REVISTA

DE LA

SOCIEDAD DE PROFESORES DE CIENCIAS.

AÑO I. MADRID 20 DE ABRIL DE 1874. NÚM. 3.

LA APTITUD INDIVIDUAL Y LA INSTRUCCION.

En ningun tiempo se ha desconocido la importancia de la educacion, y ménos se puede negar en la época presente. Al imperio de la fuerza, á las prerogativas de casta y de primogenitura, á la supremacía del privilegio han sucedido en el mundo, como fuentes de donde emanan todos los poderes y bienes sociales, el verdadero saber, el mérito sólido y los servicios útiles. Siguiendo el concurso hácia estas nobles aspiraciones, los pueblos modernos van impulsados por el camino de la perfeccion con una celeridad desconocida en los tiempos que pasaron. Pero la sociedad no puede caminar en pos de la perfeccion si los indivíduos que la componen no aprenden á ejercitar bien sus facultades físicas, intelectuales y morales, si sus miembros no son debidamente educados.

El objeto de una buena educacion es dirigir y consolidar los hábitos, los cuales constituyen en el hombre una segunda naturaleza; es, segun un principio de Platon, «mejorar la condicion moral del hombre». La niñez y la juventud son los períodos de la vida más propios para aprender; porque en aquél se contraen los hábitos con suma facilidad, y en éste peligran por la lucha de las pasiones los ya adquiridos.

No basta, para que el hombre llegue á ser un miembro útil del cuerpo social, que se regule desde la niñez el ejercicio de sus facultades; es menester á la vez excitar y dirigir la idoneidad del indivíduo; á la manera que la planta no daría ópimos frutos, si desde su estado embrionario no se favoreciera su desarrollo por el cultivo, dirigiendo por medio de esta accion exterior, la interior que la vivifica. El estudio de sí mismo, preceptuado en la célebre inscripcion del templo de Delfos, debe encaminarse principalmente hácia el conocimiento de aquella disposicion peculiar, que presenta el individuo en el ejercicio de sus facultades, para llegar á hacer la más acertada eleccion del oficio ó carrera á que haya de consagrar su vida entera en bien propio y de la humanidad, y quizá hasta erigirse en árbitro de los destinos de sus semejantes. Ya el inmortal autor del *arte poética*, consignaba este deber en las siguientes palabras:

...... Versate diú quid ferre.
Quid valeant humeri...........

Así como en los pueblos atrasados y pobres las ocupaciones estaban amalgamadas, y el que hilaba la lana era el mismo que tejia el paño, y el que curtia la piel era el mismo que hacia el calzado; así tambien en los tiempos de error y de ignorancia el teólogo ejercia la medicina y la abogacía, formaba los almanaques y enseñaba las primeras letras. Cuando era estrecho el círculo de los conocimientos, los sábios los abarcaban en toda su extension, y habia geómetras, como Tales y Pitágoras, que fundasen escuelas filosóficas, y quien, como Eratóstenes, fuese á la vez orador, poeta, anticuario, matemático y filósofo. Y sin embargo, se reconocia ya por medio del *ars longa, vita brevis*, que la vida del hombre es insuficiente para conocer todo lo descubierto.

En virtud de la ley providencial de la perfectibilidad humana, la ciencia no está encerrada en un círculo de hierro, los conocimientos se multiplican; y cuando se han enriquecido lo bastante para que los más afines puedan asociarse con cierta independencia de los demás, entónces se dividen en ramos distintos, que progresan por sí solos.

En los tiempos de adelanto descuellan tambien hombres, como Descartes, Leibnitz, Ampere y otros muchos, que han llevado con abundante fruto su inteligencia á diferentes ramos del saber; pero como esto no demuestra sino que, en todos los siglos, los espíritus superiores no son exclusivos, habrá de reconocerse que ménos en la época presente que en ninguna otra es dado al hombre distinguirse en todas las artes y las ciencias. En cambio, cada vez se ha hecho más variada la aplicacion de las facultades humanas, y más preciso, por consiguiente, el cultivo de la aptitud individual, para seguir la máxima de Bichat: *el secreto para llegar á ser superior en una cosa, consiste en quedar inferior en las demás.*

Ahora bien, puesto que toda educacion impulsa á los pueblos hácia la perfeccion, y tiene por fin muy principal el conocer la disposicion peculiar del individuo, es evidente que, si la cultura intelectual no fuera muy importante por sí misma, lo sería solamente en cuanto toca el gran resorte del movimiento civilizador y facilita ese conocimiento. Pero la inteligencia se fortifica y se desarrolla, suministrándola con incesante cuidado el más conveniente alimento en cada una de sus funciones. La instruccion, trasmitiendo al hombre las observaciones que han hecho y los juicios que han formado sus semejantes, le dispone á observar y á juzgar por si propio, es decir, á adquirir directamente conocimientos, los cuales, presentados á su vez al exámen de otras inteligencias, vienen á sostener el comercio de las ideas á través de las generaciones y de los siglos.

Cuando se estudia atentamente el destino del hombre en sus relaciones con el mundo espiritual y físico, los fines principales en que se divide son: la ciencia, el arte y la educacion. La educacion es una obra incesante de toda la vida humana y tiende á desenvolver armónicamente las facultades del sér racional: pero unas veces consiste en la asimilacion espontánea de los elementos, tomados del medio exterior en que se vive, que pueden servir al perfeccionamiento propio; otras veces es desempeñada por preceptores y recibe el nombre de instruccion, la cual debe constituir una institucion del Estado. Toca ahora, para terminar este artículo, tratar brevemente de la necesidad de los establecimientos públicos donde se practique la obra misericordiosa (1) de la enseñanza.

Si la instruccion es la vida de la inteligencia, un gobierno que atienda al bienestar de sus administrados, debe establecer centros de enseñanza, á donde acudan las inteligencias á buscar

(1) *Qui misericordiam habet, docet et erudit, quasi pastor gregem suum.* (Eclesiástico, cáp. 18, vers. 13.)

el alimento que necesitan. En todo cuerpo social descubre el análisis la instruccion, en el estado embrionario ó en estado de cultivo, entre sus elementos orgánicos, los cuales se manifiestan por medio de funciones, que acaban á veces por formar instituciones distintas. La Instruccion pública es una institucion muy fundamental de toda sociedad bien organizada.

Podrá pedir la filosofía pedagógica que la enseñanza sea libre; pero el Estado, al abrir la instruccion á todas las doctrinas y á todos los métodos, debe dar garantía de la capacidad de los que quieren enseñar y de los que se dedican á las diversas profesiones sociales. Podrá pedir aún, que sea independiente cuando haya aprendido á organizarse por sí misma; pero siempre es necesaria la ayuda del Estado, y debe éste, en una época de transicion, sostener una enseñanza pública sábiamente organizada, como modelo para la instruccion privada. La Universidad de Francia, que comprende todas las instituciones públicas y privadas de enseñanza y educacion, es un vivo ejemplo de instruccion robustamente constituida. Hay, pues, que conceder en todo caso una intervencion gubernamental más ó ménos poderosa en la instruccion de los pueblos.

Por último, cuando se recorre atentamente el libro de lo pasado, una consecuencia importante se deduce: que desde que hubo organismo social, la instruccion contribuia á la vida de los pueblos, y que, unas veces atendida y otras descuidada, ha seguido generalmente la suerte de la civilizacion y de los estados.

P. Cassinello.

SOLUCION DE LAS CUESTIONES PROPUESTAS.

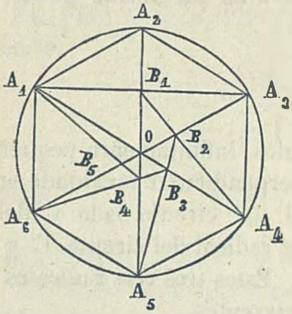
Cuestion 1.ª

Demostrar que si se divide una circunferencia en seis partes iguales por los puntos A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, y B_1 es el punto de interseccion de la cuerda A_1A_3 con el rádio OA_2; B_2 el punto de interseccion de la recta B_1A_4 con el rádio OA_3; B_3 el punto de interseccion de B_2A_5 con OA_4; así prosiguiendo: entónces OB_1, OB_2, OB_3, etc., son respectivamente la mitad, tercera, cuarta parte, etc., del rádio.

1.ª demostracion.

El teorema contiene varias partes:

1.ª Que OB_1 es la mitad del rádio. En efecto, el lado del exágono regular es igual al rádio : el cuadrilátero $OA_1A_2A_3$ es pues un rombo; en su consecuencia $OB_1 = \frac{1}{2} OA_2$.



2.ª Que OB_2 es la tercera parte del rádio. En efecto, siendo $OA_2\,A_3\,A_4$ tambien un rombo, A_3A_4 es paralela á OA_2 : por consiguiente los triángulos $B_2\,OB_1$, y $B_2\,A_3\,A_4$ son semejantes y dan $\frac{OB_2}{B_2\,A_3} = \frac{OB_1}{A_3\,A_4}$ Pero, segun lo demostrado anteriormente, $\frac{OB_1}{A_3\,A_4} = \frac{1}{2}$: por lo tanto $\frac{OB_2}{B_2\,A_3} = \frac{1}{2}$: de donde se deduce

$$\frac{OB_2}{OB_2+B_2A_3} = \frac{1}{1+2} \text{ ; ó bien } \frac{OB_2}{OA_3} = \frac{1}{3} \text{ ; ó bajo otra forma , } OB_2 = \frac{1}{3}\,OA_3.$$

3.ª y sucesivas. Se demuestran análogamente.

José A. Tubilla.

2.ª demostracion.

Sea $OB_{n-1} = \frac{R}{n}$, siendo R el rádio. La cuerda $A_{n+1}A_{n+2}$ será paralela al rádio OA_n, y los triángulos $OB_{n-1}B_n$ y $A_{n+1}A_{n+2}B_n$ serán semejantes, por lo que se tendrá la proporcion

$$\frac{R}{n} : R :: OB_n : B_n A_{n+1}$$

De aquí se deduce sucesivamente

$$1 : n+1 :: OB_n : R\,,\quad OB_n = \frac{R}{n+1}$$

Vemos, pues, que si la proporcion es cierta para el rádio OA_n, tambien lo será para el rádio OA_{n+1}. Pero es cierta para el rádio OA_2, porque los diagonales del paralelógramo $OA_1\,A_2\,A_3$ se bisecan. Luego es general para los infinitos valores de n que aquí se deben considerar.

José Bartrina,
Catedrático de Matemáticas en el Instituto de Albacete.

Cuestion 2.ª

Demostrar que si por un punto P exterior á una circunferencia se trazan las dos tangentes PA y PB, y asimismo la recta PC á un punto C de la parte cóncava de la circunferencia con relacion á P, la tangente á la circunferencia por el punto C, la perpendicular á PC por su punto medio, y la recta que biseca las PA y PB concurren en un mismo punto.

1.ª *demostracion.*

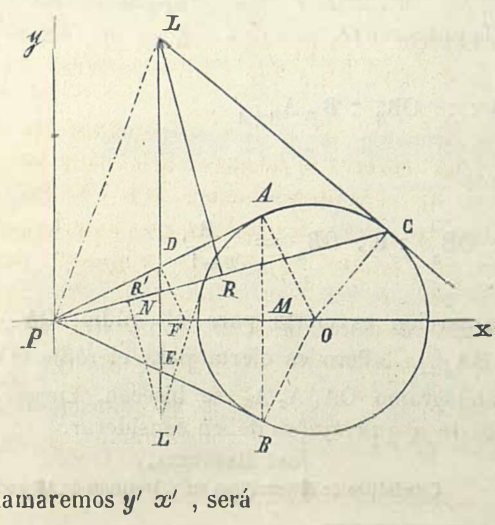
Consideremos los puntos P y C como círculos infinitamente pequeños. El eje radical de los círculos P y C será la perpendicular levantada en el punto medio de la recta PC. El eje radical del círculo dado y del P será la recta que biseca á las PA y PB. El eje radical del círculo C y del dado, es la tangente tirada por el punto C. Estos tres ejes radicales pasan por el centro radical; luego son rectas concurrentes.

J. Bartrina.

2.ª *demostracion.*

Pongamos ejes de coordenadas rectangulares cuyo orígen sea el punto propuesto P, y cuyo eje de abscisas pase por el centro O del círculo dado. La recta DE que biseca á las PA y PB, será paralela al eje de las y. Sea a la abscisa del centro y r el rádio del círculo. Se tiene PN$=\frac{1}{2}$PM; mas PM, como tercera proporcional á PA y PO, es igual á $\frac{a^2\times r^2}{a}$. En su consecuencia, la ecuacion de la recta DE será

$$x=\frac{a^2-r^2}{2a}. \quad (1)$$



Puesto que la ecuacion del círculo dado es

$$y^2+(x-a)^2=r^2, \quad (2)$$

la de su tangente CL en el punto C, cuyas coordenadas llamaremos y' x', será

$$yy'+(x-a)(x'-a)-r^2=0. \quad (3)$$

La recta PC tiene por ecuacion $y=mx$, siendo m una constante. La ecuacion de la perpendicular á PC por su punto $x''y''$ es

$$\frac{y-y''}{x-x''}=-\frac{1}{m}=-\frac{x'}{y'}$$

Así para la perpendicular LR á PC en su punto medio R tendremos

$$\frac{y-\frac{1}{2}y'}{x-\frac{1}{2}x'}=-\frac{x'}{y'} \quad \text{ó} \quad \frac{2y-y'}{2x-x'}=-\frac{x'}{y'}$$

ó bien
$$2yy'+2xx'-(y'^2+x'^2)=0 \quad (4)$$

Eliminemos y entre las ecuaciones (3) y (4).

Mas antes observemos que, siendo en la ecuacion (4) y' x' coordenadas de un punto de la circunferencia, se tiene en virtud de la ecuacion (2)

$$y'^2+x'^2=r^2+2ax'-a^2 \ ;$$

cuyo valor sustituido en (4) dá

$$2yy'+2xx'-2ax'+a^2-r^2=0 \quad (5)$$

Restando, despues de multiplicarla por 2, la ecuacion (3) de la (5), resulta

$$2ax-a^2+r^2=0 \ , \text{ de donde } x=\frac{a^2-r^2}{2a},$$

valor idéntico al (1) correspondiente á la paralela DE al eje de las y. Por consiguiente las rectas propuestas DE, CL y RL concurren en un mismo punto L.

Nota. Si se observa que, llamando x' y' las coordenadas del otro punto C′ en que la secante PC corta á la circunferencia dada, la tangente C′L′ á esta en su punto C′ y la perpendicular R′L′ á PC′ en en su punto medio R′ tendrían las mismas ecuaciones que anteriormente tenian CL y RL, se echará de ver que el teorema propuesto puede generalizarse diciendo que, *si por un punto en el plano de una circunferencia se trazan á esta las dos tangentes, y desde el mismo punto una recta á uno cualquiera de dicha circunferencia; la tangente á ella en este punto suyo y la perpendicular á esa recta por su punto medio van á encontrarse sobre la recta que biseca aquellas dos primeras tangentes.*

Lorenzo Duartiedo.

3.ª *demostracion.*

Sea L el punto en que concurren la tangente en el punto C á la circunferencia propuesta y la recta DE que biseca á PA y PB. Unamos dicho punto L con los P y O, y el punto P con el O: tracemos los rádios CO y AO, y finalmente por el punto D, medio de PA, la perpendicular DF á esta línea.

Es claro que siendo PD=DA, será asimismo PF=FO y $DF=\frac{1}{2}AO$

Además la recta DE es perpendicular á la PO. Por todo lo cual se tiene sucesivamente

$$\overline{LP}^2=\overline{LN}^2+\overline{PN}^2=\overline{LO}^2-\overline{NO}^2+\overline{PN}^2=\overline{LC}^2+\overline{CO}^2-(\overline{NO}^2-\overline{PN}^2)$$

Pero

$$\begin{aligned}\overline{NO}^2-\overline{PN}^2&=(NO+PN)(NO-PN)=PO(NF+FO-PF+NF)\\&=2PO.NF=4PF.NF=4\overline{DF}^2=\overline{AO}^2=\overline{CO}^2\end{aligned}$$

En su consecuencia $\overline{LP}^2=\overline{LC}^2$, de donde LP=LC.

Luego la perpendicular que biseca á PC pasará por el punto L.

A. T.

Valencia.

Cuestion 3.ª

Demostrar para una línea cualquiera algébrica ó trascendente el teorema enunciado en la página 24 de esta Revista para una línea algébrica.

1.ª *demostracion.*

Sea $\psi(x,y)=0$ la ecuacion trascendente de una curva, MN una recta que corta á la curva en los m puntos $A_1, A_2, A_3, \ldots A_m$, y á su polar del órden n en los n puntos $a_1, a_2, a_3, \ldots a_n$. Sea M'N' una paralela á MN bastante próxima á ella para que corte á la curva tambien en m puntos, que designaremos por $B_1, B_2, B_3, \ldots B_m$. Llamemos $b_1, b_2, b_3, \ldots b_n$ á los puntos en que esta segunda recta corta á la polar, que suponemos conjugada con la direccion MN. Esto supuesto, formemos la ecuacion algébrica general del grado m con las variables x,y y con coeficientes indeterminados: el número de estos coeficientes será $\frac{(m+2)(m+1)}{2}>2m$. Determinemos $2m$ coeficientes en funcion de los restantes por la condicion de que la curva pase por los $2m$ puntos $A_1, A_2, \ldots A_m$, $B_1, B_2, \ldots B_m$, cuya determinacion depende de la resolucion de ecuaciones de primer grado. La polar del órden n de la curva algébrica así determinada, pasará evidentemente por los puntos a_1, $a_2, a_3, \ldots a_n$, $b_1, b_2, b_3 \ldots b_n$, y esta polar y la de la curva propuesta tendrán las cuerdas comunes $a_1 b_1, a_2 b_2, \ldots a_n b_n$; así como la curva algébrica y la trascendente tienen tambien las cuerdas comunes $A_1 B_1$, $A_2 B_2, \ldots A_m B_m$. Que tienda ahora la M′N′ hácia MN: la curva algébrica tenderá hácia una curva límite que tendrá con la trascendente comunes los puntos $A_1, A_2 \ldots A_m$, y comunes tambien las tangentes correspondientes á estos puntos, pues estas tangentes serán el límite de las direcciones de las cuerdas comunes.

Las dos polares tendrán comunes los puntos $a_1, a_2, \ldots a_n$ y las tangentes á ellos correspondientes, que serán los límites de las direcciones de las cuerdas comunes á dichas curvas. Ahora bien: el teorema se verifica para la curva algébrica; luego tambien se verificará para la secante MN de la curva propuesta, y como esta es cualquiera de las conjugadas con la polar, el teorema será aplicable á la curva $\psi(x,y)=0$.

J. Bartrina.

2.ª demostracion.

Sea MN una secante, $A_1, A_2, \ldots A_m$ los puntos en que corta á la curva, y $B_1, B_2, \ldots B_n$ aquellos en que corta á la línea diametral de órden n conjugada con las cuerdas paralelas á MN. Sea O un punto cualquiera tomado sobre MN y hagamos

$$a_1=OA_1,\ a_2=OA_2 \ldots a_m=OA_m$$
$$b_1=OB_1,\ b_2=OB_2 \ldots b_n=OB_n\ ;$$

la definicion de la línea diametral da

$$\Sigma\ (b-a_1)(b-a_2)\ldots(b-a_n)=0$$

la cual debe verificarse para todos los valores $b_1, b_2 \ldots b_n$. Desarrollando y ordenando con relacion á b se tiene

$$\frac{m(m-1)\ldots(m-n+1)}{1.2\ldots n}b^n-\frac{(m-1)\ldots(m-n+1)}{1.2\ldots(n-1)}(a_1+a_2+\ldots+a_m)b^{n-1}+\ldots=0$$

cuyas n raíces serían $b_1\ b_2 \ldots b_n$, y por lo tanto se tiene

$$b_1+b_2+\ldots+b_n = \frac{n}{m}(a_1+a_2+\ldots+a_m)$$

Si tomamos otra secante M'N' paralela á MN é infinitamente próxima á ella y para nuevo punto O' el pié de la perpendicular bajada desde O á MN, y llamamos τ los ángulos que forma AA' con MN, y π los que forma BB' como la misma, y δ la distancia de MN á M'N' se verá que $a'=a+\delta\cot\tau$ y $b'=b+\delta\cot\pi$; y puesto que a' y b' satisfacen la relacion anterior lo mismo que a y b, sustituyendo estos valores y restando de la igualdad resultante la anterior, se tendrá, despues de dividir por el factor comun δ,

$$\cot\pi_1+\cot\pi_2+\ldots+\cot\pi_n = \frac{n}{m}(\cot\tau_1+\cot\tau_2+\ldots+\cot\tau_m)$$

lo cual prueba el teorema, pues cuando M'N' se aproxima indefinidamente á MN las rectas AA' y BB' se convierten en tangentes á las líneas respectivas.

Alejo Abelardo Trocarduy.

DEMOSTRACION

DE LAS CUATRO FÓRMULAS FUNDAMENTALES DE LA TRIGONOMETRÍA PLANA.

Las fórmulas para la solucion de los diversos casos de *triángulos esféricos* son las siguientes:

$$\cos a = \cos b \cos c + \operatorname{sen} b \operatorname{sen} c \cos A$$
$$\cos b = \cos a \cos c + \operatorname{sen} a \operatorname{sen} c \cos B$$
$$\cos c = \cos a \cos b + \operatorname{sen} a \operatorname{sen} b \cos C$$

Cualquiera que se fije en la manera cómo estas fórmulas se deducen, echará de ver que no depende en nada su investigacion de las demás verdades de la trigonometría, esceptuando aquellas que las definiciones implican inmediatamente, y además que dichas fórmulas se aplican con toda generalidad á tres arcos máximos cualesquiera a, b, c de la esfera que pasen por tres puntos A, B, C, aún cuando dos de estos arcos, por ejemplo a, b, queden á continuacion uno de otro, formando con c una *línea* en lugar de un *triángulo*.

Supóngase ahora que el ángulo A disminuye continuamente hasta llegar á 0 : entónces b coincidirá con parte del c y en su consecuencia a coincidirá con la parte restante : será, pues,

$$a = c - b \quad \text{y} \quad \cos A = 1 \ ;$$

por lo tanto, en virtud de la primera de aquellas fórmulas

$$\cos(c - b) = \cos b \cos c + \text{sen}\, b\ \text{sen}\, c\,.$$

Además: si se supone que el ángulo A crece continuamente hasta ser de 180°, el arco b se pondrá entónces á continuacion del c, y por consiguiente a será la suma de ambos : se tendrá, pues,

$$a = b + c \quad \text{y} \quad \cos A = -1\ ,$$

convirtiéndose la fórmula primera en

$$\cos(b + c) = \cos b \cos c - \text{sen}\, b\ \text{sen}\, c\,.$$

Si en la segunda de las ecuaciones primitivas se sustituye en vez de $\cos a$ su valor sacado de la primera, una reduccion sencilla dá

$$\text{sen}\, a \cos B = \cos b\ \text{sen}\, c - \text{sen}\, b \cos c \cos A\,.$$

Introduzcamos aquí las mismas hipótesis que allá : es decir, hagamos primero $A = 0$, y por consiguiente $B = 0$ y $a = c - b$. Se tendrá

$$\text{sen}\,(c - b) = \text{sen}\, c \cos b - \text{sen}\, b \cos c\,.$$

Sea despues $A = 180°$, y por lo tanto $B = 0$, $a = b + c$ y $\cos A = -1$. Se obtendrá

$$\text{sen}\,(c + b) = \text{sen}\, c \cos b + \text{sen}\, b \cos c\,.$$

Las dos últimas fórmulas deducidas pueden muy sencillamente sacarse del par precedente, relativo á $\cos(b \pm c)$. Así, introduciendo las hipótesis propuestas en la segunda ecuacion fundamental, se obtiene

$$\cos b = \cos(b \pm c) \cos c + \text{sen}\,(b \pm c)\ \text{sen}\, c\ ,$$

y reemplazando en esta $\cos(b \pm c)$ por sus valores ya hallados,

$$\cos b = \cos b \cos^2 c \mp \text{sen}\, b\ \text{sen}\, c \cos c + \text{sen}\,(b \pm c)\ \text{sen}\, c\ ,$$

de donde

$$0 = \cos b\,(\cos^2 c - 1) \mp \text{sen}\, b\ \text{sen}\, c \cos c + \text{sen}\,(b \pm c)\ \text{sen}\, c\ ,$$

de la cual, dividiendo por $\text{sen}\, c$, y trasponiendo, se deduce finalmente

$$\text{sen}\,(b \pm c) = \text{sen}\, b \cos c \pm \cos b\ \text{sen}\, c\ ,$$

L. O.

MOLÉCULAS.

(Discurso pronunciado en la Asociacion Británica de Bradford por el Sr. J. CLERK-MAXWELL, *Profesor de Física experimental en la Universidad de Cambridge.)*

Un átomo es un cuerpo que no puede partirse en dos. Una molécula es la porcion más diminuta posible de una sustancia: no se ha visto ni se ha tocado nunca molécula alguna. La ciencia molecular, por consiguiente, es uno de los ramos del saber que se ocupan de cosas que, como invisibles é imperceptibles para nuestros sentidos, no pueden someterse á la experiencia directa.

A sí propia se ha confundido la mente humana con oscurísimas cuestiones. ¿Es el espacio infinito, y si lo es, en qué sentido? ¿Es el mundo material infinito en extension, y están todos los lugares de esta extension llenos igualmente de materia? ¿Existen los átomos, ó es la materia divisible hasta el infinito?

Desde que los hombres comenzaron á razonar, no ha cesado de discutirse sobre tales cuestiones que, como siempre nuevas, se habrán ofrecido á cualquiera de nosotros tan pronto como haya entrado en el uso de sus facultades. Así forman parte tan esencial de la ciencia de nuestro siglo decimonono como la formaban de la del siglo quinto anterior á nuestra era.

Poco sabemos de la manera como hace veintidos siglos se hallaban en Tracia constituidas las corporaciones científicas, y de los sistemas que entonces se adoptaran para atraer la atencion hácia los estudios físicos. Hombres hubo allí sin embargo en aquella época, consagrados toda su vida al estudio de la ciencia con un celo digno de los más ilustres miembros de la Asociacion Británica; y las lecciones en que Demócrito expuso á sus conciudadanos de Abdera la teoría atómica, encerraban pensamientos é ingenio á cuya valía no alcanza todo el oro extraido de América.

A otro eminentísimo filósofo, Anaxágoras, más conocido en el mundo como el maestro de Sócrates, debemos el más importante servicio que á la teoría atómica pudo hacerse despues de establecerla Demócrito. Anaxágoras, en efecto, sentó una teoría tan enfrente de la atómica de Demócrito, que la verdad ó falsedad de la una arruina ó levanta la verdad de la otra. La cuestion de la existencia ó no existencia de los átomos no puede presentársenos hoy más claramente que en las teorías de aquellos dos filósofos.

Tomemos una porcion de materia, una gota de agua por ejemplo, y observemos sus propiedades. Como cualquiera otra porcion de materia que hayamos visto, es divisible. Dividámosla en dos; cada porcion parece conservar todas las propiedades de la gota primitiva, inclusa la de ser divisible. Las partes son semejantes al todo bajo todos aspectos, si se exceptúa el tamaño.

Continuemos con la division hasta que las porciones de agua separadas sean tan pequeñas que ni podamos distinguirlas ni palparlas. Aún no nos cabe duda de que la subdivision pudiera llevarse más adelante, si nuestros sentidos ganaran en agudeza al par que nuestros instrumentos en finura.

Hasta aquí todos estamos conformes; mas ahora surge la cuestion ¿puede esta subdivision repetirse indefinidamente?

Segun Demócrito y la escuela atómica, nó. Despues de cierto número de subdivisiones, la gota quedaría dividida en cierto número de partes, incapaz cada una de ulterior division. Llegaríamos así mentalmente al átomo, el cual, como su nombre literalmente significa, no puede partirse en dos. Esta es la doctrina atómica de Demócrito, Epicuro y Lucrecio y, debo añadir, del que os habla.

Segun Anaxágoras, por el contrario, las partes en que la gota se divide, son bajo todos aspectos semejantes á la gota entera, no influyendo para nada el mero tamaño de un cuerpo en la naturaleza de su sustancia. Por donde, siendo la gota divisible, tambien lo serán sus partes despues de las más menudas divisiones, y esto indefinidamente.

En sustancia la doctrina de Anaxágoras consiste en que las partes de un cuerpo son bajo todos conceptos semejantes al todo: por lo cual fué llamada la doctrina de la Homoiomereia. Anaxágoras por de contado no lo afirmaba de las partes de los cuerpos organizados tales como el hombre y los animales, pero sostenia que todas aquellas sustancias inorgánicas que nos parecen homogéneas, lo son realmente, y que la experiencia universal atestigua que, sin excepcion, todo cuerpo material, es divisible.

La doctrina de los átomos y la de la homogeneidad están pues en completa contradiccion.

Pero ocupémonos ahora de las moléculas. Molécula es palabra moderna: no figura en el *Johnson's Dictionary*. Las ideas que envuelve corresponden á la Química moderna.

Una gota de agua, volviendo á nuestro primer ejemplo, puede dividirse en cierto número, nada más, de porciones entre sí semejantes. A cada una de ellas la llama el químico moderno una molécula de agua. Pero no es en modo alguno un átomo, porque contiene dos sustancias diferentes, oxígeno é hidrógeno, y por cierto procedimiento la molécula puede actualmente dividirse en dos partes, consistiendo la una en oxígeno y la otra en hidrógeno. Segun la doctrina admitida, en cada molécula de agua hay dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno. Que estas sean ó nó los últimos atómos no intentaré decidirlo.

Vemos ya qué es lo que se entiende por molécula, como distinta del átomo.

Una melécula de una sustancia es un cuerpo pequeño tal, que si se reunieran varias de ellas semejantes, formarían una masa de aquella sustancia, mientras que por el contrario quitándole á esta molécula alguna parte, ya no podría, unida con otras moléculas del mismo modo tratadas, componer una masa de la sustancia primitiva.

Cada sustancia, simple ó compuesta, tiene su molécula propia. Si se divide esta, sus partes son moléculas de sustancia ó sustancias diferentes de aquella que entera formaba una molécula. El átomo si existe, debe ser molécula de una sustancia elemental. Por consiguiente, puesto que cada molécula puede no ser un átomo, pero sí todo átomo es una molécula, emplearé esta palabra «molécula» como término más general.

No me propongo ocupar vuestra atencion exponiendo las doctrinas de la Química moderna en punto á las moléculas de diversas sustancias. No me mueve á dirigirme á vosotros el interés que tal teoría especial de la ciencia molecular despierte, sino el interés que el objeto general de la misma ofrece. Porque acontezca que seamos químicos ó físicos ó especialidades de algun género, no es por lo que nos sentimos atraidos hácia este fondo de toda existencia material, sino porque nuestra raza ha anhelado siempre profundizar más y más la naturaleza de las cosas.

Ahora como en su infancia todos los estudios físicos parecen converger hácia el mismo punto, y cuando los investigadores osan mirar la region á donde la senda del descubrimiento los conduce, vé cada uno, segun sus ojos se lo permiten, el fantasma de la misma cuestion. Uno mirará el átomo como un punto material vestido y rodeado de fuerzas potenciales, y otro no verá en él vestidura alguna de fuerza, sino puramente la exterior resistencia de la mera impenetrabilidad.

Verdad es que muchos investigadores, al ver que el fantasma retrocedia ante ellos hácia el santuario íntimo del inconcebible pequeño, han acabado por confesar que no podian con tal pesquisa, y que en todos siglos ha habido filósofos que se exhortaran á convertir sus miradas á más fáciles y asequibles problemas; mas á pesar de ello, cada generacion desde la infancia de la ciencia hasta el presente, ha pagado el debido tributo de sus más poderosas inteligencias á la investigacion del último átomo.

Nuestro objeto es hoy daros cuenta de algunos trabajos sobre la ciencia molecular, y especialmente exponeros lo que en definitiva se ha logrado saber con respecto á las moléculas mismas. La antigua teoría atómica, cual Lucrecio la describió y cual en nuestos dias revive, afirma que las moléculas de todos los cuerpos están en movimiento, aun cuando el cuerpo parezca en reposo. Pero son tan pequeños estos movimientos en los cuerpos sólidos, que con nuestros mejores microscopios no alcanzamos á descubrirlos. En los líquidos y gases las moléculas no se mueven dentro de límites determinados; pero lo efectúan por toda la masa, siquiera esta no se halle perturbada por un movimiemto visible.

Este hecho de difusion, así se llama, que ocurre en los gases y líquidos y hasta en algunos sólidos, puede someterse á experiencia, y constituye una de las pruebas más concluyentes del movimiento de las móleculas.

Comenzaron los progresos de la ciencia molecular en estos últimos tiempos al estudiarse el efecto mecánico del choque de las moléculas móviles cuando caen sobre un cuerpo sólido. Claro es que estas moléculas voladoras golpean á todos los cuerpos que se les oponen; pues bien, la série contínua de tales golpes es, segun nuestra teoría, la causa única de lo que se llama presion del aire y de los demás gases.

Daniel Bernoulli parece haber sido el primero que lo sospechara, mas carecia de los medios que hoy poseemos para comprobarlo. Dió luego impulso á esta teoría Lesage de Ginebra, si bien este sábio se dedicó principalmente á explicar la gravitacion por el choque de los átomos. Despues Herapath, en su «Mathematical Physics» (Física matemática), publicada en 1457, amplió la aplicacion de la teoría á los gases, y el Dr. Joule, á quien sentimos no ver en esta reunion, calculó la velocidad que hoy se asigna á las moléculas de hidrógeno.

El desarrollo ulterior es opinion general que principió por un escrito de Kröning, mas no alcanzo á ver en él ningun adelanto respecto á lo que anteriormente se sabia. Parece, no obstante, que atrajo hácia el asunto la atencion del Profesor Clausius á quien debemos gran parte de los últimos progresos.

Todos sabemos que el aire ó cualquiera otro gas, dentro de un vaso, ejerce una presion contra sus paredes ó contra un cuerpo en él sumergido. Segun la nueva teoría (Cinética), tal presion se debe toda á que las moléculas golpean estas superficies imprimiéndoles así una série de impulsos, los cuales se suceden tan de prisa, que su efecto no puede distinguirse del de una presion contínua.

Si suponiendo constante la velocidad de las moléculas, su número varía, como cada molécula, por igual, golpeará la pared del vaso el mismo número de veces y con la misma fuerza siempre, cada una dará igual cantidad á la presion total. Así pues, la presion en un vaso de capacidad dada, es proporcional al número de moléculas, ó cantidad de gas, que contiene.

Tal es la explicacion dinámica completa del hecho descubierto por Robert Boyle, á saber, que la presion del aire es proporcional á su densidad. Vemos tambien por la misma consideracion, que cada una de las diversas porciones del gas encerrado en un vaso produce su parte de presion con entera independencia del resto, ya sean ó no de un mismo gas dichas porciones.

Supongamos ahora que la velocidad de las moléculas aumenta. Mayor número de veces por segundo golpeará cada molécula las paredes del vaso, y además la intensidad de cada golpe aumentará en la misma proporcion, de modo que la parte de presion debida á cada molécula variará como *el cuadrado* de la velocidad. Pero este aumento del cuadrado de la velocidad corresponde en nuestra teoría á una elevacion de temperatura, y así podemos explicarnos lo que sucede al calentar un gas, como asímismo la ley descubierta por Charles, de ser la misma la espansion proporcional de todos los gases entre temperaturas dadas.

La teoría dinámica tambien nos enseña lo que sucederá si se supone que moléculas de masas desiguales choquen simultáneamente. Las masas mayores irán más despacio que las menores, de manera que, compensándose masa y velocidad, cada molécula, grande ó pequeña, poseerá la misma energía de movimiento.

La prueba de este teorema dinámico, en el cual reclamo la prioridad, ha sido recientemente ampliada y mejorada por el Dr. Ludwig Boltzmann. La consecuencia más importante que de él se desprende es que un centímetro cúbico de cada gas, á la temperatura y presion tipos, contiene el mismo número de moléculas. Esta es la explicacion dinámica de la ley de Gay-Lussac sobre los volúmenes equivalentes de los gases. Pero descendamos ya á los detalles y calculemos la velocidad de una molécula de hidrógeno.

Un centímetro cúbico de hidrógeno á la temperatura del hielo fundente y á la presion de una atmósfera, pesa 0,00008954 gramos. Hemos de hallar á qué velocidad esta pequeña masa debe moverse (compacta ó en moléculas aisladas, pues dá lo mismo) de manera que produzca sobre las paredes del centímetro cúbico la presion observada. Este es el cálculo que hizo el primero el Dr. Joule, y que da por resultado 1859 metros por segundo; que es lo que suele llamarse una gran velocidad: inferior queda á ella la obtenida en la artillería. La velocidad de los otros gases es menor, cual puede verse en la tabla (1), pero siempre resulta excesiva comparada con la de los proyectiles.

Fijémonos ahora en las moléculas del aire de esta sala que se esparcen en todas direcciones con una velocidad de diez y siete millas por minuto.

Si todas estas moléculas volaran en la misma direccion, producirían un viento que soplaría á razon de diez y siete millas por minuto, y la sola corriente de aire que se aproxima á tal velocidad es la que arroja la boca del cañon. ¿Cómo, pues, podemos permanecer aquí? Simplemente porque las moléculas vuelan en direcciones distintas, y así las que chocan contra nuestra espalda nos ponen en estado de resistir la conmocion que nos bate de frente. En verdad, si este bombardeo mole-

(1) Al fin del Discurso, en el próximo número.

cular cesara, así fuera solo por un instante, nuestras venas se hincharían, nos faltaría la respiracion y acabaríamos, ni más ni ménos, por espirar. Pero estas moléculas no nos golpean solo á nosotros y á los muros de la sala. Siendo como son en inmenso número, y volando en todas direcciones posibles, por fuerza han de chocar unas con otras. Cada vez que dos moléculas se encuentran, ambas tuercen su curso y toman nueva direccion. Así, cambiando incesantemente de rumbo cada molécula, á pesar de su gran velocidad, requiérese mucho tiempo para que salven gran distancia desde el punto de partida.

Tengo aquí un frasco con amoniaco. Este es un gas cuyo olor en cualquier parte le descubre. Sus moléculas tienen una velocidad de seiscientos metros por segundo, de suerte que si su curso no sufriera la interrupcion que sufre al chocar dichas moléculas con las del aire de la sala, hasta las personas que ocupan las tribunas más distantes hubieran olido á amoniaco, antes de que yo tuviera tiempo de pronunciar el nombre de este gas. Pero en lugar de suceder así, reempujada aquí y allá cada molécula de amoniaco por las moléculas del aire, vá tan pronto en una como en otra direccion. Exactamente como una liebre acosada que se tuerce á cada paso, y aunque anda mucho, avanza poco. Sin embargo, ya el olor del amoniaco empieza á sentirse á cierta distancia del frasco; pues aunque despacio, el gas se difunde por el aire; y si todas las aberturas de esta sala se cerraran herméticamente, y se dejara así trascurrir algunas semanas, al cabo de ellas se habría en todas partes mezclado uniformemente el amoniaco con el aire de la sala.

Priestley fué el primero que observó esta propiedad que poseen los gases de difundirse por los otros. Dalton demostró que tiene lugar independientemente de toda accion química entre los gases que se mezclan. Graham, cuyas investigaciones se dirigian principalmente hácia los fenómenos que parecian arrojar alguna luz sobre los movimientos moleculares, estudió cuidadosamente la difusion, y obtuvo los primeros datos de donde pudiera deducirse la velocidad de la difusion.

Hace menos tiempo la velocidad de difusion mútua de los gases fué medida con gran precision por el Profesor Loschmidt de Viena. Puso dos gases en dos tubos verticales semejantes, colocando para que no se produjeran corrientes, el más ligero encima del más pesado. Abrió luego una válvula escurridiza, á fin de hacer de los dos tubos uno, y dejándolos así estar como cosa de una hora, cerró luego la válvula y midió cuanto de cada gas se habia difundido por el otro.

Como la mayor parte de los gases son invisibles, para mostraros su difusion, me valdré de los dos gases, amoniaco y ácido clorhídrico, los cuales al reunirse dan un producto sólido. Pongo el amoniaco, como más ligero, encima del ácido clorhídrico, dejando entre los dos una capa de aire: no tardareis en ver que los gases se difunden por esta capa y forman una nube blanca al encontrarse. Durante todo el fenómeno ni corriente ni otro movimiento alguno visible llega á revelarse, En completa calma parecen todas las partes del vaso, como si no contuviera más que aire en reposo.

Verdad es que, segun nuestra teoría, movimiento del mismo género ocurre en el aire tranquilo que en los gases que se mezclan; no hay más diferencia sino que podemos seguir mejor las mudanzas de sitio de las moléculas cuando son ellas de distinta naturaleza que las otras entre las cuales se difunden.

Si queremos tener una imágen de lo que sucede en las moléculas del aire tranquilo, nada mejor que observar un enjambre de abejas, en que cada una vuela rá-