

UNIVERSO MOLECULAR

POR EL DR. ROMÁN CASARES BESCANSÀ

CONFERENCIA DEL DÍA 4
DE NOVIEMBRE DE 1938,
: : PRESIDIDA POR EL : :
EXCMO. SR. GOBERNADOR
CIVIL DE LA PROVINCIA.

≪ CICLO DE CONFERENCIAS DE LA
SOCIEDAD DE CIENCIAS DE MÁLAGA

TIP. V. GIRAL CALLE 1
MÁLAGA

6270

FOL - VAR - 6270

SN 2/106

UNIVERSO MOLECULAR

POR EL DR. ROMÁN CASARES BESCANSÀ

CONFERENCIA DEL DÍA 4
DE NOVIEMBRE DE 1938,
: : PRESIDIDA POR EL : :
EXCMO. SR. GOBERNADOR
CIVIL DE LA PROVINCIA.

≈ CICLO DE CONFERENCIAS DE LA
SOCIEDAD DE CIENCIAS DE MÁLAGA

Presentación del Conferenciante por el

Sr. Bello Marín, Presidente del Colegio

   **Farmacéutico**   

DIGNÍSIMAS AUTORIDADES, SEÑORAS, SEÑORES:

La cordialísima atención que con el Colegio Farmacéutico ha tenido el Presidente de la Sociedad Malagueña de Ciencias, al hacerme este honroso encargo, me proporciona dos grandes satisfacciones:

La primera, el hacerlo desde esta tribuna prestigiosa, pues ello encierra el exponente claro y preciso de una colaboración sincera, estrecha, afectuosa entre la Sociedad de Ciencias y el Colegio Farmacéutico.

La otra satisfacción es la de ver ocupado ese sitio del conferenciante por un hombre de valía científica indiscutible, de méritos propios en el campo de la Química y la Investigación, que antepone para honor suyo y orgullo nuestro a todos sus laureles bien ganados, su título de Farmacéutico.

De raigambre científica el apellido Casares, fueron Farmacéuticos sus antecesores hasta su bisabuelo y lo son sus hijos, dignas esperanzas de continuación; uno, realidad perfectamente lograda, teniendo este

apellido una popularidad científica, por su valía, que bien puede decirse con plena verdad, que no precisa de presentación.

Don Román Casares es Doctor en Farmacia a los 20 años, después de una carrera brillantísima (todas las asignaturas con sobresaliente.) Al año de doctorarse hace oposiciones, nada menos que a la Cátedra de Química Orgánica de la Universidad de Barcelona y obtiene en ellas el número 2, o mejor dicho, el otro número 1, pues el Tribunal hace constar en acta su sentimiento por no disponer de otra plaza para premiar sus brillantes ejercicios. Dedicado después a la Industria, desempeña la plaza de Químico en diversas Empresas, en una de las cuales muy importante, es designado Director Técnico de una de sus Fábricas. Obtiene en el plazo mínimo el Título de Ingeniero electricista en la Internacional Institución Electrotécnica. En 1915 abandona la Industria dedicándose íntegramente a su profesión de Farmacéutico, mostrando siempre su preferencia por la parte Análisis. En este aspecto, como en el de la enseñanza, es bien conocida su labor, muchos de los que me escuchan lo conocen como Maestro, para que yo distraiga vuestra atención, impaciente por oír su autorizada voz en el desarrollo de la que anticipo será magistral disertación, ya que esta Conferencia es resumen de trabajos efectuados por el Dr. Casares, en los que puso la voluntad de acertar, que con su talento, es decir acierto.



Universo Molecular



EXCMO. SR.:

DIGNÍSIMAS AUTORIDADES:

SEÑORAS Y SEÑORES:

Sean mis primeras palabras para agradecer al Sr. Bello, Presidente del Colegio Farmacéutico, su cariñosa presentación y a la Directiva de la Sociedad de Ciencias el alto honor de volver a ocupar esta tribuna. He aceptado con emoción su ruego, por que hace más de treinta años, pronuncié desde esta misma tribuna tres conferencias. La primera, el año 1902, sobre la «Industria en Málaga»; la segunda, al año siguiente, sobre «Moléculas Orgánicas» y la tercera, algún tiempo después, sobre «Un granito de arena».

Recuerdo con veneración a aquellos sabios malagueños que formaban la Sociedad de Ciencias. Pocos viven. Se reunían a tomar café en estos salones, un docto canónigo, varios farmacéuticos y médicos, profesores, ingenieros, etc. y algunos jóvenes entusiastas entre los que yo me encontraba. Entonces la ciencia era ciencia. Se comentaban las últimas novedades de revistas españolas y extranjeras. De allí salían los clásicos jueves de la Sociedad de Ciencias. Aquellas tertulias académicas, eran un verdadero cultivo de la ciencia malagueña.

* * *

Dejando estos recuerdos de la juventud, entremos en la disertación.

Todos conocéis la hermosura de una noche estrellada. Todos sabéis que esos puntitos brillantes, las estrellas, son soles que ni están fijos ni van solos, sino que se trasladan llevando cada cual su séquito de mundos semejantes al nuestro. Nadie ignora que el número de estos soles es incontable, muchísimos millones.

Sabemos también que las distancias entre ellos son enormes. Un aeroplano a 500 kilómetros por hora, tarda en dar la vuelta a la Tierra 80 horas, es decir, tres días y 8 horas. Procurémosnos con la imaginación un aeroplano extraordinariamente más rápido, que en un segundo dé siete veces y media la vuelta a la Tierra. Es lógico que para este aeroplano no haya distancias; en efecto: en $1 \frac{1}{4}$ de segundo nos llevaría de la Tierra a la Luna. Este aeroplano imaginario existe, es la luz; y la luz para llevarnos desde la Tierra a la estrella más próxima a nosotros, que es Alfa de Centauro, necesita 4 años, 3 meses y 20 días.

Las velocidades de los astros también las conocéis. En nuestro movimiento alrededor del Sol recorremos 30 kilómetros por segundo, es decir, 30 veces la velocidad de una bala. La estrella Arturo tiene la velocidad de 90 kilómetros por segundo y una de la Osa Mayor 300.

Os he recordado lo que físicamente llamamos infinitamente grande, para mostraros a continuación otros Universos de lo infinitamente pequeño. Estos Universos están formados por moléculas, átomos y electrones.

* * *

Esta noche nos vamos a dedicar al estudio del Universo molecular, y para llegar a él, podemos descender por muchas escaleras. Elijo la de la vida humana, que es hermosa y conocida.

La gota de sangre es el primer escalón. La sangre tiene una composición fija, matemática. Si hay variación, hay enfermedad. Cada hombre tiene aproximadamente 100.000 gotas de sangre.

El segundo escalón es el glóbulo rojo. ¿Cuántos glóbulos rojos tiene la gota de sangre? El volumen de ella es de 50 milímetros cúbicos y por consiguiente tiene 250.000.000. A una persona ajena a nuestras ciencias le parecerá increíble que en una gota haya tantos glóbulos como suman los habitantes de Alemania y Rusia. Para hacérselo comprender le diremos que si con el microscopio corrientemente usado en clínica, pudiéramos ver en su totalidad una gota, sería como

la mitad de este salón y el glóbulo como una cabeza de alfiler. Comprenderá ahora fácilmente que a causa de las pequeñísimas dimensiones del glóbulo existe ese número en la gota. ¿Qué es el glóbulo rojo? Una maravilla. Podemos decir, sin temor a que nadie pueda desmentirnos, que es el elemento fundamental de la vida de nutrición. En su composición entran numerosos cuerpos, tantos como existen en una estantería bien surtida. El glóbulo rojo tiene: Hemoglobina, serina, globulina y otras sustancias albuminoideas; diversas grasas, colessterina, lecitina, creatina, creatinina; cloruros y fosfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio, carbonatos y bicarbonatos, oxidasas, peroxidadas, catabalatas y muchos fermentos, etc.

Bajemos al escalón de la glucosa y para que esta sea 1 Kg., el glóbulo tiene que pesar 1 Tm.

Sigamos descendiendo y para que la urea sea 3 Kgs. el glóbulo rojo tiene que pesar 10 Tm.

Bajando al siguiente escalón que es el del ácido úrico o de la creatinina, para 1 Kg. de estas sustancias, el glóbulo ya tiene 100 Tm.

Con la imaginación hemos llevado al glóbulo rojo a los 100 Tm. y aún estamos muy distantes de las moléculas; para no cansaros más bajando poco a poco, demos un gran salto y descendiendo vertiginosamente veremos agrandar el glóbulo y cuando llegue a las dimensiones de la Tierra con su ecuador de cuarenta mil Km., detengámonos, que ya vemos las moléculas con peso variable y que de momento podemos comparar al peso también variable de los buques que llegan a nuestro puerto.

Aunque el objeto de la conferencia va a ser el estudio de las moléculas, ya os he dicho que existen otros seres más pequeños, los átomos, y otros muchísimo más pequeños, los electrones. Un electrón es 20.000.000.000 de veces menor que la molécula.

* * *

El universo molecular es un universo poco conocido.

Para su investigación se encuentra más lejos que los soles de la bóveda celeste, a pesar de formar nuestro cuerpo y todo lo que nos rodea.

A simple vista y con el telescopio se ven las estrellas; el microscopio más perfecto queda muy lejos de las moléculas. Solo la inteligencia puede llegar a mostrarnos el universo molecular.

Las moléculas tienen variedad de dimensiones lo mismo que los astros.

Hay asteroides o pequeñísimos astros y enormes nebulosas formadas por muchos soles. Hay pequeñas moléculas monoatómicas y enormes moléculas formadas por miles de átomos que son verdaderas nebulosas del universo molecular.

¿Se mueven las moléculas? Permitidme una digresión histórica. Newton, el más excelente genio del siglo XVIII, por un nuevo procedimiento de cálculo que el mismo había imaginado, el cálculo infinitesimal, encontró un principio universal, la atracción, que rige los astros y también las moléculas.

Al observar Newton la expansión de los gases, es decir, como el humo se va abriendo al salir de la chimenea y el aire comprimido trata de ocupar mayor volumen, admite por deducción lógica de estos hechos, la fuerza de repulsión entre las moléculas. Para Newton existen por lo tanto dos fuerzas moleculares: la atracción y la repulsión.

Cuerpos sólidos son aquellos en que domina la atracción.

Cuerpos líquidos cuando hay equilibrio entre las dos fuerzas. Cuerpos gaseosos cuando domina en ellos la repulsión.

Para seguir adelante voy a presentaros una familia suiza, de grandes geómetras, contemporánea de Newton: es la familia de los Bernouilli.

El mayor de esta familia es Santiago, que enseña matemáticas a su hermano Juan de trece años de edad menos que él. Al poco tiempo, ambos luchan acremente en el terreno científico, y solo puede competir con ellos Newton y Leibniz. Como desafío se proponían la resolución de problemas difícilísimos, no encontrando en las academias jueces con suficiente competencia para decidir en favor del uno o del otro.

Otro gran geómetra es Daniel, hijo de Juan, modelo de amor filial. Admiraba tanto a su padre que sus notabilísimos trabajos los firmaba «Hijo de Juan Bernouilli».

Nicolás y Juan, también geómetras, hermanos de Daniel, es decir, hijos del Juan primeramente citado.

Otros Juan y Santiago, son nietos también de Juan, y aún ha existido otro Nicolás Bernouilli, sobrino de Juan y Santiago.

De esta interesantísima familia, el primer Juan Bernouilli es el que estudia los gases y demuestra que la hipótesis de Newton es falsa, por que si las moléculas gaseosas estuvieran dotadas de fuerza repul-

siva, al distenderse libremente sin realizar trabajo alguno, deberían desarrollar calor, y por consiguiente un gas al expansionarse debería calentarse. En la práctica sucede precisamente lo contrario.

Juan Bernouilli admite en cambio que las moléculas de los gases están dotadas de movimientos rectilíneos y con ello establece lo que en la ciencia física llamamos: «Teoría cinética de los gases».

Esta teoría desarrollada después por Erapath, Joule, Krönig, Clausius y otros; nos dice que las moléculas de los gases se mueven rectilíneamente, chocando unas con otras y con las paredes de la vasija que las contiene. Así que una burbujita de aire imperceptible en este vaso de agua, si la hacemos del tamaño de la Tierra, la encontraremos formada por millones de millones de cuerpos como pelotitas de goma que chocan desordenadamente unas con otras y con el agua que las rodea. Pensemos en la goma de la rueda de un automóvil; la bomba de compresión de aire va introduciendo trillones y trillones de moléculas o pelotitas que con sus choques o bombardeo contra la goma la sostiene hinchada; cuanto más aire, más choques, más presión. Creo que esto está claro. Así que cuando vamos en un auto, nos sostienen las gomas de las cuatro ruedas, o mejor dicho, los choques de las moléculas contra las gomas.

* * *

Me preguntareis: ¿La fuerza de las moléculas no se gasta? ¿Siempre se mueven sin nunca parar? ¿De donde toman su fuerza las moléculas?

Esa fuerza que mueve las moléculas es el calor y lo toman de los cuerpos que la rodean. Si aumenta la temperatura ambiente, también lo hace la velocidad de las moléculas y, sin introducir más aire, pueden romperse las gomas de no tener suficiente resistencia; por el contrario, si trasladamos el automóvil a una región nevada, disminuye la velocidad y por consiguiente el número de choques y la presión de las gomas.

Para nosotros los habitantes de la Tierra, el aire siempre es un gas con sus moléculas moviéndose como pelotitas; pero en los pequeños astros, la Luna por ejemplo, como está fría, allí las moléculas no se mueven, están completamente quietas, el aire sólido forma rocas desconocidas para nosotros.

¿Rocas de aire en la Luna? En efecto: las condiciones térmicas de la Luna son totalmente diferentes de las de nuestra Tierra.

Al calentar el sol nuestro planeta, todo lo que nos rodea almacena calor. Calienta el agua del mar, la tierra de las montañas, la arena de las playas, etc., etc., y después de ponerse el sol, esos almacenes de calor, sueltan poco a poco enormes cantidades de energía, templando las noches y permitiendo la vida en la sombra.

Esta propiedad de almacenar calor que tiene la materia se llama técnicamente calor específico. El calor específico baja con la temperatura, un Kg. de hielo ya almacena la mitad de calor que un Kg. de agua, y, conforme nos acercamos al cero absoluto, disminuye el calor específico de los cuerpos.

Los cuerpos que forman la Luna, apenas almacenan calor y al desaparecer el sol, en sus noches o sombras, la temperatura es 273° bajo cero de nuestro termómetro.

* * *

Sigamos hablando de las moléculas: para simplificar pongamos un gas en una vasija colocada en un sótano profundo donde la temperatura sea constante y después de un mes de reposo preguntemos: ¿Esas moléculas se mueven de forma regular trazando líneas periódicas o de forma irregular? A esa pregunta contesta la actual ciencia cinética, que el movimiento es siempre irregular, de forma rectilínea por que son vibraciones producidas por el calor que es la degradación de la energía.

Permitidme dedicar un cariñoso recuerdo a un competentísimo físico español, con el que he sostenido correspondencia sobre estas cuestiones, sin llegar a ponernos de acuerdo. Está en la zona irredenta, según me dicen, en la cárcel roja desde el principio del movimiento y allí continúa a pesar de las gestiones de los físicos holandeses. Hay quien cree está refugiado en una embajada. Es un hombre bueno con el único delito de no ser de izquierda. No es prudente decir su nombre.

Volviendo a las moléculas, disiento en la contestación que la ciencia actual da a la pregunta. Yo no puedo convencerme a mí mismo, de que el calor es una energía de peor clase que las demás, ni de que en el movimiento de las moléculas exista desorden.

Voy primero a poner los argumentos en favor del desorden.

Uno de los fundamentos de la actual teoría cinética son los movimientos brownianos. Si tenemos una pequeñísima partícula sólida delante del objetivo del microscopio, y en el interior de una gota de agua, veremos el movimiento Browniano, es decir, veremos que la partícula

se mueve en todos sentidos formando una trayectoria caprichosa y quebrada. El movimiento Browniano evidentemente que es una agitación térmica y no es debido ni a trepidación del terreno ni a corriente en el seno del líquido. Sin embargo: si la particulita sólida está en el aire o en los gases, no existe dicho movimiento y esto en mi sentir quita valor a lo anterior.

Como los experimentos de Perrín se fundan en el movimiento Browniano en los líquidos y, las vibraciones del cuerpo negro no son concluyentes, no voy a hablar de estos argumentos en favor del desorden.

Pasemos a defender el movimiento periódico.

Todos los poetas de la ciencia dicen que las mismas leyes rigen los astros que las moléculas; y yo sin ser poeta afirmo lo mismo. Para mí las moléculas siguen curvas cerradas y sus movimientos son fijos y no variables.

Mi hipótesis es que trazan curvas similares a la de la piedra que, sujeta por la onda, gira al rededor del centro que está en la mano del niño. Las moléculas, de forma análoga, giran y no se van por la tangente por que las demás, que también giran, impiden con su movimiento la entrada en su campo.

En las ciencias físico-químicas no se pueden hacer afirmaciones sin demostrarlas y para ello voy a establecer la diferencia que existe entre la actual teoría cinética y el movimiento de curvas cerradas.

Esta diferencia está en primer lugar en la explicación lógica de la presión. Ya hemos dicho que para el movimiento desordenado, la presión es el choque, y, en mi hipótesis, la presión es la fuerza centrífuga producida por las moléculas que en sus trayectorias tienden a salirse por la tangente.

Los problemas de la fuerza centrífuga son muy fáciles y quiero recordaros alguno de los que resolvíamos en nuestra vida de estudiante.

Problema: Hallar la presión que sufre el carril de una vía férrea en una curva cuyo radio vale 200 metros cuando sobre ella corre una locomotora de 100 Tm. de peso y a 25 ms. por segundo de velocidad.

La fórmula de la fuerza centrífuga es:

$$F = \frac{m v^2}{r}$$

El pequeño estudiante, ya no tiene más que ir reemplazando las letras por los datos del problema.

La fuerza es la incógnita.

Masa ya sabemos que es peso dividido por la gravedad.

La aceleración de la gravedad en metros por segundo es 9'81. Anotando los datos en Kgs. y en metros, tendremos la ecuación siguiente:

$$F = \frac{100.000 \times 25^2}{9.81 \times 200}$$

Hechas las operaciones resulta el valor de:

$$F = 31.855 \text{ kilos de presión.}$$

Si en vez de una sola locomotora de 100 toneladas, fuesen dos de 50 toneladas, como la suma es 100, el problema es el mismo y también el resultado.

Si en lugar de dos locomotoras ponemos muchas, siempre que la suma total de sus pesos sea 100 toneladas, el resultado sigue siendo el mismo.

Si el número de las locomotoras es de trillones, estamos en el mismo problema.

* * *

Disculpadme la vanidad infantil que siento, al decir que esta noche vamos a recorrer un camino nuevo en la ciencia; hasta ahora insospechado. Que es nuevo, lo confirman las malhumoradas cartas del físico anteriormente citado, cuando yo le decía que no podía convencerme del movimiento irregular de las moléculas.

Este nuevo camino, que es como vulgarmente se dice, el huevo de Colón, lo impedía seguir el movimiento browniano. Si una partícula, en el interior de un líquido, tiene ese movimiento irregular, parece evidente que no puede ser producido más que por el bombardeo molecular, que a su vez tiene que ser también irregular. Cierto, señores, pero esto sucede en el interior de un líquido y son gases lo que estamos estudiando. Hasta ahora nadie ha encontrado el movimiento browniano en los gases.

Como piedra de toque de la hipótesis de la fuerza centrífuga de las moléculas, vamos a determinar la velocidad de la molécula del gas hidrógeno.

Para fijar los datos, consideremos un litro de hidrógeno en las condiciones normales dentro de una vasija esférica.

En la fórmula de la fuerza centrífuga:

$$F = \frac{m v^2}{r} \quad (1)$$

despejando la velocidad, tendremos:

$$v = \sqrt{\frac{F r}{m}} \quad (2)$$

Como F es la presión sobre las paredes de la vasija, pongamos en su lugar la letra P inicial de presión:

$$v = \sqrt{\frac{P r}{m}} \quad (3)$$

Esta presión P , que el hidrógeno produce sobre la pared total, se obtiene multiplicando la superficie de la esfera en centímetros cuadrados, por 1,03284 kilos que es la presión normal por centímetro cuadrado. La presión P es aproximadamente 500,36 kilos.

Radio de la esfera de un litro de capacidad es 0,06209 metros.

Peso de un litro de hidrógeno, en kilos es 0,00008958.

La masa del hidrógeno es el peso dividido por la gravedad:

$$m = \frac{0.00008958}{9.81} = 0.00000913$$

Sustituyendo en la fórmula (3) resulta:

$$v = \sqrt{\frac{500.36 \times 0.06209}{0.00000913}} = \sqrt{\frac{31.06}{0.00000913}} = \sqrt{3401971}$$

La raíz cuadrada de este número es 1844.

Por lo tanto, la velocidad de la molécula de hidrógeno a 0° es 1844 metros por segundo.

Esa es la velocidad que coincide con los resultados obtenidos por otros métodos.

Para los físicos actuales, los 1844 metros es una velocidad media;

la molécula, en una vasija de litro, llega a pararse unas 6,000 veces por segundo y otras 6,000 adquiere velocidades fantásticas para que la media sea el número citado.

¡Cuánto más racional es suponer un movimiento uniforme en una trayectoria periódica!

Queda por lo tanto demostrado que aplicando las fórmulas elementales de la fuerza centrífuga, sin ninguna nueva hipótesis, se determina la velocidad de la molécula de hidrógeno.

Si en lugar de tomar por peso del litro de hidrógeno 0,08958 grs. tomamos 0,09009, la velocidad baja en unos cuatro metros, lo que no tiene importancia.

No hay por qué decir que de la misma forma se determina la velocidad de todos los gases.

* * *

Para llegar a una fórmula más sencilla que la (3) reemplacemos la masa por el peso y la gravedad, así:

$$V = \sqrt{\frac{P r g}{\text{peso}}}$$

El peso de un litro es el peso atómico dividido por el volumen atómico y para que el resultado sea en kilos, tenemos que dividirlo por 1000. Representando el peso atómico por **A**, tenemos:

$$V = \frac{\sqrt{P r g \times \text{volumen atómico} \times 1000}}{\sqrt{A}}$$

Reemplazando las letras por sus valores y efectuando las operaciones, resultará:

$$V = \frac{1844}{\sqrt{A}}$$

Dividiendo la velocidad del hidrógeno por la raíz cuadrada del peso atómico de un gas, tenemos su velocidad. Ejemplo: el peso atómico del oxígeno es 16, y la raíz cuadrada de este número es 4. Dividiendo

1844 por cuatro, da exactamente 461 metros por segundo, que es en efecto la velocidad de la molécula de oxígeno.

Así resulta:

| | | | |
|--------------------|-----|--------|----------|
| Nitrógeno. | 498 | metros | segundo. |
| Cloro | 306 | » | » |

* * *

En los gases monoatómicos, es decir, aquellos que su molécula tiene un solo átomo, para aplicar la sencilla fórmula anterior, tenemos que tomar la mitad del peso atómico.

Ejemplos: Argo.—Peso atómico 40. Mitad 20.

$$V = \frac{1844}{\sqrt{\frac{40}{20}}} = 419 \text{ metros por segundo.}$$

| | | | | |
|------------------|------|--------|-----|----------|
| Helio. | 1317 | metros | por | segundo. |
| Neo | 594 | » | » | » |
| Kripto | 288 | » | » | » |
| Xeno. | 236 | » | » | » |

* * *

Para aplicar esta fórmula a los cuerpos compuestos se toma la mitad del peso molecular.

Ejemplos: Anhídrido carbónico.—Peso molecular 44. Mitad 22.

$$V = \frac{1844}{\sqrt{\frac{44}{22}}} = 400 \text{ metros por segundo.}$$

| | | | | |
|-------------------|-----|--------|-----|----------|
| Amoniaco. | 635 | metros | por | segundo. |
| Metano. | 658 | » | » | » |

* * *

Hemos estudiado el caso sencillo de un gas puro y ahora vamos a estudiar una mezcla de gases poniendo como ejemplo el aire.

Este problema lo resuelve la ley de Daltón, o de las presiones parciales, que dice: «La presión de una mezcla es la suma de las presiones parciales, es decir, cada gas conserva su presión.» Como la presión, según mi hipótesis, depende de la masa y la velocidad, nos viene a decir la ley que cada gas conserva su velocidad. Por lo tanto:

en el aire a cero grados hay moléculas de nitrógeno con su velocidad de 498 metros por segundo, de oxígeno con 461, Anhidrido carbónico con 400, argo con 419, neo con 594, etc.

Con esto no está conforme la actual teoría cinética que supone que la velocidad de las moléculas en el aire es una media de 485 metros por segundo; el oxígeno aumenta su velocidad y el nitrógeno disminuye, etc.

Que esto no es cierto, que no varía la velocidad, me parece que os vais a convencer con el siguiente experimento: Pongamos en el vacío, un vapor en presencia de su líquido; las variaciones de calor, son variaciones de velocidad y variaciones de cantidad de vapor. Mezclemos el vapor con aire y al variar su velocidad necesariamente que varía la cantidad y como no sucede, queda demostrado que las velocidades no se influyen.

Vamos a estudiar los gases comprimidos. Por ejemplo: en la vasija de un litro de capacidad introduzcamos dos litros de hidrógeno. Es el mismo caso de la ley de Daltón, cada litro conservará su velocidad, es decir, todas las moléculas recorrerán 1844 metros por segundo, sean muchas o sean pocas.

Lo vemos perfectamente en la fórmula de la fuerza centrífuga de los gases:

$$P = \frac{m v^2}{r}$$

Presión y masa son directamente proporcionales, aumentar la masa es aumentar la presión, disminuir la masa es disminuir la presión. Lo que no varía nunca es la velocidad.

Hasta ahora hemos estudiado los gases a la temperatura de 0° y vamos a variar la temperatura y ver su efecto.

Supongamos un gas en las condiciones normales dentro de la vasija de un litro y que subimos la temperatura a t . Ya sabemos por la Física que la presión varía multiplicándola por el binomio $1 + a t$, es decir, que si en la igualdad $P = \frac{m v^2}{r}$ multiplicamos el primer miembro por el binomio, es necesario multiplicar el segundo para que subsista la igualdad:

$$P (1 + a t) = \frac{m v^2}{r} (1 + a t)$$

Del segundo miembro sabemos que por aumentar la temperatura

no aumenta la masa, pues en la vasija cerrada no ha habido entrada de gas, lo único que de hecho varía es la velocidad. Tenemos por lo tanto:

$$V_t = \sqrt{v^2 (1 + a t)}$$

Para no cansaros voy a poner un solo problema: ¿Qué velocidad tiene la molécula de hidrógeno a 100°?

$$V_t = \sqrt{1844^2 (1 + a 100)}$$

Resolviendo la ecuación resulta la velocidad de 2140 m/s.

Voy a emprender otros caminos que nos servirán de enlace entre la fórmula fundamental de mi hipótesis y las leyes que rigen el estado gaseoso.

Mi fórmula, como sabéis, es:

$$P = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

La presión **P** grande es el producto de la superficie por la presión en centímetros que representaremos por **p** chica; suponiendo al gas, para simplificar, dentro de una esfera, queda la fórmula:

$$4 \frac{2}{3} \bar{r}^2 \times p = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Pasando al primer miembro el radio del segundo miembro, tenemos:

$$4 \frac{2}{3} \bar{r}^3 \times p = m \cdot v^2$$

Queda el radio elevado a la tercera potencia.

Para los matemáticos una dimensión llevada al cubo es volumen.

Si nos fijamos atentamente veremos que $4 \frac{2}{3} \bar{r}^3$ es el volumen correspondiente a 3 esferas.

Dividiendo por 3 los dos miembros, resulta:

$$\frac{4}{3} \frac{2}{3} \bar{r}^3 \times p = \frac{1}{3} m \cdot v^2;$$

Reemplazando $\frac{4}{3} \frac{2}{3} \bar{r}^3$ por la letra **V** grande, que es la inicial de volumen, tendremos:

$$Vp = \frac{1}{3} m \cdot v^2$$

$\frac{1}{3} m v^2$ es una constante que llamaremos **C** así:

$$V_p = C$$

Hemos llegado a la ley de Boyle y Mariotte que dice: el volumen de los gases está en razón inversa de la presión, o en otras palabras; volumen por presión es una cantidad constante no variando la temperatura.

* * *

Vamos a seguir otro camino de enlace.

Vosotros recordareis que al principio de esta disertación he hablado de Juan Bernouilli, el cual rechazó las ideas de Newton, por que los gases al expansionarse se enfrían. Los físicos midieron exactamente ese enfriamiento; la medida la hicieron de forma práctica empleando termómetros, serpentines, etc. No se emplearon en esta determinación cálculos matemáticos que, si no están fundados en hipótesis ciertas, conducen a resultados falsos. Pues bien; esta determinación, hecha prácticamente y con precisión, dió como energía necesaria para variar un litro el volumen de un gas 24,19 calorías pequeñas.

Recordemos la fórmula:

$$V_p = \frac{1}{3} m v^2$$

Fuerza viva en Kgm. es la mitad de la masa por el cuadrado de la velocidad. Dividiendo y multiplicando por dos el segundo miembro, tenemos:

$$V_p = \frac{2}{3} \frac{m v^2}{2}$$

Y el producto $\frac{m v^2}{2}$ son kilográmetros. Tomando los datos de un litro de cualquier gas, el hidrógeno por ejemplo, resulta:

$$V_p = \frac{2}{3} \frac{0.0000896 \times 1844^2}{9.81 \times 2} = 10.55$$

Esto nos dice que un litro en condiciones normales, su energía es de 10,55 kilográmetros. Recordemos que una caloría pequeña es 0,427 kilográmetros. Dividiendo:

$$\frac{10.55}{0.427} = 24.19 \text{ calorías pequeñas.}$$

Como véis la coincidencia es completa.

* * *

Si en la fórmula:

$$V_p = \frac{2}{3} \frac{m v^2}{2}$$

tenemos en cuenta que la fuerza viva es proporcional a la temperatura absoluta, o lo que es lo mismo, que la fuerza viva es igual a la temperatura absoluta multiplicada por una constante; y, haciendo entrar en esta constante, que designaremos por R , los $\frac{2}{3}$, resultará:

$$V_p = R T$$

Esta es la ecuación de los gases perfectos.

* * *

Dejemos el árido campo de la física matemática y preguntemos: ¿No hay atracción entre las moléculas? Sí, todos los físicos están conformes en que las moléculas se atraen. En lo anteriormente dicho nos hemos referido siempre a los gases y en estos las moléculas se encuentran muy separadas. Si una molécula del aire, la hacemos del tamaño de una persona, otra molécula se encontrará a dos kilómetros de distancia y a esa distancia su acción atractiva es casi nula. Además, las moléculas se mueven, así que, cuando se acercan, la atracción aumenta su velocidad para perderla cuando se alejan. Es el mismo efecto que sobre nuestra luna produce un planeta, por ejemplo, Júpiter; la atracción de éste aumenta la velocidad de aquélla al acercarse, y el día que en su órbita alrededor de la Tierra se vé obligada a alejarse de Júpiter su atracción le hace perder la misma velocidad antes adquirida.

Vulgarmente se cree que los astros van trazando en el inmenso espacio esas curvas ideales de los matemáticos. No, los astros van bamboleando alrededor de la línea matemática y la obra extraordinaria del Creador se nos manifiesta una vez más, manteniendo el equilibrio armónico del Universo.

Véis claramente por qué en las fórmulas anteriores no ha entrado la fuerza de atracción.

El universo de los gases es igual al universo de los soles, cada molécula o sol sigue sus movimientos, sin que en ellos influyan los demás.

* * *

Nosotros podemos modificar el universo molecular, nosotros pode-

mos coger el gas; comprimirlo, acercar sus moléculas. Ya la atracción entre ellas es grande porque recordaréis que es en razón inversa del cuadrado de la distancia, es decir que crece geoméricamente cuando la distancia se acorta. En las fórmulas ya tiene que entrar la atracción y todos admitimos la fórmula de Van der Waals que no voy ahora a presentar.

Comprimir un gas, dilatar un gas... es jugar con la energía.

El litro de aire que señalo con mis manos, está dentro de una vasija ideal formada por las moléculas que lo rodean, sus moléculas comprimen las vecinas y a su vez reciben la presión de ellas. Las moléculas están quietas en su movimiento, mientras no haya una fuerza externa, corriente de aire que las traslada de lugar. Si cerramos herméticamente las puertas y rendijas de este salón y con una bomba exterior inyectamos un litro de aire, aquí dentro desaparece un litro de aire, porque no aumenta la capacidad del salón, y la desaparición de un litro recordaremos que son 24,19 calorías pequeñas y en eso es en lo que se calienta este aire. Recordad también que esto era equivalente a 10.55 Kgm. y esta es la energía que consume la bomba inyectora prescindiendo de rozamientos. El aire de fuera se enfría en las 24,19 calorías. Abrid la puerta y al salir el aire, al expansionarse empujando las moléculas de fuera para ocupar su sitio, adquiere las dichas 24,19 calorías y enfría los cuerpos cercanos.

Los antiguos físicos mostraban esto con un experimento grosero pero exacto, el eslabón neumático que todos conocéis.

Estamos ante la teoría mecánica del calor. Recordemos a sus fundadores Roberto Mayer y Clausius, estos sabios han conocido decepciones amargas, como las habían conocido Cristóbal Colón, Copérnico, Galileo, Kepler y tantos genios; como la han conocido y conocerán todos los hombres de ciencia que descubren nuevos caminos. Roberto Mayer, autor del primer principio fundamental, y descubridor de la teoría mecánica del calor ha, más que Clausius, sufrido la indiferencia y hostilidad de sus contemporáneos.

¿Podemos a fuerza de comprimir lentamente un gas paralizar el movimiento de sus moléculas? No, comprimido a miles de atmósferas siguen sus movimientos a no ser que bajemos su temperatura al punto crítico, es decir, lo enfriemos para que deje de ser gas. Si el cuerpo es un verdadero gas, la velocidad de sus moléculas es muy superior a la atracción y aunque se rocen no se detienen; lo mismo que un

cometa que con velocidad enorme puede pasar rozando un astro sin ser detenido. Si enfriándolo deja de ser gas para convertirse en vapor, comprimiéndolo acercamos sus moléculas y entonces la atracción llega a igualar a la fuerza centrífuga y se liquida. La temperatura crítica es a que diferencia los gases de los vapores.

* * *

Nosotros podemos jugar a los universos moleculares y escoger uno de moléculas muy pesadas y por lo tanto de poco movimiento.

Suponed que en medio de este local coloco una molécula de un metal. Ahí queda aprisionada por las moléculas de aire que la rodean. Suponed, también, que entra por esa puerta otra molécula del mismo metal. Entre estas dos moléculas la atracción es mucha y la fuerza centrífuga muy pequeña. Las moléculas se acercarán con movimiento uniformemente acelerado hasta que llegue el contacto y se forme una partícula que desciende lentamente al suelo atraída por la tierra.

Pregunto yo. ¿Porqué esas dos moléculas se atraen y no se efectua esa atracción entre moléculas de dos cuerpos diferentes? ¿Porqué una atmósfera saturada de vapor de mercurio, admite moléculas de otros cuerpos y ni una más de mercurio? No lo sé contestar, para mí es un misterio; quizás parecido al de las aglutinaciones usadas en bacteriología. Millones de bacterias de dos o más especies están emulsionadas en un líquido; las bacterias vistas al microscopio son de las mismas dimensiones; si ahora añadimos el suero de sangre de un conejillo preparado para una de esas bacterias, precipita aquella especie pero no las demás. ¿Porqué?

Tyndall en sus notables conferencias sobre el sonido, ponía alrededor de la sala mecheros con llamas de distinta longitud y tocando un violín desde un extremo del salón hacía bailar las llamas que quería. No creo que esto de las moléculas y de las bacterias tenga nada que ver con vibraciones, son como las experiencias de Tyndall fenómenos electivos a distancia y por lo demás no son comparables.

* * *

Cuerpos sólidos y líquidos.—Los cuerpos sólidos no tienen vida molecular; las moléculas están formando aglomerados a los que yo llamo corpúsculos caloríficos. Si un cuerpo sólido que tiene la temperatura de esta habitación, lo colocamos entre los trozos de hielo del calorímetro

tro de Lavoisier, se funde agua, es decir, el cuerpo desprende calor; de él salen vibraciones, señal evidente que algo vibra; no puede ser la molécula, son necesariamente aglomerados, permitidme les siga llamando corpúsculos caloríficos.

Me explicaré mejor estudiando el agua.

Coloquemos un kilo de hielo a 10° bajo cero, en una vasija aislada termicamente, y por un medio eléctrico calentémosla poco a poco midiendo exactamente las cantidades de energía gastada. Anotemos que por cada grado que aumenta la temperatura del kilo de hielo se gasta $\frac{1}{2}$ caloría; esto nos dice que el calor específico del hielo es 0,5. Al llegar a 0° el termómetro se detiene y anotemos que se emplean 80 calorías, en números redondos, para transformar el hielo en agua. Sigamos calentando y anotemos, por último, que por cada grado que aumenta la temperatura del kilo de agua, necesita una caloría. Esto nos dice que el calor específico del agua es 1.

Explicación de estos hechos. El hielo está formado por corpúsculos caloríficos y la energía de cada uno de ellos aumenta por cada grado una cantidad de calor que llamaremos alfa. La suma de todos los alfa nos dá 0,5 calorías. En el agua la suma de todos los alfa es 1: evidentemente que el agua tiene doble número de corpúsculos que el hielo. Queda demostrado que el corpúsculos colorífico del hielo se rompe en dos para formar agua.

Al romperse un corpúsculo en dos, tiene que doblarse la energía total, para que todos tengan la misma fuerza viva. Por lo tanto, la energía total del hielo a 0° es 80 calorías: las 80 calorías gastadas en la fusión se transforman en fuerza viva de los nuevos corpúsculos. La energía total del agua líquida a 0° es de 160 calorías.

Sigamos calentando el kilo de agua en nuestro aparato, cada grado, 1 caloría. Al llegar al 100° la energía total del kilo de agua será: las 160 calorías del agua a 0° , más las 100 de subir la temperatura de 0 a 100, total 260 calorías.

Sigamos calentando y gastaremos 536 calorías en convertir el kilo de agua en vapor. Si se rompiese en dos el corpúsculo agua, se gastarían 260 calorías. Si se rompiese en tres, 260 por 2, o sea 520 calorías. De esto deducimos se rompe en tres y la pequeña diferencia de 16 calorías trataremos de darle explicación más adelante.

Los químicos pesan el vapor de agua y demuestran se encuentra formado por moléculas libres. El agua líquida, por lo anteriormente

dicho, está formada por corpúsculo de tres moléculas. El agua sólida o hielo está formado por seis moléculas. Me permitiréis os recuerde los cristales del hielo de forma exagonal.

Un fenómeno es que el agua tiene su menor volumen, o máximo de densidad, a 4°. Para mí es que a 4° el agua tiene todos sus corpúsculos de 3 moléculas y a temperatura inferior tiene disuelto hielo o lo que es igual corpúsculos de 6 moléculas. Estas disoluciones son causa de que los números no sean exactos y que encontremos diferencias de 16 calorías.

* * *

¿Cuándo empieza la vida molecular? El común sentir de los físicos es que la vida molecular, es decir, la existencia de moléculas moviéndose, empieza para todos los cuerpos en cuanto la temperatura sube del cero absoluto. Creen que el Helio, Hidrógeno, etc., tienen moléculas gaseosas con solo 1° absoluto; y en esto todos estamos conformes. Creen también que en las mismas condiciones el hielo, cinc, platino, etc., dan cantidades chiquitísimas de moléculas gaseosas; y en esto ya no estamos conformes. Yo no puedo convencerme de que en el aire de este salón existan vapores del carbonato de cal de las paredes, de la celulosa de este papel, de los distintos metales que aquí se encuentran, etc. etc.

Para mí que cada cuerpo tiene una temperatura diferente para desprender moléculas gaseosas y a esa temperatura le llamo yo cero de tensión.

Ya en 1925 escribía «Cada cuerpo tiene un cero de tensión distinto, como también son distintas para cada cuerpo las temperaturas de solidificación, ebullición y punto crítico».

«En el cero de tensión las moléculas se atraen desde el infinito, no existe estado gaseoso para ese cuerpo, ni es soluble, no existe fuerza viva, ni centrífuga, ni, en una palabra, vida molecular».

Estudiando en aquel entonces las curvas de las tensiones de vapor, encontré, por ejemplo, que el cero de tensión del agua está a-56°.

De ser ciertos mis cálculos, a esa temperatura no existe ni una molécula de agua en la atmósfera. Con dos, o tres grados más, quizás una molécula satura toda la atmósfera de este salón. A-20° ya tenemos el dato práctico de que una parte de agua satura a un millón de partes de atmósfera.

En aquel entonces calculaba los datos siguientes sobre el cero de tensión.

Mercurio -90°
Protóxido de Nitrógeno -200°
Etc., etc.

* * *

Otra cuestión. ¿Las moléculas son un todo rígido o se mueven los átomos en su interior?. Esta cuestión la vamos a estudiar en los gases y nos la va a resolver el calor específico.

El Moll o molécula gramo sabemos que ocupa 22,4 litros.

De mi fórmula $P = \frac{m \cdot v^2}{r}$, no tomemos más que la fuerza viva o sea masa multiplicada por velocidad al cuadrado y dividida por dos.

Recordemos que $\frac{m \cdot v^2}{2} = 15,40K$ Kilográmetros por litro. Para referirlo al Moll, multipliquémoslo por 22,4 litros y nos dá 349 kilográmetros. Para transformarlo en calorías pequeñas dividamos este número por 0,427 y el cociente es 815. Como estos cálculos son a cero grados centígrados, dividiendo por los 273° absolutos que representa esta temperatura nos dá el cociente de 3 calorías pequeñas.

Este número obtenido teóricamente por mi fórmula de la fuerza centrífuga de los gases, coincide exactamente con el calor específico del Argo, Neo, y demás gases monoatómicos. Queda por lo tanto demostrado que en estos gases toda la energía es molecular; no hay movimientos interiores.

El calor específico de los gases biatómicos es mayor; por ejemplo en el Hidrógeno 4,83 y este nos dice que los átomos vibran dentro de la molécula; pero sin que esa energía produzca presión.

Vapores saturados.— Hemos llegado a la parte más interesante de la mecánica molecular. Las moléculas en perfecto equilibrio, están a la distancia mínima que les permite la fuerza centrífuga. Con los conocimientos actuales es de presumir que el equilibrio se obtiene por la igualdad entre la fuerza centrífuga y la atracción. Sin embargo: al fijarse en que los vapores saturados producen presión, adquirimos el convencimiento de que la igualdad no es completa.

Los vapores saturados son sistemas que podemos variarlos entre límites muy extensos y están en condiciones magníficas para estudiar la atracción.

Para medir la atracción determinemos primero la presión teórica por mi fórmula:

$$P = \frac{m v^2}{r}$$

después la presión práctica, multiplicando la superficie del litro por la tensión del vapor saturado en la cámara barométrica. La diferencia es la atracción.

La falta de tiempo me impide detallar las operaciones.

Hechas muchas determinaciones prácticas y teóricas su diferencia ha sido cero.

Conclusión: *La atracción entre las moléculas no existe*, solo existe fuerza centrífuga. La molécula traza su órbita sin que en ella influyan las demás. La órbita es la línea equipotencial del campo térmico y solamente cuando se separa de esa línea, es cuando cambia la energía. Supongamos que una mano imaginaria aleja la órbita del centro, esto no lo consigue sin esfuerzo. Supongamos que la acerca y entonces la molécula desprende la energía que le sobra. Los cuerpos en reposo van al centro.

* * *

Defensa del calor.—Los físicos consideran al calor como energía de última clase y la más despreciable. Toda fuerza al degradarse se transforma en calor. Es consecuencia lógica del desorden o anarquía del movimiento molecular.

Demostrado el orden en las moléculas, ya no es posible seguir ofendiendo al calor. Pocas palabras para no abusar demasiado de vuestra ya larga atención.

El calor es la ley de Wien reducida a lo siguiente: «La frecuencia está en razón directa de la temperatura absoluta». Esto nos dice que cada temperatura tiene un número de vibraciones determinado y subir o bajar la temperatura, es aumentar o disminuir vibraciones. Exactamente lo mismo que en el sonido y la luz; subir o bajar la nota o color, es aumentar o disminuir las vibraciones.

A nosotros los hombres nos falta un oído u ojo para seleccionar el calor y percibir a distancia sus notas o colores. Si tuviésemos un órgano a propósito, en este momento, por ejemplo, percibiríamos la sensación térmica del aire que entra por la puerta, la del ambiente, otra sensación térmica de las bombillas eléctricas y las percibiríamos como los colores lejanos o los sonidos de una música que tocara en la plaza.

¿Cómo podemos, sin órgano para la temperatura, decir que el calor no es una energía hermosa? Si los físicos fuesen sordos y estudiaran la canción más dulce con resonadores de llama, la reducirían a números que anotados en un papel harían el efecto de algo incongruente. Claro es que la belleza de colores y sonidos está en relaciones numéricas fáciles; cuanto menos matemáticas, más hermosura en la música o la pintura. La belleza en el mundo físico está en la sencillez.

Con esto comprendereis que un físico sagaz podría buscar armonía en los números de vibraciones caloríficas. Pero el físico trabaja sin órgano sensitivo especial y con la idea preconcebida de que es una fuerza desgradada.

Pensad, además, que todas las notas térmicas que llegan a este salón (temperatura exterior, bombillas, etc.) son como notas de un final de orquesta que terminan en una nota única que es la temperatura del salón.

Tengamos también en cuenta, que no todos los cuerpos hacen como el hielo que se funde a una temperatura fija. Muchos lo hacen lentamente pasando por el estado pastoso. Otros gases y vapores se disocian poco a poco y estos hechos, bajo el aspecto térmico, están poco estudiados.

En los cuerpos antedichos, hay equilibrios químicos cuya constante varía con la temperatura. La temperatura ambiente la consiguen por la combinación matemática de las vibraciones de los grandes y pequeños corpúsculos. Estos elementos vibratorios dan la octava o un armónico.

* * *

Esta noche hemos admirado el *universo molecular*.

¿Os he dicho verdad?... Ese ha sido mi deseo.

Progresar es, en estas ciencias, acercarse a la verdad.

La verdad, es una; los errores muchos.

Verdad es, lo que es.

Verdad y belleza, aquí se confunden.

Belleza es, variedad y armonía en la unidad.

Armonía es, sencillez matemática.

La naturaleza es, un himno a la infinita sabiduría de Dios.

HE DICHO.

BIBLIOTECA UNIVERSIDAD DE MALAGA



6101162073

