

calculamos el lugar que ocuparían un mol de bolitas de 1 cm de diámetro a los efectos de comprender la magnitud del número de Avogadro.

3) Analogías de tercer orden: en este caso se aprovecha una correlación entre las características de un sistema y las propiedades macroscópicas que ellas generan (aun cuando algún sistema equivalente no tenga la misma propiedad macroscópica).

Un ejemplo normalmente usado es la asociación de la intensidad del color de una solución con la concentración de la misma.

En este grupo en realidad la analogía es simplemente la deducción de una propiedad del fenómeno estudiado, que en general permite que el alumno tenga un control intuitivo sobre los cálculos que realiza.

#### Discusión y conclusiones:

El uso de las analogías de primer orden presenta como ventaja la de mantenerse dentro del terreno científico, con modelos que responden al mismo esquema lógico de magnitudes, cálculos y resultados que el h.r. Es importante notar que el h.a. presenta fundamentalmente una estructura común, pero esto no implica cubrir todos los aspectos o connotaciones del h.r. Por tal motivo la extrapolación de conclusiones obtenidas en el h.a. aplicada al h.r. puede generar desconceptos; por ejemplo en la analogía planetaria del átomo de Bohr, las fuerzas involucradas tienen una equivalencia matemática pero las magnitudes relativas a cada sistema son muy diferentes: las fuerzas electrostáticas permiten que en las reacciones químicas se produzca reordenamiento de átomos sin perturbación de electrones internos y del núcleo, sin embargo algo equivalente a nivel planetario provocaría una hecatombe

astronómica. Por otro lado ciertas propiedades derivadas del comportamiento del h.r. pueden no resultar del razonamiento en base a las características del h.a.: las propiedades de un flujo de agua no permiten predecir la generación de un campo magnético en un circuito eléctrico.

Al utilizar las analogías de segundo orden -subgrupo a-, si bien el esquema del h.a. no se encuadra dentro del terreno científico, se aprovecha la cotidianidad de un razonamiento similar al que requiere el h.r.; así por ejemplo el estudiante aplica intuitivamente los conceptos de exceso y defecto (que normalmente le resultan complicados en los problemas estequiométricos) cuando obtiene sin problemas el número máximo de parejas de baile que se pueden formar en una fiesta.

Las analogías de tercer orden son estrictamente deducciones, por ende además de ser una aplicación pedagógica debería, fundamentalmente, constituir una actividad constante del estudiante, estimulada y dirigida por el docente. Dado que en este caso hay una gran intersección entre h.r. y h.a., su efectividad es óptima.

Por último las analogías de primer orden permiten que si el receptor comprende el h.a., y se encuentra en la etapa concreta, pueda resolver problemas del h.r.; sin embargo para que realmente comprenda el esquema lógico común el receptor necesariamente debe encontrarse en la etapa formal. Las analogías de segundo orden -subgrupo a- en general necesitan que el alumno se encuentre en la etapa formal; si en cambio el alumno se encuentra en la etapa concreta no es obvia la extrapolación, aunque probablemente minimice la tendencia a incorporar conceptos científicos como absolutamente desconectados de la realidad. Para las del segundo subgrupo es necesario que el alumno se encuentre en la etapa formal

pero que además comprenda básicamente el h.a., de modo que el uso de este tipo de analogías ameniza más que ayuda en la comprensión de conceptos.

Probablemente sean las analogías de tercer orden las únicas que ayudan en la superación de etapas de aprendizaje ya que partiendo de deducciones concretas puede visualizarse el modelo que lo sustenta.

Finalmente destacamos que, si bien las analogías han servido para la evolución de gran número de conceptos en ciencia y se usan frecuentemente en la enseñanza y divulgación de los mismos, nuestra intención de encontrar modos alternativos de enseñanza nos ha llevado a analizar con algún detalle los tipos de analogías, de lo que surge la clasificación anterior que, sin ser quizás la única posible, nos indica algunos lineamientos generales acerca de su uso adecuado en la enseñanza.

#### Referencias:

- Bono, E., 1987. *Aprender a pensar*. (Plaza y Janés: Barcelona).
- Gamow, G., 1985. *El breviario del Señor Tompkins*. (Fondo de Cultura Económica: México).
- Herron, J.D., 1975. Piaget for chemists. Explaining what "good" students cannot understand, *Journal of Chemical Education*, 52, pp. 146.
- Herron, J.D., 1978. Piaget in the classroom, *Journal of Chemical Education*, 55, pp. 165.
- Kavanaugh, R.D. y Moomaw, W.R., 1981. Inducing formal thought in the introductory chemistry students, *Journal of Chemical Education*, 58, pp. 639.

## LÍNEAS DE TRABAJO

### LA IMPORTANCIA DEL CONCEPTO DE DIVISIÓN Y MULTIPLICACIÓN Y EL NOCIVO HÁBITO DE HACER REGLAS DE TRES

Encarnación Castillo Cabello

Agregada de Física y Química del I.B. Majadahonda II (Madrid)

Todos los años, de mis largos 20 cursos de experiencia docente, me he encontrado con la resistencia de mis alumnos a suprimir en los cálculos las reglas de tres. Con lo fácil que es para ellos emplearlas y lo difícil que es "ver" la división y el producto que las sustituyen.

He de decir que no me extraña su oposición puesto que muchos profesores,

por no decir la inmensa mayoría, la practican. Se las han enseñado en la Básica, en el Bachillerato casi siempre las han empleado y hasta puede que, en la clase anterior de matemáticas, el profesor se las acabe de hacer.

A mi juicio, si nos parásemos a pensar sobre las consecuencias que su uso conlleva, debería estar proscrita por noso-

tros desde el inicio del estudio de las matemáticas. Son los profesores de matemáticas los que primero la emplean quizás por su costumbre en manejar números abstractos, que en muchos casos no son tales, sin unidades. (Los compañeros de matemáticas pueden, en muchos casos, acompañar sus explicaciones con ejemplos físicos; ecuaciones de la trayectoria de un móvil, concepto de velocidad instantánea al hablar de derivada, etc. con lo cual se facilitaría la comprensión por parte de sus alumnos a la vez que se coordinaría con la enseñanza de la física).

Pero volviendo a lo que nos ocupa, las reglas de tres, nuestros compañeros las emplean aduciendo que ellos no tienen unidades. Pueden reducir a la unidad y además no es cierto del todo pues en muchos ejemplos sí las tienen, aunque sean adimensionales; tal es el caso de pasar de radianes a grados o viceversa y, sin embargo, emplean las reglas de tres.

Si se sabe la conversión:

$$360^\circ = \pi \text{ rad}$$

Y han de averiguar los radianes que equivalen a un  $n^\circ$  determinado de grados, el cociente a emplear será:

$$\frac{2\pi}{360} \frac{\text{rad}}{\text{grado}}$$

Si, por el contrario, pretenden encontrar los grados correspondientes a un  $n^\circ$  de radianes, el cociente será:

$$\frac{360}{2\pi} \frac{\text{grado}}{\text{rad}}$$

Cociente que, multiplicado por el  $n^\circ$  de grados en el primer caso o por el  $n^\circ$  de radianes en el segundo, nos dará la cantidad deseada. El  $n^\circ$  que resulta de operar (indicado en el círculo), debe hacerse "ver" a los alumnos, que es el " $n^\circ$  de radianes que contiene cada grado" (primer cociente) o el " $n^\circ$  de grados que contiene cada radian" (segundo cociente). Se hace "ver" a los alumnos la división y, posteriormente, la multiplicación.

Y no es que quiera llamar la atención sólo a los compañeros de matemáticas. Los compañeros de física y química suelen igualmente emplearlas, hasta el punto que los alumnos relacionan los problemas de química con innumerables reglas de tres. Este empleo exhaustivo de la repetida regla está tan arraigado que su uso hace que el alumno pierda, o más bien que no adquiera nunca, la aplicación del concepto de división y multiplicación en la teoría y prefiera aprenderse de memoria fórmulas (tales como velocidad, aceleración y potencia medias; unidades de concentración, etc.) que serían facilísimas de deducir si se entendieran los conceptos que ante-

riormente he mencionado.

Creo que el uso de la regla de tres es nocivo porque, como toda regla:

-Induce al alumno a la pereza mental, operando de forma mecánica sin saber lo que hacen.

-Evita que conozca el concepto de división y multiplicación tan necesario en problemas, y en la teoría, creyéndose que sabe dividir y multiplicar porque realiza dichas operaciones. Hoy día cualquier calculadora se las hace, mientras que ninguna calculadora les dirá nunca qué es lo que tienen que multiplicar o dividir. Ninguna máquina pensará por ellos.

La regla de tres, como he dicho anteriormente, impide "ver" la división y la multiplicación que las sustituyen. Pero es que cuando uno de los factores es la unidad se trata de una división sólo o de una multiplicación sólo.

Voy a poner, a continuación, dos ejemplos; el primero sería una simple división y el segundo una multiplicación (éste segundo lo he fotocopiado del último libro que Editorial Anaya ha publicado).

1º ¿Cuántas calorías contiene un julio?

Normalmente lo realizan de la siguiente manera:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ cal} \text{ ---} 4,18 \text{ J} \\ x \text{ ---} 1 \text{ J} \end{array}$$

$$x = \frac{1 \text{ cal} \cdot 1 \text{ J}}{4,18 \text{ J}} = \frac{1}{4,18} \text{ cal} = 0,24 \text{ cal}$$

Cuando sería incluso mucho más fácil decir:

Si la conversión es:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

$$\frac{1 \text{ cal}}{4,18 \text{ J}} = 0,24 \frac{\text{cal}}{\text{J}}$$

2º ¿Que distancia recorrerá la luz en un año?

Si la luz recorre 300 000 km en un segundo, en un año recorrerá x km:

$$\begin{array}{r} 300\,000 \text{ km} \text{ ---} 1 \text{ s} \\ x \text{ ---} 3\,600.24.365 \text{ s} \end{array} \} \\ x = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km.}$$

Como la unidad de longitud en el S.I. es el metro, el año luz equivale a:

$$9,46 \cdot 10^{12} \cdot 10^3 \text{ m} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m.}$$

Debería hacerse:

$$\begin{array}{l} 300000 \text{ Km/s} \\ 1 \text{ año} = 3600 \cdot 24 \cdot 365 \text{ s} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 300000 \frac{\text{Km}}{\text{s}} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \text{ s} \\ = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ Km.} \end{array}$$

(Y, de paso, en cantidades grandes como éstas se deben emplear las potencias de 10 desde el principio).

Debido al desprestigio merecido de las reglas de tres algunos compañeros emplean proporcionalidades, al entender igualmente nefastas.

Podría barrer todos los contenidos de Bachillerato y COU demostrando las consecuencias negativas que el uso de las reglas de tres tiene sobre la enseñanza, pero esto ya sería materia de una tesis doctoral, muy beneficiosa por cierto para nuestros enseñantes, pues ellos son los primeros que deben cambiar.

Se deberían dar charlas a los profesores para que aprendan ellos, los primeros, a mi entender y aplicar directamente la división o la multiplicación o ambas a un tiempo. Si el error está en los profesores, no nos extrañemos que los alumnos no sepan.

### APLICACIÓN DEL MODELO CONSTRUCTIVISTA EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN EL 1er. CICLO DE LA R.E.M.

*Imanol González de Audikana Mujika, Instituto de Bachillerato General (R.E.M.) adscrito al I.F.P. Usúrbil c. Urdaneta, s/n. Lasarte (Guipúzcoa)*

#### Introducción

Basándose en el método de descubrimiento dirigido (Gil y Carrascosa 1984) y siguiendo la normativa de formalización requerida por el Sistema de Aprendizaje por Capacidades (S.A.C.), publicada por el Departamento de Educación, se intenta aplicarlo en el aprendizaje del Bloque Temático de "Fuerzas" que se encuentra dentro del currículo de Ciencias Experimentales del 1er. Curso (1er. Ciclo de la R.E.M.) Tiene asignadas 3 horas semanales, una de las cuales tiene un profesor de apoyo.

Se propugna que el alumno/a ya tiene su marco conceptual a base de experiencias vividas y que además le sirve para interpretar su reducido campo científico de vivencia. Por lo tanto el cambio conceptual debe sobrevenir para procurar ponerle en contradicción con sus ideas intuitivas, provocando su revisión sobre todo bajo la convicción de que éstas ya no le valen para interpretar sus vivencias.

Este cambio conceptual necesita no sólo evaluar el proceso que lleva al cambio, sino también el cambio en sí. Para ello se necesitará de un aprendizaje por descubrimiento (procesal) que lo lleve hasta el nuevo paradigma (conceptual).

## Objetivos de aprendizaje

Se idearon 8 prácticas teniendo cada una de ellas los siguientes objetivos:

1. Descubrir los efectos de las fuerzas, especificando la modificación de forma. Traducir los efectos de las fuerzas a gráficas, incluyendo su interpretación. Descubrir el dinamómetro, incluyendo el fenómeno físico en que se fundamenta y su unidad en el S.L.
2. Identificar el peso como una fuerza, diferenciándolo de la masa en cuanto a sus conceptos, instrumentos de medida y unidades.
3. Definir fuerza, incluyendo el concepto de magnitud vectorial.
4. Expresar gráficamente fuerzas en

equilibrio, componer fuerzas y dibujar su resultante.

5. Expresar gráficamente la descomposición de cualquier fuerza, dibujando sus componentes.
6. Identificar el rozamiento como un tipo de fuerza por contacto, enumerando los factores de que depende.
7. Identificar la fuerza magnética como un tipo de fuerza que actúa a distancia, señalando sus semejanzas y diferencias con la fuerza de gravedad.
8. Estudiar las fuerzas desde el punto de vista dinámico. Describir los efectos de las fuerzas, especificando las modificaciones de su estado de reposo o movimiento.

## Metodología de trabajo

Los guiones de las 8 prácticas se les entrega a los alumnos/as al comienzo del Bloque Temático, contando cada uno de ellos de material a utilizar, método de trabajo, datos experimentales y cuestio-

nario. Lo alumnos/as una vez realizada la práctica en grupos de 4, elaboran un informe individual de la misma dentro de los 7 días siguientes, basándose en los datos experimentales y la información bibliográfica que seleccionen en la biblioteca del laboratorio.

El profesor una vez corregidos los informes pasa a repartirlos a los alumnos/as y a exponer los aciertos o defectos de las conclusiones por ellos obtenidas. A continuación hace referencia a los puntos de vista actuales sobre cada cuestión abordada proponiendo el cambio conceptual en los alumnos/as.

El tercer día de clase el profesor vuelve a recalcar el fundamento teórico y conceptual de la práctica realizada sobre todo a base de ejercicios prácticos.

El cuarto día de clase se vuelve a hacer una nueva práctica y se vuelve a comenzar el ciclo. Es en el laboratorio, con la realización de las prácticas, donde se encuentran presentes dos profesores, el titular y el de apoyo.