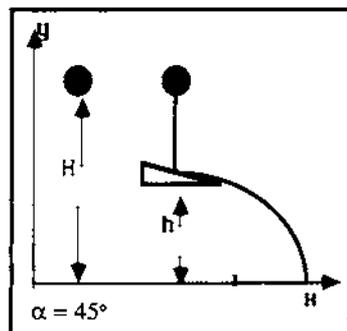
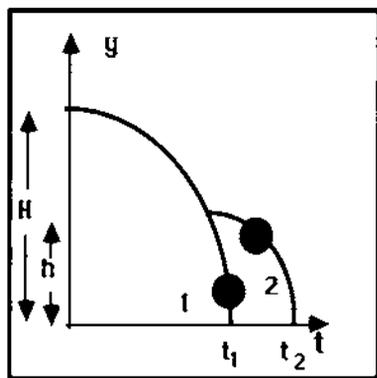


Figura 2



Desde una misma altura H , se dejan caer libre y simultáneamente dos esferitas idénticas (1 y 2). La esfera 1 cubre libremente toda su trayectoria, en tanto que la esfera 2 encuentra, a una altura h del nivel de referencia una cuña de 45° , contra la cual choca elásticamente (la rapidez después del choque es idéntica a la previa al choque) y sale proyectada horizontalmente, como indica el diagrama. Si t_1 es el tiempo de caída de 1 y t_2 es el tiempo de caída de 2, al comparar estos tiempos, ¿qué puede afirmar?

- a) $t_1 = t_2$ b) $t_1 > t_2$ c) $t_2 > t_1$

1. Se predice el comportamiento de las dos esferitas. Entre el 80 y el 90% de los grupos tras discutir y llegar a consenso, afirma que $t_1 = t_2$ dado que la altura de caída H es la misma y se trata de una caída libre, independientemente de la cuña; que ésta lo «único que hace es cambiar la dirección vertical a horizontal del movimiento, pero sigue con la misma rapidez que traía».

Un 9 o 10% hace la predicción $t_2 > t_1$ pues cuando 2 choca con la cuña, al cambiar la dirección del movimiento, comienza otra caída libre con componente y de velocidad nula, mientras que 1 no pierde rapidez en la dirección y.

Eventualmente (¡muy pocos!) afirman que $t_1 > t_2$ pues, al chocar 2 contra la cuña, recibe un impulso «hacia adelante» que 1 no recibe, lo cual hace que 2 caiga más rápido que 1.

Se observa, claramente que, para la gran mayoría, existe una estructura explicativa que es menester eliminar y sustituir por una que se ajuste a los hechos. Se hace necesario desequilibrar cognoscitivamente a los estudiantes.

2. Se recurre, entonces a la experiencia. La contradicción con la opinión de la

mayoría es contundente porque $t_2 > t_1$! Es lo que muestran los hechos!

3. Ante la evidente falla explicativa puesta de manifiesto por la experiencia efectuada, se hace necesario (desequilibrio) buscar una explicación coherente con los hechos. Se les propone que, en los mismos grupos construyan la solución teórica de dos maneras distintas:

Gráfica

Los estudiantes construyen soluciones gráficas (Fig. 2) utilizando las propiedades geométricas, previamente discutidas en clase, que presentan las funciones $y(t)$ con el tiempo, para los diversos tipos de movimiento. Utilizando adecuadamente la correspondencia entre sistema de referencia y sistema de coordenadas $S(y,t)$, construye las gráficas cualitativas y $vs.t$ para los dos movimientos uniformemente acelerados, la parábola continua para el móvil 1 y las dos parábolas secuenciadas para el 2. Esta primera solución teórica, sin necesidad de recurrir a ecuaciones o «fórmulas» ya nos informa, inequívocamente, que $t_1 < t_2$, confirmando la experiencia e invalidando las predicciones!

Análítica

Aquí se recurrió a las ecuaciones convenientes, pero su utilización se hace conscientemente, contrarrestando el aspecto mecánico e irreflexivo de su uso común. De esto queda claro que la extinción de los preconceptos no se basa en una sola discusión, sino que el profesor debe estar permanentemente cuestionando al estudiante para lograr el cambio conceptual, porque el saber espontáneo es difícil de erradicar.

Conclusiones

1. Es bien significativo que habiendo ya expuesto la teoría a la consideración de los alumnos y habiendo discutido con alguna amplitud las implicaciones de la misma, su abordaje intuitivo de los problemas sigue siendo preteórico, lo cual corrobora la tenacidad de los obstáculos epistemológicos presentes en los alumnos.

2. Al abordar, por parte de los estudiantes, problemas cuidadosamente seleccionados, la experiencia entra en contradicción con sus predicciones (preconcepciones?). El desequilibrio es manifiesto.

3. Una continua reflexión estimulada, en la que el estudiante se ve obligado a ser

sujeto activo en la elaboración de las nuevas estructuras explicativas (cognoscitivas), éste asimila progresivamente las estructuras teóricas que le permiten acceder a explicaciones más coherentes que las previas.

4. Se da paralela la necesidad de acomodar las nuevas estructuras cognoscitivas asimiladas a nuevas situaciones concretas. Es el proceso de equilibración que se propicia mediante una serie integrada de problemas.

5. Como consecuencia de todo el proceso, el estudiante aprende a desconfiar de sus primeras impresiones y de su sentido común. Es dicente la frecuente conclusión de los estudiantes frente a nuevos problemas: «Hay que afirmar lo contrario de lo primero que se le ocurre a uno» o «La física no es lógica». El estudiante aprende que es necesario confrontar sus opiniones, cuando menos, con la experiencia.

6. La práctica docente se enriquece. Los problemas abandonan el estadio meramente verificativo de la asimilación de algoritmos para convertirse en instancia de confrontación, reflexión y asimilación dialéctica de los conocimientos nuevos. Pero esto sólo es posible de manera secuencial, de modo que la resolución indiscriminada de bloques de problemas inconexos se vuelve irrelevante y da paso al trabajo de los alumnos dirigido cuidadosamente por el maestro desde la selección misma de los problemas que se hace, de manera conciente, pensando en las dificultades (obstáculos epistemológicos) de los estudiantes.

7. La experiencia, por otra parte, adquiere nuevo estatus en el proceso de aprendizaje. Deja de ser un pretexto para convertirse en elemento coyuntural del proceso dialéctico en la construcción del conocimiento. No se trata de un retorno al empirismo, porque es la experiencia pensada, reelaborada, críticamente observada, si se quiere, desde los presupuestos preteóricos y hacia los fundamentos teóricos.

Referencias bibliográficas

Piaget, J. y García, R., 1982. *Psicogénesis e historia de la ciencia*. (Editorial Siglo XXI).
 Bachelard, Gaston., 1983. *La formación del espíritu científico*. (Editorial Siglo XXI).
 Piaget, J., 1982. Op. cit.