

saturar 589,92 de protóxido de potasio. Mas 942,64 de cloro que saturan una cantidad de protóxido de potasa encerrando 100 de oxígeno estan formados de 500 de oxígeno y de 442,64 de cloro, el número proporcional del cloro es pues de 442,64.

EUG. — Me parece que bien podia determinarse por el primer método el número proporcional de estos cuerpos; al menos no alcanzo la razon del porque no.

TEOD. — No andais del todo mal fundado, y si no se ha hecho es que todo induce á creer que hay protóxidos de estos cuerpos no conocidos todavía, ó si se conocen no se han obtenido aun en estado puro. Relativamente á los cuerpos compuestos se determina tambien fácilmente su número proporcional, tomando la suma de los números proporcionales de los cuerpos simples que se combinan: así el número proporcional del agua será 112,479, esto es, 100 de oxígeno (una proporcion) 12,479 de hidrógeno (una proporcion) dan 112,479 de agua.

SILV. — Pero ¿y de qué puede servir todo este minucioso detalle sobre conocer si entran tantos pitos ó tantas flautas en la combinacion de los cuerpos? de mí sé decir que no atino á lo que veis.

TEOD. — Estas minuciosidades, que casi ridiculizais, son de una ventaja grande sobre todo para Eugenio, que probablemente no se ensayará mucho en analizar ni componer los cuerpos.

EUG. — En este caso esponedme estas ventajas

## § VI.

De las ventajas que reporta la aplicacion de las leyes precedentes y de la teoría atómica.

TEOD. — La primera ventaja que para vos se presenta, Eugenio, es que podeis calcular la composicion de un cuerpo *binario* sin echar mano de la análisis, esto es, sin hacer ninguna operacion manual. Así que desde luego que se sabe que 201,46 son el equivalente del azufre, y que el óxido de plata, por ejemplo, está formado de 155 de metal y de 100 de oxígeno, se puede asegurar que el sulfuro de plata correspondiente á este óxido, cuya composicion no se conoce, se formará de 155 de plata y de 201,46 de azufre. A menudo se procede en química de esta suerte, para determinar las proporciones de un compuesto que todavía no ha podido analizarse. Con todo debo advertiros que hay en esto un escollo contra el cual podriais estrellaros: cuando un metal es susceptible de formar con el oxígeno, tres óxidos y tres sulfuros que difieren entre ellos por las proporciones de oxígeno y de azufre, es evidente que la composicion del protosulfuro corresponde á la del protóxido, la del deutosulfuro á la del deutóxido y la del tritosulfuro á la del tritóxido: ¿Cuan grave no seria el error si se determinase la composicion del tritosulfuro segun la del protóxido? Así supongamos que se sabe que el ácido arsenioso está formado de:



2 proporciones de arsénico	940,24
5 proporciones de oxígeno	300,00

Mientras que el ácido arsénico está compuesto de :

2 proporciones de arsénico	940,24
5 proporciones de oxígeno	300

Claro está que os equivocariais groseramente, si admitieseis que la composición del sulfuro arsénico corresponde á la del ácido arsenioso, y la del sulfuro arsenioso á la del ácido arsénico; al contrario, es menester fijar las proporciones de estos dos sulfuros, comparando el sulfuro arsenioso con el ácido arsenioso, y el sulfuro arsénico con el ácido arsénico. Según estos datos se ve que el sulfuro arsenioso será compuesto de :

2 proporciones de arsénico	940,24
3 proporciones de azufre	603,48

y la del sulfuro arsénico de:

2 proporciones de arsénico	940,24
5 proporciones de azufre	1035,80

Puédese pues establecer de una manera general que, cuando un metal es susceptible de unirse con muchas cantidades de oxígeno y de otro cuerpo, solo la esperiencia permite fijar cuales son de estas combinaciones las que se corresponden. Igualmente podeis conocer la composición de una sal neutra, esto es, de una sal en la cual el ácido y la base ó el

óxido se neutralizan sin recurrir á la analisis, pues en todos los *sulfatos*, *azotatos*, y *fosfatos* neutros hay una cantidad de ácido que exige para su saturación una proporción de base, conteniendo una cantidad de oxígeno, que es siempre la misma: así en todos los sulfatos neutros 5 partes de ácido sulfúrico exigen para su saturación una cantidad de base ó óxido que encierra una parte de oxígeno; si el óxido que debe neutralizar 5 partes de ácido sulfúrico con tiene mas oxígeno, se necesitará menos para verificar la saturación. Así el *sulfato neutro de protóxido* de cobre está formado de :

894 de protóxido de cobre, 791 de cobre y 501,16 de ácido sulfúrico, 100 de oxígeno.

El de *protóxido* de potasio de :

587,92 de protóxido, 487,92 de potasio, y de 100 de oxígeno, 101,16 de ácido sulfúrico.

El de *protóxido* de sodio de :

590,89 de protóxido, 290,89 de sodio y 100 de oxígeno, 301,16 de ácido sulfúrico.

Veis con esto que los guarismos 894 de protóxido de cobre, 487,92 de protóxido de potasio y 590,89 de protóxido de sodio, son equivalentes capaces de saturar cada uno 5 partes de ácido sulfúrico, y sabeis que los tres contienen 100 partes de oxígeno. Supongamos que en vez de protóxido de cobre, em-



pleamos bioxido compuesto de 791 de cobre y 200 de oxígeno, total 991 ¿cuanto ácido será menester para saturar un óxido que contiene doble cantidad de oxígeno? Se necesitarán 1000 partes. Si tuviéramos pues bisulfato de cobre neutro compuesto de 994 de bióxido de cobre (791 de cobre 200 de oxígeno) y de 1000 de ácido sulfúrico ¿cuanto protóxido necesitaríamos para saturar las mil partes de ácido, ó en otros términos, cual seria el equivalente de 994 partes de bióxido de cobre? Seria 1782, esto es, el doble de 891, puesto que habria 200 partes de oxígeno en 1782 de protóxido, como las hay en 994 de bióxido; y se ve que las mil partes de ácido sulfúrico saturadas por 1782 de protóxido lo serian en efecto por una cantidad que contiene 200 de oxígeno, lo cual está de acuerdo con el hecho precedentemente anunciado, que en todo sulfato neutro el oxígeno del óxido es la quinta parte de la cantidad del ácido que compone la sal.

EUG. — Esto me parece que tambien ha de conducir á poder sacar un elemento de un compuesto.

TEOD. — En efecto es así: siempre que se trata de separar de un cuerpo compuesto una proporcion de uno de los cuerpos que le constituyen, es menester, en general, emplear una proporcion del cuerpo destinado á reemplazarle: así el agua está formada de una proporcion de oxígeno y una de hidrógeno; si se quiere separar todo el hidrógeno por medio del zinc (con la ayuda del ácido sulfúrico) se necesitará una proporcion de metal.

EUG. — No sé si diré un disparate; pero puesto que una sal es un compuesto de un ácido y de un

óxido, se me figura que se ha de poder descomponer si empleamos una proporcion de ácido, ó una de base.

TEOD. — Razonais muy bien, pues así se practica, y si se quiere una descomposicion doble, obrando sobre dos sales neutras se debe tener una proporcion de cada una de las sales para obtener nuevas sales neutras. Acaso os mortifique este punto del modo como os lo presento, mas tened por entendido que es sumamente interesante y uno de los mas dignos de ser estudiado en química. Con todo lo dejaremos aquí para pasar á otro no menos interesante y del cual ya teneis alguna noticia. ¿Os acordais de la teoria atómica?

EUG. — Ya me acuerdo; pero no me dijisteis gran cosa, y si no me engaño aplazasteis su desarrollo para cuando trataseis de la química.

TEOD. — Aquí, pues, conviene deciros algo mas de lo que dije, y si ya lo dije, no será fuera de propósito repetirlo. Ya sabeis que por átomo se entiende la partícula pequeñísima de un cuerpo que puede agruparse por justa posicion con otras en la combinacion química pero sin alteracion.

EUG. — ¿Qué quiere decir esto de *justa posicion*.

TEOD. — Lo mismo que por capas que se pone una capa sobre otra; así un átomo se pega á otro, otro á este, y así de los demas.

EUG. — Ya lo entiendo, proseguid.

TEOD. — Supónese tambien que las propiedades nuevas de los cuerpos compuestos provienen de la acumulacion de los átomos de diversa naturaleza, y



que la descomposicion reproduce estos átomos con sus propiedades primitivas sin ninguna alteracion; en otros términos : el átomo de un cuerpo simple es la partícula pequeñísima de este cuerpo que no experimenta ninguna alteracion en las combinaciones químicas ; y el átomo del cuerpo compuesto es el grupo formado por la reunion de los átomos que le constituyen. Cada átomo pues es una especie de molécula integrante que no sufre ninguna alteracion y es incapaz de ser dividida ni disminuida. Esta suposicion se opone á la divisibilidad infinita de la materia. Como sabeis por lo que dijimos tratando del calórico, los gases se dilatan igualmente por el calor, y se comprimen de una manera igual ó con igual cantidad con presiones iguales : en vista de esto se ha podido admitir que todos los átomos estan situados á la misma distancia los unos de los otros, y que de consiguiente todos los gases á la misma temperatura y bajo la misma presion envuelven la misma cantidad de átomos cuando tienen igual volumen. El peso del átomo se ha deducido de la fórmula de los equivalentes, sea por medio de la comparacion de los volúmenes, sea por la de las densidades ; así el agua por ejemplo está compuesta de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, ó bien de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno : si el peso del átomo de oxígeno es 100, el del hidrógeno será el peso de su equivalente 12,4795, dividido por dos, esto es, 6,2598. La densidad del oxígeno es 1,1026, y la densidad del hidrógeno es 0,0688; si el peso del átomo de oxígeno es 100, el del hidrógeno será 6,25 deducido de la proporcion 1,1026:

0,0688::100: $x$ . Pero el peso del átomo de un cuerpo simple no puede determinarse por este segundo método, sino por lo que toca á los cuerpos simples, cuya densidad en el estado gaseoso se conoce. Así es que se han obtenido los resultados siguientes relativamente al oxígeno, hidrógeno, cloro, azoe, iodo y mercurio :

	densidad.	peso del átomo.
Oxígeno	1,1026	100
Hidrógeno	0,0687	6,25
Cloro	2,470	224
Azoe	0,976	88,5
Iodo	8,716	790,04
Mercurio	6,976	632,90

Hase estendido el uso de esta fórmula, apoyándose en las leyes que siguen los gases combinándose, y sobre la analogía mas ó menos directa que existe entre este elemento y otro cuerpo simple, cuya densidad en el estado de gas es conocida. Comparando por ejemplo la composicion del gas ácido hidrosulfúrico con la del vapor de agua, por cuanto el azufre tiene mucha analogía con el oxígeno, y porque ademas entra en un volumen de gas ácido hidrosulfúrico un volumen de hidrógeno como en un volumen de vapor de agua ; y admitiendo que el ácido hidrosulfúrico se compone de un volumen de hidrógeno y medio volumen de vapor de azufre, se concluyó de la densidad 2,2478 del vapor de azufre el peso del átomo de azufre 201,16. En suma la teoría atómica por cuyo medio las combinaciones químicas mas complicadas se espresarian fácilmente en números , no descansa todavía sino en suposicio-



nes y en esta observacion general de Dalton sobre que en todos los casos, los simples elementos de los cuerpos estan dispuestos á unirse simplemente de átomo á átomo, ó si uno de los dos está en exceso, este exceso da lugar á una relacion que puede representarse por cualquiera múltiplice simple del número de sus átomos. El doctor Bust estableció que los pesos atómicos de todas las sustancias químicas son múltiplices exactos del del hidrógeno y no está exenta esta proposicion de alguna probabilidad; mas es preciso que os advierta que acaso todas estas suposiciones nos conduzcan en error, y por lo tanto hay que estar sobre la mira á fin de que la influencia de estas nociones no vicie algunos importantes objetos de la química. Necesario se hace tambien deciros que Dalton ha tomado por base de las tablas atómicas el átomo del hidrógeno, en tanto que Berzelius tomó el átomo del oxígeno para las suyas. Mayor es todavía la discrepancia que se observa entre los mejores autores por lo que toca al peso de los átomos; cosa que no podia dejar de ser con esas fórmulas empíricas de suposiciones y analogías de que se compone una teoría que no ofrece nada de rigurosamente cierto. Sin embargo concuerdan bastante los guarismos simplificados de esta teoría atómica para recordar los resultados de la análisis, dirigir las investigaciones y en general estudiar la ciencia. Os lo repito con todo, no debéis tomar nunca estos números y cantidades como una verdad matemática positiva y absoluta; porque la química es una ciencia de observacion que no se puede encajonar por intercalaciones en cua-

dos de guarismos mas ó menos ingeniosamente trazados sin esponerse á incurrir en los errores mas graves.

EUG. — Una cosa he notado, Teodosio, que no acabo de comprender: paréceme que habeis dicho que el ácido hidrosulfúrico se compone de un volumen de hidrógeno y medio volumen de vapor de azufre: y como por otra parte dais por sinónimos un *volumen* y un *átomo*; no concibo este *medio átomo*, puesto que los habeis dado como indivisibles.

TEOD. — Con vuestras observaciones me dais á conocer como de cuando en cuando que no debo proceder de ligero en las lecciones que os doy. La que acabais de hacerme es muy justa, y solo os responderé con los hechos siguientes: Supongamos que un litro de hidrógeno contiene 4000 átomos, un litro de cloro deberá contener 4000 átomos, y combinando ambos á dos cuerpos se obtendrán dos litros de ácido clorídrico que contendrán necesariamente 2000 átomos. Mas en cada uno de estos 2000 átomos hay partes iguales de hidrógeno y de cloro: luego es preciso que cada átomo contenga medio átomo de hidrógeno y medio átomo de cloro; porque á no ser así, si, por ejemplo, un átomo de hidrógeno se hubiese unido á un átomo de cloro para formar ácido clorídrico, no se hubiese de haber obtenido en la totalidad mas que mil átomos de ácido clorídrico, y he dicho, como realmente es así, que se forman dos mil. Supongamos tambien que en un litro de vapor de arsénico hay 4000 átomos y en tres litros de hidrógeno 5000; estos cuatro litros



forman dos litros de gas arsenidrico que contiene 2000 átomos. Preciso es pues que haya en cada uno de estos átomos un átomo y medio de hidrógeno y medio átomo de vapor de arsénico, porque multiplicando 2000 por  $1\frac{1}{2}$  y por medio, se forman 4000 átomos, á saber 4000 de arsénico y 5000 de hidrógeno. De esto resulta que la teoría atómica como ya os he dicho, tiene sus costados flacos, y en cuanto á este punto seria insuficiente para explicar los hechos, como no se admitiese que los átomos de los cuerpos gaseosos son susceptibles de dividirse entrando en combinacion; lo cual es diametralmente opuesto á la definicion que hemos dado del átomo.

EUG. — Si mal no os he comprendido, solo me habeis indicado los medios de indagar el peso de los átomos de los cuerpos gaseosos.

TEOD. — Gaseosos y cuerpos, que no siéndolo naturalmente, dan combinaciones gaseosas. Si no os cansa esta materia os diré los medios que hay para determinar el peso de los átomos de los demas cuerpos simples.

EUG. — Aunque un poco embrollada la cosa, no deja de interesarme.

TEOD. — Hase establecido, no hace muchos años, que es posible determinar el peso de los átomos de los cuerpos simples, teniendo cuidado de la *capacidad* de estos cuerpos para el calórico. Suponed que ya se conocen los pesos de estos átomos; si multiplicamos los diversos guarismos que representen estos pesos, por el guarismo que espresa la capacidad de cada cuerpo para el calórico, se obtendrá

por producto de la multiplicacion una cantidad que siempre será la misma, esto es 57,50. Notad que se toma por *unidad* la capacidad del agua para el calórico. Os he dicho que en las tablas de los pesos atómicos habia discrepancias; haylas tambien en la tabla de las capacidades para el calórico, mas es poca la diferencia, y esta depende de algunos errores inevitables ya en la medida de las capacidades, ya en las analisis químicas que han servido para fijar los pesos de los átomos: mas indicando el término medio 57,50, no nos alejamos mucho de la verdad. La sola inspeccion de una tabla de capacidades autoriza, pues, á establecer como ley el que los átomos de todos los cuerpos simples tienen exactamente la misma capacidad para el calórico, capacidad que puede representarse por 57,50. Así cuando el átomo pesa poco, su capacidad para el calórico es mucha; si el átomo pesa mucho, su capacidad para el calórico es poca. Pongamos un ejemplo. El peso del átomo de azufre es 204,4; su capacidad para el calórico es 0,4880; el producto de la multiplicacion de es estos dos números da 57,80. El peso del átomo de estaño es 755; su capacidad para el calórico es 0,0514, y el producto de su multiplicacion es 57,79.

EUG. — Ya veo que ambos productos son sensiblemente iguales.

TEOD. — Hallada esta ley, nada mas facil que determinar los pesos de los átomos que ya habiamos supuesto conocidos: en efecto ¿quereis conocer el peso del azufre? dividid 57,50; esto es, el guarismo que espresa el producto del peso del átomo por la



capacidad ó por 0,1880, guarismo que representa la capacidad del azufre para el calórico.

EUG. — Voy á practicarlo  $\frac{57,50}{0,1880} = 201,16$ , ahí

teneis el peso del átomo de azufre. Ahora voy á saber el peso del átomo de plomo : ¿cual es la capacidad del plomo para el calórico?

TEOD. — Es 0,0295.

EUG. — Pues divido 57,50 por 0,0295 y me da 1295, este es el peso del átomo de plomo. Me encanta la facilidad con que se determina una cosa por este estilo. ¿Qué me decís, Silvio, de estas balanzas?

SILV. — Que si son fieles son sumamente ingeniosas.

TEOD. — Otro medio hay todavía de determinar el peso de los átomos de ciertos cuerpos sólidos, el cual esta cimentado sobre lo que se llama el *isomorfismo*.

EUG. — ¿Qué es ese pájaro de las Indias?

TEOD. — Yo os lo explicaré. *Isomorfo* quiere decir cuerpo que tiene la misma forma : el cloro y el iodo son *isomorfos*. Pues si haceis disolver en el agua cristales cúbicos de ioduro de potasio, y lo descomponéis por el cloro, obtendreis tambien cristales cúbicos de cloruro de potasio, el cloro reemplaza el iodo sin que se mude la forma del cristal : el iodo y el cloro, pues, son *isomorfos*. Al contrario se llaman *dimorfos* los que sustituyen en estos reemplazos otras formas por tenerla diferente. Por ahí deducireis lo que es el *isomorfismo*.

EUG. — Pasad adelante, pues, quedo enterado.

TEOD. — Admitese, pues, que todos los cuerpos *isomorfos*, ó sea capaces de cristalizar de la misma manera, contienen el mismo número de átomos : así hay tantos átomos de iodo y de potasio en el ioduro de potasio, como de cloro y de potasio en el cloruro de este metal : hay tantos átomos de oxígeno y de hierro en el protóxido de hierro como los hay de bario y oxígeno en los óxidos de bario, pudiéndose decir otro tanto de los de estroncio, calcio, magnesio en los protóxidos de plomo y manganeso. Basta, pues, saber el número de átomos de un cuerpo compuesto AB, para concluir que tendrá el mismo número de átomos en los compuestos isomorfos de AB.

EUG. — Acabadme de desenvolver esto con algun ejemplo.

TEOD. — ¿Cómo sabremos cual es el número de átomos de oxígeno y metal que entran en la composición de uno de estos protóxidos ; del protóxido de plomo por ejemplo ? Se empezará por analizar 107,725 partes de este protóxido descomponiéndole al fuego por el gas hidrógeno, que se apoderará de todo el oxígeno del protóxido de plomo para formar agua, y se obtendrán 100 partes de plomo y 7,725 de oxígeno : luego se establecerá la proporcion siguiente :

$$7,725 : 100 :: 100 : x. \quad x = \frac{100 \times 100}{7,725} = 1294,498.$$

Esto es si 7,725 de oxígeno se combinan con 100 de plomo, 100 de oxígeno se combinarán con



4294,498 de plomo. Sábese que un átomo de plomo pesa 4294,500, siendo 100 el del oxígeno: así que entra en el protóxido de plomo un átomo de oxígeno y un átomo de metal, tal es pues el número de átomos de todos los óxidos isomorfos, como los de bario, de estroncio, de calcio, etc. Desde luego que se sabe cual es el número de átomos de cada uno de estos óxidos, nada mas espedito que determinar el peso del átomo del metal; pues ya que cada uno de estos óxidos resulta de un átomo de oxígeno unido á un átomo de metal, basta saber cuales son las proporciones de oxígeno y de metal que constituyen el óxido y establecer una simple proporción: con un ejemplo os haré esta proporción evidente. Supongamos que se desea conocer el peso del átomo del hierro, se dirá si 29,48 de oxígeno se combinan con 100 de hierro, para formar el protóxido de este metal, 100 de oxígeno ó un átomo se combinarán con 559,24 de hierro ó un átomo.

$$29,48:100::100:x. \quad x = \frac{100 \times 100}{29,48} = 559,24.$$

EUJ.— Ninguna dificultad me queda sobre el particular; lo que ahora quisiera es que me indicaraís algunos cuerpos *isomorfos*: pues los iría copian-do.

TEOD.— Andad anotando los siguientes. El *oxígeno*, el *azufre* y el *selenio* forman un grupo: el *fluor*, *cloro*, *bromo* y *iodo* otro; el *fósforo* y el *arsénico* otro; otro los *protóxidos* de *plomo*, *hierro* y *magnesio*; otro los *óxidos* de *iridio*, *osmio* y *pala-*

*dio*; otro el *óxido* de *itrio* y el *protóxido* de *cerio*, otro en fin los *sesquióxidos* de *aluminio*, *silicio*, *hierro*, *magnesio*, *romo* y *urano*.

EUJ.— Difícil es retenerlos; pero como los tengo copiados ya los sabré con el tiempo.

TEOD.— Notad que todos los medios indicados para hallar el peso de los átomos son conducentes, y cualquiera que sea el empleado habeis de hallar lo mismo. Si ahora quereis saber como se determina el peso de los átomos de los cuerpos compuestos, pocas dificultades tendreis que vencer, porque tambien es muy fácil: sépase el número de átomos que entra en la composición de un cuerpo, y súmense sus pesos: así el átomo de agua pesa 142,479 porque está formado de un átomo de oxígeno que pesa 100 y de dos de hidrógeno que pesan 42,479; un átomo de ácido sulfúrico pesa 504,16, suma igual al peso de un átomo de azufre 204,16 y de tres átomos de oxígeno, ó de 500: el átomo de protóxido de hierro pesa 459,24 puesto que este óxido está compuesto de un átomo de oxígeno = 100 y de un átomo de hierro = 559,24: un átomo de sulfato de protóxido de hierro anidro ó privado de agua pesa 940,57, suma igual al peso de un átomo de ácido sulfúrico (504,16) y de un átomo de protóxido de hierro (459,24). Es preciso que os advierta que el peso del átomo y de la proporción de un cuerpo no siempre es igual, y en los que no lo es, generalmente hablando, la diferencia que va es la mitad de la proporción. Hora es ya que dejemos este punto y que pasemos á otro antes de concluir la conferencia.