

Colaboración profesional

La Mecánica y la Filosofía Natural

Nuevos aspectos del determinismo científico

Por JORGE ALVAREZ LLERAS (Director del Observatorio Astronómico)

Bogotá, febrero 10 de 1934.

Señor don Joaquín Vallejo, Director de la Revista DYNA.—Medellín.

Muy estimado colega y amigo:

Doy respuesta a su estimable carta del 1o de los corrientes manifestándole, primeramente, que usted se anticipó, escribiéndome, a mis deseos, pues, yo ya tenía pensado buscar la amistad de usted y procurarme un puesto en las páginas de la revista DYNA, publicación cuya lectura me deleita desde su aparición.

Y no es esto simple lisonja sino expresión sincera de la admiración que me ha causado ese esfuerzo de usted y de sus jóvenes compañeros, todos espíritus nuevos, movidos por inquietudes intelectuales que prometen mucho para la Patria, y que se salen de la tradición profesional, que había hecho entre nosotros del ingeniero un ente rutinario y aislado por entero de las fuerzas sociales y directoras.

Sin que sea exageración benévola, debo decirle a usted que en DYNA he visto orientaciones mucho más razonables y precisas que en las de "Anales de Ingeniería", órgano de la Sociedad de Ingenieros de esta ciudad, y que bien vale la pena colaborar en esa publicación, con la mira de ser leído por la juventud antioqueña, ahora sí, colocada por causa

de las regiones atravesadas es muy limitado comparativamente con las otras dos vías citadas.

8) A la tracción autopropulsora—en que la adhesión se hace en todas las unidades—bien con carros automotores o por medio de la locomotora eléctrica de motores diésel, que puede acomodarse a grandes pendientes y a curvas estrechas, debe prestársele la debida atención, porque seguramente con este medio se solucionarán mejor que con los otros los graves problemas de las vías de montaña,

del esfuerzo inteligente de usted y de sus compañeros, en un plano dominante entre los elementos cultos del país.

Para hablar así me baso en la idea fundamental de que la ideología nacional necesita un cambio de rumbo que nos aleje de la lírica de nuestros mayores y nos aproxime, cada vez más, a las realidades de la vida. Y tal cambio de rumbo puede Antioquia indicarlo inteligentemente por ser ese Departamento la sección del país más industrial, más trabajadora y más puesta en contacto con las necesidades de la hora.

Por eso es necesario que ustedes se abran campo en el ambiente de la Montaña procurando que cese esa actividad pasiva del gremio de ingenieros, el cual por CAUSA DE LA VISION UTILITARIA DE LAS PROFESIONES no para mientes en que la cultura nacional se debe edificar sobre cimientos científicos y que esa cultura no está desligada, ni con mucho, de bienestar económico.

Estas han sido las ideas que procuré exponer en mis conferencias sobre la "Tecnocracia y sus conclusiones" y éstas las que animaron los estudios económicos de Garavito, sabio colombiano cuyo prestigio científico interesa a todos nosotros por igual, ya seamos de esta altiplanicie chibcha y mediterránea, ya pertenezcamos a Secciones del país más cultivadas e inteligentes.

Así agradezco de modo especial el interés que usted ha demostrado por la obra verdaderamente colosal de Garavito; obra desconocida sistemáticamente por nuestros Gobiernos, siempre preocupados por el barniz de cultura con que seducen a los colombianos, y nunca conscientes de sus deberes como educadores del pueblo y sostenedores del ambiente que, en una época ya lejana, nos hizo merecer el epíteto de Antenas suramericana.

Ciertamente si logramos hacer conocer a Garavito de los colombianos cultos, y que sus trabajos sean leídos en el Exterior, pondremos muy alto el nombre de la Patria. Para lograr esto último me he propuesto, con la ayuda del Ministerio de Educación, publicar correctamente los trabajos inéditos del sabio en el Anuario del Observatorio, que empezará a salir en 1935, y reproducir, en ese mismo Anuario, los escritos de Garavito, que ya vieron la luz pública, pero en forma tan menguada y absurda, con tal pobreza de imprenta, que vinieron a quedar a punto menos que ininteligibles y perfectamente incomprensibles para los sabios extranjeros.

Entre estos escritos voy a poner los diversos opúsculos de Garavito sobre Óptica matemática, haciendo de ellos un todo homogéneo y acompañándolos con notas; y de los primeros me ocuparé al publicar las ecuaciones fundamentales para unas nuevas tablas de la luna, trabajo monumental que dejó iné-

dito Garavito, y que coloca a su autor entre los primeros matemáticos contemporáneos.

Para que usted pueda darse cuenta de las tendencias filosóficas y de la orientación científica de Garavito, me permito acompañar esta carta con dos trabajos míos: el uno inserto en un libro que vio la luz con ocasión del 20. Centenario de Mutis y que se intituló: "La Mecánica en la Filosofía Natural"; el otro publicado en Anales de Ingeniería bajo el mote: "El doctor Julio Garavito A. y las teorías eléctricas modernas". En el primero de estos trabajos hago una somera exposición de los admirables conceptos de Garavito, enteramente originales, sobre determinismo científico, y propiamente adecuados a dar una idea racional de la teoría de la evolución.

Nuestro sabio astrónomo y matemático nunca dio publicidad a estas ideas, por temor de herir susceptibilidades de orden político local y se contentó con exponerlas en el seno de sus amigos. De sus labios las oí yo frecuentemente, de modo que mi trabajo es sólo una traslación de estos principios convenientemente complementados y expuestos con cierto orden.

Como usted puede ver, las teorías económicas de Garavito se fundamentan sobre estas ideas filosóficas que son, en mi sentir, enteramente nuevas y superiorísimas a los conceptos de Spencer. Así el determinismo sociológico de Garavito es mucho más preciso, claro y razonado que el de Marx, cuyos principios respecto a la lucha de clases oscurecieron la idea de que hay leyes generales que gobiernan los grandes acontecimientos de la Historia.

En el segundo de los trabajos a que me refiero, hago ver como Garavito presintió, por decirlo así, que la Física matemática necesitaba una revisión en forma, para detenerse en el camino de las hipótesis y buscar más sólidamente su fundamento en hechos y no en palabras. Este presentimiento admirable ha venido a confirmarse con lo expuesto en 1932 por el Congreso Científico universal de Ciencias Físicas, reunido en Roma. Ojalá usted vea lo que copié a este respecto en "Anales de Ingeniería", ese año, para que lo compare con mi "CRITICA A LA HIPOTESIS DE LOS ELECTRONES". Creo que de esa comparación usted sacará la consecuencia de que la BANCARROTA de la Física es un hecho, y que es lástima que esa labor gigantesca de Garavito, de carácter crítico y creador al mismo tiempo, no hubiera sido conocida—gracias a la pequeñez intelectual de nuestros Gobiernos—amplia y oportunamente por los centros científicos de Europa y América.

No me extiendo más sobre estos tópicos hasta no ver por correspondencia de usted, que ellos le parezcan interesantes. y que su desarrollo valga la pena en los escritos que me propongo enviar a usted.

Como usted lo piensa la obra inmortal de Garavito es casi totalmente desconocida entre nosotros; y hasta la generalidad de los ingenieros la ignoran. Es, pues, un deber nuestro el hacerla clara e inteligible para la

mayoría de los lectores con el propósito de que la gloria de este sabio colombiano se refleje en la historia científica de nuestra Patria, tan estéril de suyo y tan oprimida por el ampuloso follaje literario y político que ha dominado exclusivamente, hasta ahora, en el desarrollo de nuestro medio social.

Doy a usted las más expresivas gracias por los benévolos conceptos que le merezco, hijos de su generosidad, y me pongo siempre a sus órdenes para lo que quiera en el sentido indicado atrás, y para colaborar en DYNA, cosa que será para mí un positivo honor.

Sin otro particular, por ahora, quedo de usted Atto. S. S. amigo y colega.

JORGE ALVAREZ LLERAS

A primera vista parece absurda la tentativa de hallar manifestaciones cualitativas de la verificación de leyes mecánicas en la correlación que existe en el desarrollo sucesivo de los hechos en los diversos órdenes de fenómenos naturales, por cuanto la manifestación de una ley matemática no puede ser comprobada sino por métodos cuantitativos. No obstante, es ello posible si no se fija la atención sino sobre la parte mecánica del fenómeno complejo que se estudia. Así, si observamos una partida de billar para deducir las complejas relaciones de las jugadas con respecto a las posiciones sucesivas de las bolas, entrando en parte principalísima la habilidad de los jugadores, es claro que la complejidad inaudita de las circunstancias anotadas limita enormemente el alcance de nuestras deducciones. Lo que no sucede si nos contentamos con observar que todas las bolas describen trayectorias rectilíneas cuando reciben un impulso apropiado, y como estas trayectorias son las más cortas, comprobaremos que los movimientos individuales del juego obedecen a la mínima acción.

Además, no es difícil prever la influencia que deben tener ciertas propiedades del movimiento en las transformaciones de una porción de materia actuada, continua o periódicamente, por una fuente de energía. Si, pues, en determinados casos se verifican las circunstancias previstas para el caso general, se podrá concluir que dichas circunstancias son manifestaciones de aquellas leyes. Las propiedades del movimiento, que bajo este aspecto llaman más la atención, son las conocidas con las designaciones de MENOR RESISTENCIA Y ECONOMIA MECANICA.

Claro está que refiriéndonos a ellas se presentan serias dificultades para exponer dichas leyes; lo cual consiste en que las leyes mecánicas son

propriadamente fórmulas de análisis matemático, que no es posible traducir al lenguaje usual sin hacerles perder su precisión, generalidad, y a veces hasta su inteligibilidad. Por ejemplo: una de las ideas mecánicas más empleadas en la práctica es la de trabajo mecánico, y, sin embargo, no es posible definir con exactitud esta cantidad en términos breves, salvo casos particulares, sin el auxilio de su expresión matemática. Al decir que trabajo de una fuerza es el producto de ésta por la proyección sobre ella del desplazamiento de su punto de aplicación, no es posible comprender lo que es el trabajo de una fuerza variable en magnitud y dirección, y cuyo punto de aplicación describe una curva. La definición vulgar, expresada en palabras, no es, pues, capaz de dar una idea precisa de lo que es trabajo de una fuerza. Y como éste se podrían poner ejemplos indefinidamente.

Así, pues, en este ensayo será preciso dar definiciones y enunciados de leyes mecánicas, de la misma manera como se acaba de indicar refiriéndonos al trabajo mecánico, advirtiéndolo, de una vez por todas, que dichas leyes conservan un sentido preciso aun para aquellos casos en que el enunciado vulgar se hace ininteligible.

Con estas explicaciones se entra en materia diciendo que las leyes mecánicas, cuya manifestación en el desarrollo sucesivo de los hechos naturales nos hemos propuesto indicar, son, según lo indicado atrás, las de la **MENOR RESISTENCIA Y LA MENOR ACCION.**

Este principio expresa una función o cantidad matemática que es mínima en el movimiento real de la materia, comparada con los valores que esa cantidad tomaría para los movimientos posibles más próximos. Esa cantidad mínima es la resistencia que oponer los obstáculos al movimiento de la materia, tomando como medida de tal acción resistente la suma de los productos de la masa de cada punto material por el cuadrado de la desviación que el obstáculo le impone a cada movimiento.

Las primera de éstas, debida a Gauss, se puede expresar sencillamente, prescindiendo, hasta donde sea posible, de toda noción cuantitativa, diciendo "que la materia sigue a cada paso las líneas de menor resistencia, líneas que son las que se separan lo menos posible de las que seguiría si no hubiera obstáculos.

Un cuerpo pesado colocado sobre un plano inclinado se desliza por la línea de mayor pendiente, por ser ésta la línea situada sobre el plano que se separa menos de la vertical, que sería la trayectoria seguida por el cuerpo si no existiera el obstáculo que el plano le presenta. Si al colocar el cuerpo sobre el plano se le imprime un impulso en determinado sentido distinto de la línea de mayor pendiente, describirá una curva, pero esta curva es tal que

de todas las líneas situadas sobre el plano es la que menos se separa de la parábola que describiría el cuerpo si el plano no existiera.

Si una corriente eléctrica se subdivide siguiendo varios conductores, las intensidades de las varias corrientes parciales podrían distribuirse de infinitud de modos en los diversos hilos conductores; mas sucede que estas corrientes se reparten de manera que, sin dejar de sumar la intensidad total, la suma de los productos de las resistencias de los varios circuitos por los cuadrados de las intensidades respectivas, es mínima. Ahora bien, dicha suma representa la energía gastada por la corriente en vencer las resistencias que se oponen a su paso: resulta, pues, que la corriente se reparte de manera que deba vencer la menor resistencia posible. Tal es el principio de Kirchoff.

Para exponer el otro principio general de que nos ocupamos, es necesario dar algunas definiciones. Se da el nombre de cantidad de movimiento de un cuerpo al producto de su masa por la velocidad de que está animado: y se llama fuerza viva o energía cinética del mismo el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad.

La acción de un móvil que pasa de una posición inicial a otra final, es el producto de la cantidad de movimiento por el espacio recorrido, o también, el producto de la energía cinética por el tiempo gastado en recorrerlo. La ley de la menor acción consiste en que la trayectoria que sigue la materia, para pasar de una posición inicial a otra final, es de todas las líneas posibles que van de una posición a la otra, aquella a lo largo de la cual la acción es mínima.

Así, pues, si el móvil debe conservar constante su cantidad de movimiento, el espacio recorrido deberá ser mínimo. Si debe conservar constante su fuerza viva, con cambio de masa y de velocidad, su trayectoria debe ser aquella según la cual el tiempo gastado es menor. Si la materia está impulsada por una energía que le comunica cierta velocidad de vibración, tratará de distribuirse de manera de substraer la mayor masa posible al movimiento. En el caso general la cantidad mínima es el producto de la masa, la velocidad y el espacio, o de la masa, el cuadrado de la velocidad y el tiempo.

Esta ley, enunciada primeramente por Maupertuis, se ha llamado también con la designación de "ley de la economía mecánica".

La aplicación del principio de Gauss no tiene restricción ninguna; pero en cuanto al de Maupertuis puede objetarse que dicho principio, que es aplicable correctamente a los fenómenos reversibles, no sería riguroso generalizándolo a los irreversibles. Esta objeción puede desvanecerse notando, como lo hizo Boltzman, que la irreversibilidad que presenta la naturaleza en

ciertos fenómenos es aparente y consiste en que la energía cinética útil corresponde a movimientos ordenados, mientras que la energía descalificada corresponde a movimientos desordenados. (1). Podemos, pues, considerar la menor acción como una ley general aplicable a todos los fenómenos.

La experiencia prueba que en un campo electromagnético la energía se descompone en dos partes: la energía electrostática y la energía electrodinámica. Y Maxwell ha demostrado que si se considera la energía electrostática como energía potencial, y la electrodinámica como cinética, los fenómenos eléctricos satisfacen al principio de la mínima acción.

Este principio se utiliza en la Física y en la Química para resolver los problemas relacionados con la física molecular, y con su auxilio se han explicado, en épocas anteriores, los pasos a formas estables de formas variables con las condiciones físicas, como sucede con las cristalizaciones provocadas en los líquidos sobresaturados.

Todos los fenómenos de la Óptica obedecen a esa ley, como ha podido comprobarse independientemente de toda hipótesis sobre la naturaleza de la luz, y según las demostraciones de Garavito, formuladas para solucionar la aparente contradicción que existe entre la teoría ondulatoria y el fenómeno de la aberración. Así, si un rayo de luz monocromática cae sobre un prisma de vidrio, según una dirección oblicua, una porción de esta luz choca contra la superficie, y es devuelta o reflejada según las leyes de la elasticidad o por cualquiera otra causa semejante. La cantidad de movimiento se conserva después del choque, y la línea según la cual se refleja el rayo incidente forma con la normal a la superficie un ángulo de reflexión igual al de incidencia. Ahora bien, entre dos puntos de la trayectoria seguida por el rayo de luz, la línea más corta que puede unir esos puntos y tocar al prisma, es la que cumple la ley de la reflexión. Así, este rayo de luz describe la línea más corta. Esto es: ahorra espacio.

Otra porción de energía luminosa penetra dentro del cristal, conservándose la fuerza viva del sistema, por cuanto no aumenta la temperatura del medio, y así la masa vibrante aumenta con disminución de la velocidad con que se propaga el fenómeno luminoso. (2) En este caso el rayo refractado cambia de dirección, conservándose, no obstante, en el plano perpendicular.

(1) Sobre este punto insistiremos más adelante, cuando observemos la razón de ser del progreso en los seres organizados, individual y colectivamente considerados.

(2) En este ejemplo aceptamos con todas sus consecuencias la teoría ondulatoria.

lar a la superficie del prisma. Este cambio de dirección es tal que los senos de los ángulos de incidencia y refracción están entre sí en la misma relación que las velocidades de la luz en el aire y en el interior del vidrio; y esta condición es precisamente la del mínimo tiempo gastado por la luz en ir de un punto colocado fuera del cristal, a otro situado en su interior, como se demuestra por el cálculo.

Cuando la luz incide sobre un cristal de un solo eje, el rayo que penetra en el cristal se polariza según dos sentidos perpendiculares entre sí, produciéndose dos rayos que se transportan con velocidades distintas, para dar lugar al fenómeno de la doble refracción. Así se cumple: 1o., **EL AHORRO DE TIEMPO**, por el rayo extraordinario que conserva su fuerza viva; 2o., la mínima acción por el rayo extraordinario que no conserva su energía sino cuando la propagación se efectúa en el plano perpendicular al eje.

Es también en obediencia al ahorro de tiempo que la luz blanca se descompone en los colores del espectro y que se forman las imágenes reales y virtuales en los instrumentos de la Óptica.

Suspendiendo por sus extremos un hilo pesado afectará la forma de equilibrio de la catenaria, y esa forma es precisamente, de todas las formas imaginables que pudiera tomar el hilo, aquella en la cual el trabajo de la tensión a lo largo de la curva es mínimo, o mejor, es mínimo el alargamiento elástico del hilo. Cualquiera deformación que se haga sufrir al hilo, sin sostener parte del peso de éste, aumentaría la tensión y, por consiguiente, el alargamiento.

De todas las curvas de igual longitud es la circunferencia de círculo la que encierra mayor área; y entre dos tubos cerrados por sus extremos, de igual longitud y superficie, tiene mayor capacidad aquel cuya sección se aproxima más al círculo. Por este motivo si se somete un tubo cerrado de sección cualquiera a una presión interna se le verá que trata de afectar la sección circular. En este principio se basan los manómetros y barómetros metálicos.

De todas las superficies cerradas de igual extensión es la esfera la que abarca mayor volumen, y esta propiedad es la que hace que las membranas flexibles afecten la forma esférica cuando re las infla con un gas, como sucede con las pompas de jabón. De esta manera el trabajo molecular es menor que el que se verían obligadas a desarrollar para aumentar su capacidad, si afectasen formas diferentes.

Lo que hemos dicho en estos ejemplos acontece también con los cuerpos materiales en equilibrio. Y así el mínimo trabajo molecular sirve de guía al ingeniero para calcular los esfuerzos en tirantes y tornapuntas en