

el eje de las x está recta, y el de las y paralelo á los ejes de u y v , son en este caso:

$$x = -\delta \frac{1 - \frac{H^2}{a^2}}{1 + \frac{H^2}{a^2}} = -\delta \frac{a - bH^2}{a + bH^2}$$

$$y = \frac{\frac{mM}{R_a} H}{1 + \frac{H^2}{a^2}} = \frac{abH}{a + bH^2} \cdot \frac{mM}{R_a}$$

El valor de x , independiente de $\frac{mM}{R_a}$, nos dice que á cada valor de H corresponde una recta paralela á los ejes de las u y v .
Eliminando H entre las dos ecuaciones, resulta

$$\delta^2 y^2 = ab(\delta^2 - x^2) \left(\frac{mM}{R_a} \right)^2, \text{ ó sea}$$

$$\frac{4y^2}{ab \left(\frac{mM}{R_a} \right)^2} + \frac{x^2}{\delta^2} = 1$$

ecuación de las curvas que corresponden á los valores de $\frac{mM}{R_a}$.
Son elipses uno de cuyos ejes tiene sus extremos en los puntos de intersección de los ejes de las u y v con el eje de las x y el otro semieje es $\frac{mM}{R_a} \sqrt{ab}$.

El valor de y nos dice, además, que para cada valor de H la ordenada es proporcional á $\frac{mM}{R_a}$, de modo que construída una elipse se dibujan con facilidad las demás, y haciendo corresponder las curvas á incrementos iguales de $\frac{mM}{R_a}$, resultarán las ordenadas divididas en partes iguales.

Para dibujar la figura se tomó:

$$a = 7,5 \text{ metros} \gg b = 75 \text{ metros.}$$

Los valores de u y v se han anotado sirviendo de unidad el centímetro para evitar el uso de decimales, expuestos á equivocaciones.

Así, para metros = 400 centímetros cuadrados, la longitud del eje de la derecha es de 30 centímetros.

La misma longitud de 30 centímetros corresponde en el eje de la izquierda á un valor

$$I_c \frac{S' + ms}{S'} = 400.000$$

tomando también el centímetro como unidad de longitud.

Las verticales interiores indican los valores de H que se han anotado al pie en metros.

Las cotas de las curvas indican el valor de $\frac{mM}{R_a}$, tomando M en metros-kilogramos, y R_a coeficiente de resistencia de la armadura tendida en kilogramos por centímetro cuadrado.

δ — Lo hemos tomado igual á 10 centímetros, ó sea la separación de ejes $2\delta = 20$ centímetros.

El cuadro siguiente, que facilita la construcción del ábaco, da los valores correspondientes de las abscisas y los de las ordenadas para $\frac{mM}{R_a} = 100$.

H metros.	x δ	y metros.
0,10	— 0,8182	0,06816
0,15	— 0,6326	0,09180
0,20	— 0,4286	0,10710
0,25	— 0,2307	0,11512
0,30	— 0,0526	0,11941
0,35	+ 0,1011	0,11797

H metros.	x δ	y metros.
0,40	+ 0,2315	0,11542
0,45	+ 0,3388	0,11152
0,50	+ 0,4286	0,10710
0,55	+ 0,5031	0,10245
0,60	+ 0,5650	0,09780
0,65	+ 0,6172	0,09330
0,70	+ 0,6610	0,08895
0,75	+ 0,6980	0,08490
0,80	+ 0,7297	0,08107
0,85	+ 0,7570	0,07747
0,90	+ 0,7800	0,07417
0,95	+ 0,8005	0,07110
1,00	+ 0,8182	0,06816

Curva tipo de las ligaduras para cargas uniformemente repartidas.—El siguiente estado da los valores numéricos necesarios para la construcción de la fórmula (35), ó sea la figura 23.

t	$\frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{z}{2}$	α	$\frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{z}{2}$	α
0,0	1,0000	1,000	1,0000	1000
0,1	0,9513	1,114	1,0513	0,911
0,2	0,9050	1,268	1,1050	0,9397
0,3	0,8612	1,485	1,1612	0,7812
0,4	0,8186	1,817	1,2186	0,7315
0,5	0,7808	2,436	1,2808	0,6902
0,6	0,7440	3,973	1,3440	0,6390
0,7	0,7095	30,220	1,4095	0,6240
0,8	0,6770	4,359	1,4770	0,5947
0,9	0,6466	2,510	1,5466	0,5700
1,00	0,6180	1,825	1,6180	0,5480
10/9	0,5884	1,425	1,6995	0,5260
10/8	0,5542	1,132	1,8042	0,5017
10/7	0,5146	0,906	1,9432	0,4747
10/6	0,4683	0,722	2,1350	0,4440
10/5	0,4142	0,5675	2,4142	0,4092
10/4	0,3507	0,4335	2,8507	0,3691
10/3	0,2769	0,3142	3,6103	0,3223
10/2	0,1925	0,2041	5,1925	0,2646
10/1	0,0990	0,1005	10,099	0,1883

Tracciones.

Compresiones.

LA EVOLUCIÓN ACTUAL DE LAS CIENCIAS ⁽¹⁾

(CONCLUSIÓN)

En suma, y perdonadme esta especie de *ritornelo*, que una vez y otra, repito con ritmo irresistible, pero que á la lógica de mi pensamiento me obliga, la evolución en todas las ciencias tiende á la destrucción del individuo; por lo menos del «individuo clásico», hasta aquí respetado por Sociedades políticas, por sabios de todas las Naciones y aun por los métodos experimentales.

Destrucción del hombre como individuo hasta convertir sus restos insubstanciales en átomos de la unidad del Estado; destrucción de especies animales y vegetales, convirtiéndolas con el pensamiento, ya que en la realidad no puede ser en elementos del protoplasma único.

Destrucción de los átomos de los cuerpos simples en la Química hasta deshacerlos en átomos eléctricos; en electrones.

Aniquilamiento de todos los individuos tradicionales en todas las esferas y tendencia á una igualdad niveladora, que al fin de esta serie de evoluciones se perderá en el éter que puebla el espacio infinito; si es que es infinito y no es la retórica la que nos obliga á emplear dicha palabra que,

(1) Del discurso inaugural del Congreso de Valencia, por D. José Echegaray.

sobre este punto, la Filosofía moderna de las ciencias hace sus reservas.

Y gracias á que, al llegar al término de este análisis pulverizador, llegamos con el dualismo de fuerzas atractivas y repulsivas y de átomos eléctricos negativos y positivos también, siquiera el tamaño de estos últimos nos haga tomar que, en nuevos análisis, se clave en ellos la picota demolidora del espíritu moderno.

Otro ejemplo todavía, y con él terminamos la serie de los que nos hemos propuesto presentar.

La vieja Mecánica, la Mecánica clásica, que parecía fundada sobre los cimientos más sólidos porque partía de un corto número de hechos experimentales y su gran masa estaba formada por fórmulas matemáticas, ante la Crítica moderna pelagra y se bambolea; siquiera, á nuestro entender, es más firme su arquitectura de lo que algunos suponen.

Pero dejémonos llevar en este rápido análisis, que más bien refleja opiniones ajenas que convicciones propias de lo que la Crítica supone.

La vieja Mecánica puede decirse que es la Mecánica de la materia ponderable, de la acción instantánea y á distancia, de fuerzas que sólo dependen del estado actual y no de la historia, y valga la palabra, del sistema en que actúan.

Pero lo que decíamos hace un momento al tratar de los átomos de los cuerpos simples respecto á la influencia de la electricidad y del éter, debemos repetir respecto á la Mecánica clásica y de la evolución á que los nuevos descubrimientos pretenden obligarla.

Es indudable que, sin destruir las masas ponderables, es forzoso crear una Mecánica de las masas eléctricas y del éter, y ponerla en relación con la antigua, labor inmensa que, en nuestros días, se está realizando por grandes matemáticos y físicos.

Y aquí la evolución de la ciencia Mecánica se presenta con los mismos caracteres que tantas veces hemos señalado, quizá con repetición y pesadez que han de llegar á seros intolerables.

Los problemas de la Astronomía, y, calcándose en ellos, la mayor parte de los problemas de la Física matemática, se reducen á este tipo único de la Dinámica: un sistema de masas determinadas, actuando entre sí por fuerzas atractivas ó repulsivas, funciones todas ellas de la distancia: acciones instantáneas é independientes de las velocidades de los puntos sobre los cuales se ejercen.

De esta suerte, todos los problemas se reducen á un sistema de ecuaciones diferenciales simultáneas, que, cuando el número de puntos es enorme, como sucede en los problemas de la Física molecular, se substituyen por ecuaciones en diferenciales parciales.

Partiendo de esta hipótesis, se han creado en la Astronomía y en la Física matemática teorías verdaderamente maravillosas, en que las fórmulas se adelantan á los hechos y los predicen, en que parece que el mundo exterior está condensado en el cerebro humano; mejor dicho, en que el cerebro humano impone sus leyes lógicas y matemáticas á la Naturaleza.

Parecería haberse llegado al límite de la perfección, y, sin embargo, la Crítica moderna bate en brecha el prodigioso monumento, empezando por la Mecánica.

En primer lugar, se niega la acción á distancia, considerando la hipótesis newtoniana como una hipótesis cómoda y fecunda; pero de todo punto ajena á la realidad.

Ya pocos son los que creen en la atracción de los astros;

y pecarían contra la Lógica, aunque muchas veces pecan, si los que niegan la atracción astronómica creyesen en las atracciones de los átomos ó de las moléculas, por pequeñas que sean las distancias que entre los puntos medien.

Pensar de otra suerte, sería una escandalosa inconsecuencia.

Y como sólo enumeramos negaciones, á la negación de la fuerza, tal como la definía la Mecánica clásica, agregaremos la negación de la masa.

El punto material con masa determinada era, en cierto modo, el individuo de la Mecánica clásica, y hoy corre la suerte de todas las demás individualidades ó grupos de individualidades que antes citábamos.

La evolución con las orientaciones señaladas, niega ó quebranta el individuo humano, niega la fijeza de las especies, niega la inmutabilidad de los átomos de los cuerpos simples, y niega la constancia de las masas, uno de los grandes principios hasta aquí, y es de suponer que por algunos siglos de la Física y de la Química.

Y no la niega en términos teóricos tan sólo, sino como resultado experimental, apoyándose en experiencias realizadas por habilísimos físicos.

Y al negar la masa, niegan la inercia, tal como se comprendía en el siglo pasado.

La inercia de una masa en movimiento no depende ya sólo de la materia ponderable; depende de la electricidad que al elemento material acompaña, y de las influencias de todo campo electromagnético sobre esta masa eléctrica en movimiento. Resultando de aquí una especie de inercia aparente y variable con la velocidad, que podrá desprejarse cuando las velocidades de las masas no pasan de cierto límite; pero que adquiere valor é influencia cuando estas velocidades son comparables á las de la luz.

Bien se comprende que yo debo limitarme aquí á unas cuantas generalidades, y no ha de extrañaros que no profundice más este problema, con ser uno de los fundamentales de la Física moderna.

Tan fundamental, que á la Mecánica de las masas ponderables se opone ya otra Mecánica: la del átomo etéreo y la de los campos electromagnéticos.

Y al problema elemental de la Mecánica, que, gracias al influjo moderador de la inercia, se plantea en ecuaciones sencillísimas y se define en estos términos: *movimiento de una masa ó punto ponderable bajo la acción de ciertas fuerzas*, se substituye este otro problema de enorme dificultad: *dinámica del electrón*, en que trabajan físicos y matemáticos de primer orden, como Lorentz y Larmor.

Y ya veis que en todo este discurso apenas cito nombres propios, porque son tantos y tan ilustres los que tendría que citar, que correría el peligro, por larga que fuese la lista, de cometer injustas omisiones. Empezaría, por ejemplo, por M. Poincaré; pero, ¿dónde acabo?

Digamos tan sólo que en la nueva Mecánica que hoy se bosqueja, á la clásica masa ponderable se substituye el «átomo eléctrico».

Al concepto de «fuerza», que cada vez se achica más, si se me permite esta palabra, se substituye el concepto más complejo de «energía».

Á la acción instantánea, la acción transmitida por el espacio con determinada velocidad.

Á la vieja inercia, la acción del espacio, que ya no es un concepto vacío, sino que está relleno de éter enérgico y activo, aprisionando cantidades enormes de energía en sus

mallas invisibles y tendiendo á substituir la antigua inercia por fenómenos de inducción.

Y permitidme que, para terminar de una vez, y aclarando lo que precede, y volviendo á mi tesis, y comprobando una vez más la tendencia de la evolución moderna, cite un ejemplo tomado de la electricidad estática.

En la vieja teoría de la electricidad, y digo vieja, aunque cuente poco más de un siglo, porque hoy se camina muy aprisa, la acción de dos conductores en presencia uno de otro, cargados de electricidad, se estudiaba por los procedimientos de la Mecánica clásica eminentemente individualista.

Cada uno de estos cuerpos era, en cierto modo, un individuo del mundo físico, y era un elemento dominante del problema. Los dos cuerpos se atraían ó se rechazaban, según ciertas leyes que de ellos y sólo de ellos dependían, ni más ni menos que dos seres humanos están enlazados por relaciones de amor ó de odio.

Entre los dos cuerpos, el espacio permanecía vacío é inerte, representando un papel pasivo y puramente geométrico: era el espacio de la Geometría pura; sólo podía servir para medir distancias; pero los elementos dominantes del problema, mejor dicho, los elementos únicos, eran, volvemos á repetirlo, los dos conductores cargados de electricidad: eran dos «elementos individuales», si no es que abuso de esta palabra, pero abusando y todo, he de emplearla, porque da forma á mi pensamiento.

Pues bien; la evolución general del pensamiento científico, aplicada á este problema concreto, ha llegado á transformarlo del todo, y aquí sólo citaré dos nombres: Faraday, con sus tubos de fuerza, y Maxwell, con sus admirables teorías.

Y dirigiéndose á la masa popular, y procurando explicar estos problemas en forma sencilla y comprensible, diré que la evolución se ha efectuado en los siguientes términos:

No; ya el problema no depende de los dos individuos eléctricos, demosles este nombre, es decir, de los dos cuerpos conductores.

No; ya el espacio que media entre ellos y que les rodea no es un espacio inerte: el problema se plantea en términos completamente inversos.

El espacio, antes vacío, se convierte en un dieléctrico, y en él reside casi por completo el problema; y un dieléctrico es algo así—y perdóneseme la comparación—como tejido de celdillas infinitamente pequeñas. Ya Poisson, el gran matemático francés, y Mossotti, imaginaron estas colmenas etéreas, en las que se agitan los átomos eléctricos como abejas maravillosas.

Ahora bien; los dos cuerpos conductores, es decir, los individuos eléctricos, pierden en esta hipótesis su decisiva influencia, y el espacio, con el cual antes no se contaba, viene á ser en cierto modo—y perdóneseme la comparación—como el «cuarto estado» en la reivindicación socialista.

No sé si serán exageraciones de mi imaginación; pero yo creo ver en este ejemplo un símbolo perfecto, no sólo de las cuestiones sociales, sino de toda la evolución científica.

Claro es, que si yo expusiera aquí doctrinas propias, debería dar otras explicaciones y debería hacer otras reservas; pero me limito en este discurso al papel de expositor.

Pues lo que hemos dicho para el caso particular de dos conductores cargados de fluido eléctrico y en presencia uno de otro, podemos repetir para la mayor parte de los problemas de la Física matemática.

¡Qué sencillos nos parecen hoy tal como se planteaban en el siglo último: masas fijas, entre ellas acciones á distancia, instantáneas, centrales é independientes de las velocidades de dichas masas!

¡Y con el espacio no había que contar!

Hoy todo se transforma, y se agranda y se complica.

En rigor, la masa ya no es constante, porque el elemento eléctrico que la acompaña engendra una inercia más complicada que la inercia clásica, si no es que esta última desaparece por completo, admitiendo que los átomos son conjuntos de electrones.

Y luego, el problema no se plantea para masas aisladas, verdaderos individuos del mundo inorgánico, sino que ha de contarse con todo el espacio, ó sea con todo el campo magnético: la muchedumbre infinita anulando la individualidad aislada. Y yo no sé si abusaré de las palabras y de las semejanzas; pero me atreveré á decir que es el socialismo inorgánico abrumando con su invencible unidad el individualismo de los viejos átomos. Más aún; en cada instante y en cada punto, las fuerzas dependen de todo el espacio y de todo el tiempo, de la velocidad de cada átomo, de su historia y de su pasado. El espacio y el tiempo caen sobre el individuo, pobre orgulloso del «momento presente», para anularle, á la vez, con el peso de la «tradición y de la muchedumbre».

Más aún, porque cuando la imaginación encuentra filones de semejanzas y analogías, no es fácil que se contenga en sus comparaciones semipoéticas, semicientíficas, semifilosóficas.

Á toda evolución ordenada y tranquila, lenta y majestuosa, acompañan casi siempre movimientos desordenados, tumultuosos, dispersos y á veces extravagantes; guerrillas del ejército regular en marcha.

Pues yo me figuro, no digo que sea, digo que me imagino, que así como en la literatura, en este período de transición, existe el modernismo, y en el orden social el anarquismo destructor, así en todas las ciencias y en cada una hay su modernismo también.

No quisiera abusar de vuestra paciencia, y por eso no he de desarrollar esta nueva tesis, que es enorme: me limito á recordar que en la ciencia más grave y más severa, como son las Matemáticas puras, hay algo parecido al modernismo; que el gran matemático francés M. Poincaré, una de las glorias científicas más firmes de la época moderna, señala con ironía finísima y crítica profunda en uno de sus últimos libros, al hablar de ciertos trabajos modernos sobre la aplicación de la Lógica á las Matemáticas, por una parte, y por otra, sobre lo que pudiéramos llamar el «infinito actual y realizado».

A ZULEJOS ⁽¹⁾

Si el escribir el proceso de la cerámica equivale á narrar la historia de la humanidad, el estudio de cada una de las ramas ó agrupaciones que la constituyen permite seguir á

(1) De la Memoria de D. Antonio García Llansó, leída en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.