



UN MODELO CUANTITATIVO
A BASE DE TORNILLOS Y
TUERCAS PARA
INTRODUCIR ALGUNOS
CONCEPTOS
FUNDAMENTALES DE
QUÍMICA



UN MODELO CUANTITATIVO A BASE DE TORNILLOS Y
TUERCAS PARA INTRODUCIR ALGUNOS CONCEPTOS
FUNDAMENTALES DE QUÍMICA

por Enric Buchaca

A) Material a utilizar.

- a) Tornilleria Whitworth de 1/8 de pulgada usual en electrónica a adquirir en tiendas del ramo: Tuercas A, tornillos B (6 cm), tornillos C (8 cm) y tornillos D (12 cm). Por grupo de prácticas se necesita 25 unidades de cada clase de tornillos B, C, D con sus correspondientes tuercas A; en cuatro recipientes o bolsitas se colocan 25 tornillos B, 25 tornillos C, 25 tornillos D, y las tuercas A. El apartado D) exige como mínimo 3 grupos de prácticas

En lugar de tornillos y tuercas puede utilizarse clips y anillas (ver apartado E).

B) Introducción.

Esta práctica está programada para alumnos de 2º curso de BUP en el I.B. Joan Salvat Papasseit (Barcelona) y tiene como objetivo que el alumno comprenda por si mismo algunos conceptos fundamentales de Química, sirviéndonos de un modelo cuantitativo a base de tornillos y tuercas. Los conceptos que se pueden ilustrar son: masas atómicas y moleculares relativas, mol y número de Avogadro, y nociones de estequiometría.

En analogía con la teoría atómica de Dalton cada tuerca A, cada tornillo B, C o D representará un "átomo" del "elemento" A, B, C o D respectivamente; roscando un "átomo" del "elemento" A (una tuerca A) a un "átomo" del "elemento" B (un tornillo B) obtendremos una "molécula" del compuesto AB, proceso que representaremos por $A + B \rightarrow AB$; roscando dos "átomos" A a un "átomo" de B, obtendremos una "molécula" el "compuesto" A_2B , proceso que representaremos por $2A + B \rightarrow A_2B$. De manera semejante obtendremos "moléculas" del "compuesto" A_3C o A_4D . De aquí en adelante suprimiremos el entrecorillado.

La experiencia demuestra que la utilización de este modelo es un punto de partida más favorable para la educación del pensamiento productivo que la mera exposición por parte del enseñante.

La práctica se estructura en tres unidades, C) que hace referencia a masas atómicas y mol de átomos, D) a masas moleculares y mol de moléculas, y E) a nociones de estequiometría.



Lo que se indica entre paréntesis en los apartados siguientes C) y D), son comentarios para el lector aprovechando los valores numéricos de la tabla 1', 2' btenidas por un grupo de alumnos al realizar la práctica y completar la tabla 1, 2, respectivamente.

C) Desarrollo de la primera unidad.

- 1) Se pesan al cg 10 tuercas A, 10 tornillos B, 10 tornillos C y 10 tornillos D. Los valores obtenidos se anotan en la 1ª fila de la tabla 1.

(ver en la tabla 1' los correspondientes valores numéricos obtenidos por un grupo de alumnos. El hecho de pesar 10 átomos de cada elemento tiene por objeto conseguir una correcta masa atómica media).

- 2) Obviamente la masa media de los átomos de cada elemento se obtiene dividiendo por 10 los correspondientes valores numéricos anotados en la 1ª fila de la tabla 1. Los resultados se anotan en la 2ª fila de la misma tabla (ver tabla 1').
- 3) Tomaremos el átomo de menor masa como unidad de masa atómica, abreviadamente u.m.a.; en nuestro caso es la masa atómica del elemento A (subrayada en la tabla 1). Dividiendo la masa atómica de cada elemento por la u.m.a., obtendremos la masa atómica (relativa a la masa atómica de A) de cada elemento. El resultado, redondeado a tres cifras, se anota en la 3ª fila de la tabla

(según la tabla 1', 1 u.m.a. –masa atómica de A- = 45,1 cg, y por lo tanto la masa atómica (relativa) de p.e. C, $m_r(C)$, será

$$m_r(C) = \frac{\text{masa atómica de C}}{\text{masa atómica de A}} = \frac{m(C)}{m(A)} = \frac{61,5 \text{ eg}}{45,1 \text{ eg}} = 1,36.$$

lo que significa que $m(C) = 1,3639 m(A)$ o u.m.a.).

- 4) En este modelo definimos el mol de un elemento como la masa de átomos de ese elemento que expresada en Dg tiene un valor numérico que coincide con el de su masa atómica relativa. De acuerdo con esta definición completar la fila 4 de la tabla 1 (ver tabla 1').
- 5) ¿Cuántas tuercas A hay en un mol de A? ¿Cuántos tornillos B hay en un mol de B? etc..., en general, ¿Cuántos átomos de un elemento hay en un mol de ese elemento?

Para contestar la primera pregunta bastará pesar un mol de tuercas A y contarlas; para ello echar en el plato de la balanza tuercas A hasta que la masa de esas tuercas, con una de más o de menos, esté lo más cerca posible de un mol de A; a continuación se cuenta el número de tuercas A que hay en ese mol de A y se



anota en la casilla correspondiente de la fila 5 de la tabla 1. Proceder de la misma manera con un mol de tornillos B, C y D (ver tabla 1').

- 6) Ahora se trata de contestar las mismas preguntas formuladas en 5), pero en lugar de proceder directamente a pesar un mol y contar el número de átomos que contiene, procederemos a calcular ese número. Para ello basta dividir los valores de la fila 4 por los valores correspondientes de la fila 2, reducidos ambos a las mismas unidades; los resultados se anotan en las correspondientes casillas de la fila 6 de la tabla 1 (ver tabla 1').

(Así, p.e.,

$$\frac{1,23 \text{ Dg de B/mol de B}}{55,3 \text{ cg de B/átomo de B}} = \frac{1,23 \cdot 10^3 \text{ eg de B/mol de B}}{55,3 \text{ eg de B/átomo de B}} =$$

$$= \frac{10^3 \text{ átomos B}}{55,3} = \frac{1000}{45,1} \text{ átomos de B/mol de B} \approx 22,2 \text{ átomos de B/mol B;}$$

$$\text{----- mol de B}$$

$$1,23$$

es importante observar que el valor del "número de Avogadro" depende exclusivamente de la unidad elegida para la definición de mol (Dg, g, etc...) y de las veces que ésta contiene a la u.m.a. –en este caso 22-.)

- 7) Completada la tabla 1 se debe poder contestar, a partir de ella, preguntas como las siguientes:
- ¿Qué poseen en común 1 mol de A, 1 mol de B, 1 mol de C y 1 mol de D? ¿La misma masa? ¿El mismo número de átomos?
 - En una muestra de 75 g de tornillos B y en otra de 75 g de tornillos D ¿hay el mismo número de tornillos? ¿En qué muestra hay mayor número de tornillos? ¿Cuántos moles ay en cada muestra? ¿Cuántos tornillos?
 - ¿Qué masa de tuercas A se debe pesar en la balanza para tomar 2,5 moles de A? ¿Cuántas tuercas A habrá en 2,5 moles de A?
 - ¿Qué masa de tornillos C debe pesarse en la balanza para tener 2,5 moles de C? ¿Cuántos tornillos C habrá en 2,5 moles de C?
 - ¿Qué masa de tornillos D se debe pesar en la balanza hasta tener 363 tornillos D? ¿Cuántos moles de D son 363 tornillos D?
 - ¿Qué ventaja tiene utilizar el mol como unidad de masa?



		A	B	C	D
1	Masa de 10 "àtomos" (cg)				
2	Masa "atòmica" (cg)				
3	Masa "atòmica" (relativa) ("u.m.a.")				
4	"Mol" (Dg)				
5	Número de "àtomos" en 1 "mol" (contar)				
6	Número de "àtomos" en 1 "mol" (calcular)				

Tabla 1.

		A	B	C	D
1	Masa de 10 "àtomos" (cg)	451	553	615	812
2	Masa "atòmica" (cg)	45,1	55,3	61,5	81,2
3	Masa "atòmica" (relativa) ("u.m.a.")	1	1,23	1,36	1,80
4	"Mol" (Dg)	1	1,23	1,36	1,80
5	Número de "àtomos" en 1 "mol" (contar)	22	22	22	22
6	Número de "àtomos" en 1 "mol" (calcular)	22,2	22,2	22,2	22,2

Tabla 1'. Resultados, correspondientes a la tabla 1, obtenidos por un grupo de alumnos.

D) Desarrollo de la segunda unidad.

Si hay p.e. 6 grupos de prácticas ($22/6 < 24/6 = 4$), cada grupo formará 4 moléculas de cada una de las clases que se indican a continuación:

- moléculas AB, roscando una tuerca A a un tornillo B lo que representaremos por $A + B \rightarrow AB$.
- moléculas A_2B , roscando 2 tuercas a un tornillo B lo que representaremos por $2A + B \rightarrow A_2B$.
- de análoga manera formaremos A_3C , A_4D lo que representaremos por $3^a + C \rightarrow A_3C$, $4A + D \rightarrow A_4D$.

(A continuación se reúnen las cuatro moléculas de una misma clase de cada uno de los grupos en un recipiente o bolsita; si p.e. se tienen 6 grupos de prácticas se dispondrá de $4 \times 6 = 24$ moléculas de cada una de las clases, las suficientes para realizar todos los pasos que se indican a continuación; mientras unos grupos pesan para poder completar la fila 1 de la tabla 2, otros calculan los valores de la fila 3 de la tabla 1 y resuelven cuestiones como las planteadas en C-7)).



- 1) Se pesan al cg 10 moléculas AB, 10 moléculas A_2B , 10 moléculas A_3C , y 10 moléculas A_4D . Los valores obtenidos se anotan en la fila 1 de la tabla 2 (ver los correspondientes valores en la misma fila de la tabla 2', obtenida por un grupo de alumnos).
- 2) Obviamente la masa media de las moléculas de cada compuesto se obtiene dividiendo por 10 los correspondientes valores numéricos anotados en la fila 1 de la tabla 2. Los cocientes obtenidos se anotan en la fila 2 de la misma tabla (ver tabla 2').
- 3) La masa molecular relativa se obtendrá viendo las veces que la masa de la molécula contiene a la u.m.a. --definida ya en el apartado C-3) anterior-. Los cocientes, números abstractos, se anotan en la fila 3 de la tabla 2 (ver tabla 2').
- 4) Ahora calcularemos la masa molecular relativa sumando las masas atómicas relativas de los átomos que la componen, los cuales tomaremos de la fila 3 de la tabla 1. El resultado se anota en la casilla correspondiente de la fila 4 de la tabla 2 (ver tabla 2' y 1').
- 5) De análoga manera a lo que se hizo en el apartado C-5) anterior, definiremos el mol de un compuesto como la masa de moléculas de ese compuesto que expresada en Dg tiene un valor numérico que coincide con el de su masa molecular relativa --fila 3 de la tabla 2-. De acuerdo con esta definición, completar la fila 5 de la tabla 2 (ver tabla 2').
- 6) ¿Cuántas moléculas AB hay en un mol de AB? ¿Cuántas moléculas A_2B hay en un mol de A_2B ?... en general, ¿cuántas moléculas de compuesto hay en un mol de ese compuesto?
Para contestar a la primera pregunta bastará con pesar un mol del compuesto AB y contar el número de moléculas AB que contiene; para ello basta echar en el plato de la balanza moléculas AB hasta que la masa de esas moléculas, con una de más o de menos, esté lo más cerca posible de un mol de AB; a continuación se cuenta el número de moléculas AB y se anota en la correspondiente casilla de la fila 6 de la tabla 2. Proceder de la misma manera con un mol de A_2B , A_3C y A_4D (ver tabla 2').
- 7) Ahora se trata de contestar las mismas preguntas formuladas en 6), pero en lugar de proceder directamente a pesar un mol de compuesto y contar el número de moléculas que contiene, procederemos a calcular ese número. Para ello basta ver las veces que los valores de la fila 5 de la tabla 2 contiene los correspondientes valores de la fila 2 de la misma tabla; reducidos ambos a las mismas unidades, los cocientes se anotan en la fila 7 de la tabla 2 (ver tabla 2') (ver la nota, entre paréntesis, del apartado C-6)).



		AB	A ₂ B	A ₃ C	A ₄ D
1	Masa de 10 "moléculas" (cg)				
2	Masa "molecular" (cg)				
3	Masa "molecular" (relativa) ("u.m.a.")				
4	Masa "molecular" (relativa) ("u.m.a.") (a partir de las masas atómicas)				
5	Mol (Dg)				
6	Número de "moléculas" en 1 mol (contar)				
7	Número de "moléculas" en 1 mol (calcular)				

Tabla 2

		AB	A ₂ B	A ₃ C	A ₄ D
1	Masa de 10 "moléculas" (cg)	1017	1481	1997	2643
2	Masa "molecular" (cg)	101,7	148,1	199,7	264,3
3	Masa "molecular" (relativa) ("u.m.a.")	2,25	3,28	4,43	5,86
4	Masa "molecular" (relativa) ("u.m.a.") (a partir de las masas atómicas)	2,23	3,23	4,36	5,80
5	Mol (Dg)	2,25	3,28	4,43	5,86
6	Número de "moléculas" en 1 mol (contar)	22	22	22	22
7	Número de "moléculas" en 1 mol (calcular)	22,1	22,1	22,2	22,2

Tabla 2'. Resultados, correspondientes a la tabla 2, obtenidos por un grupo de alumnos.



- 8) Completada la tabla 2 se debe poder contestar, a partir de ella, preguntas como las siguientes, análogas a las formuladas en C-7):
- a) ¿Qué poseen en común 1 mol de AB, 1 mol de A_2B , 1 mol de A_3C y 1 mol de A_4D ? ¿la misma masa? ¿el mismo número de moléculas?
 - b) En una muestra de 800 g de compuesto AB y en otra de 800 g de compuesto A_3C ¿en cual hay mayor número de moléculas? ¿y de tornillos? ¿y de tuercas? Calcular el número de moléculas, tornillos B, tornillos C y tuercas A hay en cada muestra.
 - c) ¿Cuál es el % de A en AB? ¿y en A_3C ? En cada muestra citada en b) ¿Qué masa es de tuercas A?
 - d) ¿Qué masa de compuesto A_3C se debe pesar en la balanza para tener una muestra de 1,5 moles A_3C ? ¿Cuántas tuercas A habrá en esa muestra? ¿y de tornillos D? ¿Qué masa de esa muestra será de tuercas A y qué masa de tornillos D?
 - e) ¿Qué masa de compuesto A_4D se debe pesar en la balanza para tener una muestra de 1,5 moles de A_4D ? ¿Cuántas tuercas A habrá en esa muestra? ¿y de tornillos D? ¿Qué masa de esa muestra será de tuercas A y qué masa de tornillos D?
 - f) ¿Qué masa de compuesto A_2B debe ponerse en la balanza hasta tener 594 tuercas A? ¿Qué masa de compuesto A_2B debe ponerse en la balanza hasta tener 297 tornillos B?

E) Desarrollo de la tercera unidad.

Este modelo permite explicar las leyes de conservación de la masa, de las proporciones constantes y de las proporciones múltiples de manera análoga a como se hace en el opúsculo Naturaleza Atómica de la Materia, Guía del Alumno, Grup de Recerca ICE Universitat Autònoma de Barcelona (1978), pags. 7-15; remito a este texto; en él se desarrolla un modelo a base de clips y anillas que tiene la ventaja sobre el de tuercas y tornillos, de poder representar moléculas biatómicas de un elemento, dímeros..., lo que, por otra parte, permite ejemplificar por qué la hipótesis atómico-molecular de Avogadro-Ampère explica la ley de los volúmenes de combinación de Gay-Lussac que estaba en conflicto con la teoría atómica de Dalton. Este modelo a base de clips y anillas permite también hacer un desarrollo análogo al que se ha explicado en C) y D); pero, obviamente, las tablas 1', 2' y el "número de Avogadro" tendrían diferentes valores numéricos.

Article publicat, parcialment, a quaderns de Pedagogia n° 122, febrer 1985