

dentemente la falta de evaporación y por lo tanto, que el aire está saturado de humedad. Por el contrario su estado será tanto más seco, cuanto mayor sea la diferencia de las dos lecturas del psicrómetros y, en las tablas psicrométricas está calculada la humedad relativa que corresponde a cada diferencia entre los dos termómetros.

También se usan para medir la humedad del aire, otros aparatos llamados higrómetros. Estos se fundan en la propiedad que poseen ciertas sustancias, llamadas higroscópicas, de absorber la humedad del aire y alargarse por ella.

En este principio estriban los higrómetros de cabello, que según el alargamiento o acortamiento de un haz de éstos, ponen en movimiento una pluma inscriptora que va marcando las diversas variaciones sobre una tira de papel acoplada a un tambor que posee un movimiento de rotación suministrado por un mecanismo de relojería.

Por medio de estos gráficos se puede hallar, mediante un cálculo sencillo, la humedad media de cada mes, cada año o de cualquier lapso de tiempo. La humedad relativa media de Medellín es de unos 70 o/o.

ERRATA.—En el número anterior las páginas 38 y 39 están trocadas.

En la página 49, el cuarto párrafo ("Este principio, etc."), debe ir después del quinto ("La primera de éstas, etc."). Pedimos excusas a los autores por estos errores involuntarios.

La evolución en el concepto del éter

Por JOAQUIN VALLEJO

El siguiente artículo no tiene pretensión de originalidad: es únicamente una síntesis histórica de la física del éter, hasta las más modernas concepciones que han introducido las teorías y la filosofía científica de la escuela de Henri Poincaré.

Próximamente iniciaremos una serie de artículos de divulgación de física moderna.

Nos permitimos hacer a este respecto una pregunta, a manera de encuesta, que constituirá el tema de uno de nuestros estudios: ¿Puede admitirse al mismo tiempo, en los campos de la ciencia, el sistema newtoniano de espacio, tiempo, movimientos absolutos, para explicar los fenómenos mecánicos, y los relativistas, basados en conceptos opuestos, para explicar los fenómenos físicos que escapan a la Mecánica clásica?

Al lado de nuestras ideas sobre Tiempo y Espacio ha venido el éter desde los comienzos de la Física, a constituir un problema morboso, cual es el de hacer intuitivas las creaciones que sólo tienen el sentido de artificios matemáticos. ¿Puede representarse el cerebro humano el substratum de todos los fenómenos naturales con una idea más simple que la de Espacio? ¿Y el continuo suceder que metamorfosea al Universo, no es acaso el mismo concepto de Tiempo? Todos los esfuerzos por simplificar más estas nociones fueron a converger en el postulado kantiano de que el Espacio y el Tiempo son las formas más puras de nuestra intuición sensible, las bases primarias de cualquier conocimiento.

Pero la idea de Espacio ha entrañado la de Materia para todos aquellos filósofos que, como Descartes, ligaban la extensión a la sustancia de las cosas negando, por ende, la existencia del vacío. ¿Cómo imaginar entonces los espacios interestelares donde la ausencia de aire es hecho cierto?

Se impuso así por primera vez y como conclusión filosófica, la necesidad de creer en una especie de fluido sutil que baña a todos los cuerpos del Universo. Y un nuevo acontecimiento, en otros campos, vino a robustecer ese primer concepto metafísico: Newton tuvo la audacia de enseñar que los planetas cumplen las leyes de Kepler a causa de una mutua atracción, semejante a la que ejerce la Tierra sobre la manzana. Pero esta atracción era inconcebible entre el supuesto de que los planetas flotan en el vacío, por lo cual se consolidó la idea del éter, como comenzó a llamarse esa sustancia incognoscible.

Las cosas no se quedaron allí, pues hace poco más de un siglo los resultados de Young y Fresnel sobre las interferencias obligaron a los físicos a rechazar la teoría de la emisión para asirse de la ondulatoria, que entonces resurgía triunfalmente bajo el patrocinio del joven ingeniero francés. La luz, según Fresnel, es entonces un movimiento vibratorio del éter, con lo cual se reafirma la existencia de este misterioso fluido. Por la misma época un grupo de físicos desarrollaba sólidamente la teoría matemática de la elasticidad, donde juegan un papel especial las llamadas ondas elásticas, tan conocidas hoy por los sismólogos. Cauchy, fundado en la analogía que presentaban las vibraciones elásticas con las luminosas, ensayó un primer modelo del éter imaginándolo sólido y de gran rigidez, puesto que sólo en estos medios pueden producirse ondas transversales, y los fenómenos de la polarización de la luz exigían que ésta no fuera longitudinal. Llegóse así a admitir que los planetas se mueven a través de un éter sólido sin experimentar por ello resistencia alguna. Stokes no vaciló en suponer como solución de esta dificultad que para altas velocidades como la de la luz, el éter se presenta más rígido y elástico que el acero, mas para las lentes travesías planetarias es plástico y teme como un fluido. Le faltó aclarar, sin embargo, por qué no aparecen también ondas longitudinales como en los cuerpos sólidos. Muchos otros modelos mecánicos del éter se hicieron, agotando la fantasía, pero uno a uno fueron cayendo bajo los golpes de la experiencia.

Las dificultades se multiplicaban: la aberración y otros fenómenos exigían que el éter fuera absolutamente inmóvil, y el experimento de Fizeau y las fórmulas de Fresnel suponían un arrastre parcial por los cuerpos en movimiento, mientras que la célebre experiencia de Michelson, con prodigios de precisión, acusaban un arrastre total (1). Por otra parte, las pro-

(1) El experimento fué repetido por Miller, con instrumentos más perfectos, durante cuatro años (1921-1925) alternando a Monte Wilson con Cleveland para centros de los estudios. Los resultados de Cleveland confirmaron el arrastre total del éter, al menos entre los límites de error de los

fundas investigaciones de Faraday y Maxwell sobre electromagnetismo, llevaron a éste a crear un éter especial que explicara y diera una representación de las leyes abstractas del campo electromagnético por fenómenos puramente mecánicos. La complejidad del modelo hizo que poco a poco renunciaran los físicos a él hasta que Hertz estableció definitivamente los conceptos eléctricos y magnéticos al lado de los mecánicos, trabajando en sus investigaciones con las fórmulas del campo de Maxwell sin preocuparse más por aunarlos. Con Lorentz, viene la distinción entre las dos clases de fenómenos definiendo al éter como asiento de campos electromagnéticos, mientras que la materia sólo era objeto de movimientos.

Hasta aquí todos habían dotado al éter de un estado definido de movimiento, ya suponiéndolo quieto, con Lorentz, ya arrastrado parcialmente por la Tierra, con Fresnel, ya totalmente con Michelson pero una nueva orientación vino a establecer el cuarto aspecto: negarle un estado definido, cualquiera, de movimiento absoluto y señalar la imposibilidad de principio de averiguar el movimiento de la Tierra con relación a él. En efecto, según la Relatividad restringida, en un sistema de referencia dotado de movimiento uniforme con relación a otro, las leyes y fórmulas tienen idéntica expresión matemática que en éste, es decir, los dos sistemas son absolutamente equivalentes. Por tanto, si un experimento cualquiera nos da la ley de un fenómeno, relativamente al éter, no podremos de ahí concluir el estado de movimiento de este éter, porque las mismas fórmulas se obtienen para todos los otros sistemas de referencia animados de traslación uniforme, relativa al primero, y sería arbitrario llamar a uno cualquiera de entre ellos el verdadero vehículo de la luz. Todos tienen el mismo derecho, por donde se debe concluir la imposibilidad de concebir el éter en un determinado estado de movimiento, como por ejemplo decir que está quieto relativamente a la posición media de las llamadas estrellas fijas. Son las mismas dificultades que anotábamos para el espacio absoluto (DYNÁ, Año I, Nro. 7, pág. 23) y es que en el fondo corresponden al mismo objeto: el lugar de referencia de los fenómenos físicos.

Mas para no rechazar la idea del éter, que le es útil en la Relatividad

instrumentos, mientras que en Monte Wilson, a 1850 metros sobre el nivel del mar, se observó un retraso del éter de un 5 % que ha ocasionado serias discusiones respecto a su validez. Queda, pues, la primitiva experiencia de Michelson en duda y por tanto la conclusión del arrastre total de éter. Sin embargo, el fenómeno de Trouton y Noble, renovado en 1925, apoya el arrastre total en contra del resultado de Miller en Monte Wilson.

generalizada, anota Einstein: "El punto de vista que se podría adoptar, en un principio, ante este estado de cosas parece ser el siguiente: el éter no existe" "Una reflexión más atenta nos enseña sin embargo, que esta negación del éter no es necesariamente exigida por el principio de Relatividad particular. Se puede admitir la existencia del éter, pero hay que renunciar entonces a atribuirle un estado de movimiento determinado, es decir, hay que despojarlo, por abstracción, de su último carácter mecánico que Lorentz le había aún dejado. Observaremos más tarde que esta manera de ver—cuja posibilidad lógica se evidenciará en seguida por un ejemplo—se justifica por los resultados de la teoría de la Relatividad general.

Imaginemos ondas sobre la superficie del agua. Este fenómeno puede dar lugar a dos descripciones muy diferentes. Se puede estudiar primero cómo la superficie ondulatriz que forma el límite entre el agua y el aire, cambia con el tiempo. Pero se puede también—con el auxilio de pequeños cuerpos flotantes, por ejemplo—observar cómo la posición de cada partícula de agua cambia con el tiempo. Al suponer que no hubiera tales cuerpos flotantes, que nos permiten seguir el movimiento de las partículas del fluido, y que en general no se observare en todo este fenómeno más que el cambio de posición del espacio ocupado por el agua (el cual se efectúa en el tiempo) no tendríamos entonces ningún motivo para admitir que el agua está compuesta de partículas móviles, pero podríamos, por lo menos, considerarla como un medio.

Algo semejante se presenta en el campo electromagnético, pues puede representarse el campo como constituido por líneas de fuerza. Si se quiere considerar estas líneas de fuerza como algo material, en el sentido vulgar se es inducido a considerar los fenómenos dinámicos como fenómenos de movimientos de estas líneas de fuerza, de suerte que cada línea de fuerza puede ser seguida en el tiempo. Pero es bien sabido que tal manera de ver conduce a contradicciones.

Generalizando, podemos decir: se pueden imaginar objetos físicos extremos donde la noción de movimiento no encuentra ninguna aplicación. No deben ser concebidos como constituidos de partículas que pueden ser seguidas en el tiempo. En el lenguaje de Minkowski esto se expresa de la manera siguiente: no se puede mirar cada objeto extenso, en el universo de cuatro dimensiones, como compuesto de hilos cósmicos. El principio de Relatividad restringida nos impide considerar al éter como constituido de partículas que se pueden seguir en el tiempo, pero la hipótesis del éter como tal no contra-

dice a la teoría de la Relatividad restringida. Solamente hay que guardarse de atribuir al éter un estado de movimiento". (1)

Einstein necesita en la Relatividad generalizada un medio que se deforme en los alrededores de las masas gravitatorias, porque el espacio vacío por su misma esencia, sólo podrá concebirse como isótropo y homogéneo, mientras que la teoría exige una especie de curvatura del espacio por la acción de los campos de gravitación. De aquí, pues, que Einstein no rechaza el éter como medio propagador de la luz y conformador del espacio, sino al éter al cual se le atribuye un estado de movimiento definido. Para traer más claridad en torno de este criterio debemos adentrarnos en el valor mismo que tiene en la Filosofía Natural: es labor estéril imaginar al éter bajo un modelo mecánico, como ansiaban los teóricos del siglo pasado, pues la materia misma es tan desconocida como él y la hipótesis sobre la existencia del átomo, o los electrones no tiene más realidad que la del éter vehículo de la luz; ambas son símbolos o artificios matemáticos, por más que las investigaciones actuales sobre la estructura atómica parezcan dar casi fotografías directas con cédula de identidad del electrón y por más que algunos físicos señalen su carga, su masa y su velocidad con varias cifras como se dan las filiaciones personales. Aceptamos el pensamiento de Poincaré de que el objeto de la Ciencia no es investigar la esencia de las cosas sino las relaciones entre los fenómenos observables. Las imágenes que inventamos sobre la esencia de la materia (átomos) o de la luz (éter vibratorio) son apenas auxiliares que nos ayudan a representar los fenómenos sin obligarnos por ello a admitir su existencia real. Podemos entonces conservar la idea del éter en este sentido, lo mismo que conservamos la del átomo, aunque ésta ha alcanzado una confianza excesiva, que se está convirtiendo en certeza sobre su existencia física, con el peligro y la amenaza segura de que un nuevo descubrimiento venga a echar por tierra esa fe exagerada y coloque en su verdadero lugar de artificio matemático a la hipótesis electrónica o atómica.

(1) "El éter y la teoría de la Relatividad". Conferencia pronunciada en Leyde en 1920.