

El método deductivo y la enseñanza de las ciencias (II)

Como aclaración de los aspectos enunciativos formulados en la primera parte de este trabajo, hemos elegido dos ejemplos, aparentemente simples, que ofrecen gran dificultad para los alumnos de niveles medios. Se trata de temas que se prestan a fáciles generalizaciones, y por tanto es preciso realizar muchas matizaciones evitando efectos deformadores e incluso graves alteraciones en el pensamiento. Por otra parte son temas sobradamente conocidos para cualquier profesor de Ciencias Experimentales. Ambos son expuestos para niveles medios.

DESIDERIO FERNANDEZ MANJON

1. ECUACION DEL MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORMEMENTE ACELERADO:

Obsérvense las restricciones al tema por razón del nivel de estudio elegido:

1.º Nos vamos a referir a coordenadas lineales; no utilizaremos coordenadas generalizadas. No siempre disponemos de un sistema absoluto de referencia; el problema más sencillo de mecánica que versa sobre máquinas con varias piezas móviles relacionadas entre sí, exige un sistema relativo de coordenadas.

2.º No vamos a estudiar de forma general todos los movimientos acelerados, es decir estudiar la variación del vector velocidad con el tiempo, que a su vez dependerá de la variación del vector posición con el tiempo (y por tanto sus tres componentes dependerán del tiempo: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$), sino que estudiaremos, exclusivamente, la variación unidireccional del móvil con el tiempo.

3.º Definiremos la aceleración como valor constante, es decir, como razón constante de incrementos de la velocidad en relación a incrementos del tiempo:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1)$$

de modo que a intervalos iguales de tiempo siempre corresponden incrementos iguales de velocidad.

Una definición más generalizada de la aceleración nos debiera mostrar su posible valor puntual, por lo que exigiría referirla a incrementos suficientemente pequeños del tiempo:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

$\Delta t \rightarrow 0$

A la definición (1) la denominaremos aceleración media y a la expresión (2) la denominaremos aceleración instantánea. Claro que en ocasiones puede interesarnos hacer el estudio de un movimiento que no sea uniformemente acelerado y del que nos interesa hablar de su aceleración; en este caso tendremos que acudir a la definición (1) de aceleración media.

El propio concepto de aceleración es algo que ahora nos parece fácil, asequible e intuitivo porque ha penetrado en el lenguaje vulgar y del que poseemos experiencia existencial desde la infancia: arrancada y frenado de vehículos de motor, del ascensor, etc.

Conviene que nuestros alumnos, para evitar ingenuidades y ligerezas, sepan que hace cuatro escasos siglos muy pocas personas utilizaban este concepto y menos aún con la claridad y precisión con que lo hacemos hoy; ya que los medios más sensibles de medición del tiempo eran los toscos relojes de arena o el pulso, como utilizó Galilei en sus mediciones del plano inclinado.

Dado que estamos ante un contenido - núcleo de la Física es preciso detenerse cuanto tiempo sea preciso hasta lograr que los alumnos lo asimilen aceptablemente.

a) Teorema:

1. ENUNCIADO:

Si a partir de un cierto instante un vehículo se mueve con movimiento rectilíneo y uniformemente acelerado, entonces la ecuación horaria del movimiento es:

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

2. Demostración:

La demostración es sobradamente conocida y no la voy a repetir. Se parte de las premisas definiciones:

$$\bullet a = \frac{dv}{dt}$$

$$\bullet v = \frac{ds}{dt}$$

y se integra la ecuación diferencial simple:

$$\bullet a = \frac{d^2s}{dt^2}$$

b) Precisión de los conceptos y consolidación de conocimientos:

- Los alumnos deben saber a la perfección cuál es el significado de cada una de las letras y subíndices que aparecen en la ecuación horaria.
- Los alumnos generalmente tienen dificultades en varios aspectos relacionados con estos temas que necesariamente hay que aclararlos:
 - Que el factor t en el término $v_0 t$ y en el término cuadrático tiene el mismo valor en cada caso.
 - Que el factor t en ambos en realidad es un Δt , cuyo valor inicial se comienza a contar en el instante en que el cuerpo comienza a acelerar.
 - Que $a <> 0$; en el caso de $a < 0$ no implica que el vehículo se vuelva a la posición inicial, sino que llegará a pararse.
 - Que una cosa es la trayectoria y otra muy distinta es la relación funcional o gráfica distancia-tiempo.
 - Que esta ecuación es válida cualquiera sea la trayectoria recta seguida por el móvil: horizontal, rampa o plano inclinado, caída libre, etc.
- A continuación conviene invitar a los alumnos a detectar situaciones reales que se ajusten a esa ecuación o sus derivados; y aprender a discernir las llamadas condiciones iniciales del problema. En caso que los alumnos tengan notable dificultad para realizar estas tareas el profesor debe insinuar, sugerir, impulsar a los alumnos, pero no realizar. Es preciso conceder mucho tiempo a este tipo de ejercicios y a estos temas-núcleo. Claro que a un profesor de a pie no le resulta fácil estudiar estos temas exhaustivamente y dejar aparte otros por el esfuerzo exigido y por la distante mentalidad y legislación actual.
- Deben realizarse representaciones gráficas de la ecuación horaria, de las situaciones anteriores y recíprocamente: dada una cierta representación funcional, interpretarla.
- En cada problema numérico debe obligarse a los alumnos a estudiar la homogeneidad de las unidades.

c) Generalidades:

Se trata de ejercicios de aplicación del silogismo deductivo que no suelen ponerse de manifiesto, aunque sería interesante hacerlo en determinados casos:

- Resolución de problemas concretos, tratando de basarse siempre en datos reales: cálculos de tiempos, conocida la distancia recorrida; la velocidad alcanzada en un cierto instante.
- Resolución de cuestiones concretas.
- Obtención deductiva de fórmulas del tipo: $v_f = \sqrt{2as}$.

d) Comprobación y contrastación de la relación cuadrática entre t y s sin cálculo del valor de la aceleración:(VER DIBUJO)

- A distancias iguales, medir tiempos transcurridos en recorrerlos;
- Independiente de la masa:
 - Bolas de distinto tamaño y mismo material;
 - Bolas de distinto material.

e) Cálculos del valor de la aceleración con ayuda del plano inclinado

Una vez comprobada la relación cuadrática en distintos planos, distinto ángulo, bolas de material y peso distinto, etc.

2. LEYES DE LA HERENCIA MENDELIANA:

Hagamos algunas precisiones previas:

- Mendel experimentó sólo con el género florístico *Pisum* (leguminosas), y él mismo indicó en sus escritos que se evitase una generalización poco rigurosa.
- Realizó una formulación fenotípica porque aún no se conocían los genes.
- Formuló las tres leyes para alelos dominantes. Fue Correns quien estudió, varias décadas después, la herencia con alelos codominantes o equipotentes en el **Mirabilis jalapa** (dondiego de noche).

a) Algunas limitaciones de estas leyes y su alcance:

Considerará sólo las dos primeras leyes, pues la Ley de la Independencia de los Caracteres es una pobre regla empírica que sólo se cumple en algunos casos, ya que hay mucha interacción entre genes distintos. En realidad las dos leyes más válidas tampoco son universales y sólo sirven para determinados caracteres de las especies vivas. A los alumnos habrá que señalarles caracteres que las cumplen y otros que no las cumplen. Al indicar las limitaciones no estamos haciendo sino mostrar la realidad del lento avance de la ciencia, de la multiplicidad y versatilidad de las situaciones de la naturaleza y de las consiguientes escasas generalizaciones que permiten.

«Cuando el alumno tenga dificultades, el profesor debe insinuar, sugerir, impulsar, pero no realizar.»

Ni en la formulación de Mendel ni en las reformulaciones mendelianas posteriores se habla para nada de las mutaciones de las especies; éstas fueron encontradas por De Vries en las primulas vespertinas.

Tratándose de un tema tan importante no puede evitarse la presentación de una síntesis histórica de las polémicas que han existido y que aún coleean. A finales del siglo xix y comienzos del xx han existido pretenciosos que en un alarde positivista generalizador pretendían justificar científicamente dentro de los estados burgueses la existencia eterna de clases sociales dominantes constituidas por personas mejor dotadas genéticamente, y de clases explotadas dotadas de genes más pobres dentro de un mismo país, o de razas inferiores en la esfera internacional que permitiese a las razas europeas justificar la explotación y el expolio. Galton, Pearson y otros grandes científicos se pusieron del lado de los dominantes. Por contra, las clases oprimidas, que veían una esperanza en la revolución y que adoctrinadas por el materialismo dialéctico creían firmemente en la inevitabilidad de los saltos y en la imposibilidad de la perpetuación de nada material ni de orden social humano alguno opresor, se inclinaban más por la evolución de la vida que por la reproducción fijista que suponía la herencia mendeliana. Evolucionismo y saltos cualitativos (mutaciones) daban fuerte respaldo al materialismo dialéctico. Son muchos los datos que nos dicen que en la especie humana, salvo algunos caracteres fenotípicos de escasa importancia, no existe tal reproducción mecánica fijista. Y casi todos los rasgos psíquicos son fruto más bien del

aprendizaje que de la herencia; no es la raza la que produce las diferencias humanas, sino la alimentación, la cultura y otros.

b) Enunciado:

Previamente habrá que definirles con claridad muchos términos y la nomenclatura específica: fenotipo-genotipo, haploide-diploide, alelo, gen, cromosoma y otros.

1. LEY DE LA UNIFORMIDAD DE F1:

- **Caso de dominancia de un progenitor:** Todos los hijos adquieren el fenotipo del progenitor dominante; el genotipo es híbrido: un gen dominante y otro recesivo.
- **Caso de codominancia de los progenitores:** Fenotipo y genotipo son híbridos en todos los hijos.

2. LEY DE SEPARACION O DISYUNCION DE F2:

Cruzando dos miembros de F I el genotipo se distribuye siempre estadísticamente en la proporción: 1:2:1.

Por contra, en el fenotipo ocurre:

- **Caso de dominancia de uno de los progenitores de la generación P:**
La proporción será: 3:1.
- **Caso de equipotencia:** Se verifica como para el genotipo: 1:2:1. Dos partes híbridas y una para el carácter de cada uno de los padres.

c) Consecuencias de estas formulaciones:

Según sus más entusiastas seguidores es posible predecir -y en este sentido se enuncian los problemas de Genética que aparecen en los libros de EEMM-, aplicando el concepto de probabilidad simple para algunos caracteres, lo que les ocurrirá a individuos de la generación n-ésima ($n \rightarrow \infty$), mediante combinaciones de sucesivos individuos.

Recíprocamente, dados los caracteres de los individuos de una determinada generación, es posible decir cuáles eran las características de los antecesores en ese determinado carácter tanto en cuanto a la dominancia como en cuanto al rasgo del alelo. Por ejemplo es bastante utilizada la técnica del retrocruzamiento para descubrir individuos de raza pura.

d) Problemas y ejercicios de aplicación:

Por sólo citar un ejemplo del libro de EEMM, provisto de gran número de ejercicios y problemas de Genética Mendeliana, remito al lector al texto de 1.º de BUP, Editorial ECIR, Valencia, 1979.

No cabe la menor duda que es interesante e importante realizar algún ejercicio numérico de estos temas, para asentar conceptos y aclarar el tema, pero siempre que se haga con la prudencia indicada.