

DIALOGO SOBRE LA HISTORIA DE LA FISICA

En este diálogo sencillo sobre la historia de la física propongo hablar del estado en que se encontraba la óptica a principios del siglo XIX.

Podríamos comenzar con la construcción de microscopios y de telescopios.

— Mejor sería la consideración de la naturaleza de la luz, que Newton, había tratado como corpúsculos luminosos, hipótesis que el siglo XIX rechazó.

— ¿Sin duda para reemplazarla por la de las ondas luminosas, así como hay las ondas sonoras? ¿Y quién inició el rechazo de la teoría de Newton?

— Volvemos ahora a encontrar el caso de uno de esos sabios universales o "toderos", como familiarmente se dice, especie que va disminuyendo en favor de los especialistas. Ahora se trata de un médico inglés, nacido en 1773, muerto en 1829, llamado Thomas Young, dotado de una maravillosa intuición científica, pero poco profundizador en sus investigaciones. Era principalmente médico. En óptica experimentó con las interferencias, una de las cuales lleva su nombre, "huecos de Young".

— ¿Se trata de ese fenómeno de la disminución de la luz, al cruzarse algunos rayos luminosos?

— Sí, y fue Young quien primero lo comprobó; basta poner en presencia rayos luminosos enmanados de dos diferentes fuentes o focos. Young se sirvió simplemente de una fuente luminosa no muy fuerte, que enviaba su luz a través de dos agujeros circulares en una pantalla; la luz sale de ellos en



Dr. OTTO DE GREIFF

la forma de dos haces cónicos, que caían sobre una pantalla de papel blanco, paralela a la primera. En la región de la pantalla comprendida entre las bases de los dos haces luminosos, podían verse claramente como bandas o franjas rectilíneas, blancas, negras o de color, perpendiculares a la recta que unía los centros de las dos bases.

— ¿Y qué explicación se dio a este fenómeno?

— Esperemos un poco hasta llegar a hablar de otro físico, el francés Fresnel, a quien debemos tal explicación.

— Pero al comienzo hablábamos de la hipótesis de los corpúsculos luminosos y de su sustituto, la de las ondas luminosas. ¿Volvemos a ello?

— También un poco más adelante, al hablar del mismo Fresnel. Ahora ocupémosnos de otro punto muy interesante de la óptica, el de la llamada polarización de la luz. Con esto habremos de referirnos a otro sabio francés, Esteban Malus. Al estudiar el fenómeno de la doble refracción...

— Recuerdo vagamente en el curso de física que se trata de un cristal llamado espato de Islandia, en el que la luz, al quebrarse dos veces en este cristal especial da dos imágenes en vez de una.

— Justamente; pues Malus miró alguna vez la luz del sol a través de un espato, pero no directamente sino después de reflejarse en unos ventanales. Y observó con sorpresa que sólo se veía una imagen, pero que al girar el cristal, esa imagen desaparecía mientras aparecía la otra en reemplazo. Esto ocurría solamente con la luz reflejada por las ventanas, no con la luz directa del sol. Así descubrió el curioso fenómeno llamado de la polarización de la luz.

— Esta curiosa observación debió suscitar inmediatamente el interés de los otros físicos contemporáneos.

— Naturalmente, pero de modo puramente experimental, y mostrando la

ineficacia de la teoría newtoniana de los corpúsculos. Se pensó entonces volver a la vieja y abandonada hipótesis de las ondas luminosas.

— ¿Y quién inició tal retorno?

— No se trataba de restablecer la hipótesis abandonada, sino fundamentarla sólidamente para poder destronarla de Newton. Un ingeniero llamado Agustín Fresnel, destituido y dedicado a la vida campestre, sin mayores elementos, y con dos espejos, desde entonces llamados Espejos de Fresnel obtiene notables franjas de interferencia, fenómeno que explica cabalmente con la teoría ondulatoria. Hacia 1819 la teoría ondulatoria parece definitivamente victoriosa.

— ¿Y lo de la polarización de la luz cómo la explicó?

— A Fresnel se le ocurrió que las vibraciones luminosas se producen, no en la dirección de la propagación, sino perpendicularmente, es decir que son transversales y no longitudinales.

— Es el mismo ejemplo clásico de la piedra que se arroja al agua, formando ondas de agua; una hoja que flota no es transportada alejándose del punto en que cayó la piedra, sino que sube y baja, siempre a la misma distancia de dicho punto.

— Exactamente. Y gracias a esta simple hipótesis complementaria los fenómenos de la luz polarizada y de la doble refracción se explicaron suficientemente dentro de la hipótesis de las ondas luminosas.

— Al parecer muchos fenómenos aislados antes, dentro de la óptica, pudieron ser expuestos dentro de un concepto homogéneo?

— En verdad la teoría de las vibraciones transversales lo aclaró todo.

— Y continuamos con el tema. Veíamos que ya la óptica no era una ciencia fragmentada en aspectos aparentemente disímiles sino algo homogéneo y unido. Fresnel, al restablecer la teoría ondulatoria la había fortalecido mate-

máticamente. Pero recordemos que entonces, y hasta relativamente no hace mucho tiempo, se mantenía otra teoría, la del éter o fluido imponderable que llena los espacios interestelares, y que no se acomodaba muy bien a la transmisión de las ondas.

— Pero posteriormente ha habido, sin duda, cambios en la teoría sobre la luz? Pero en términos generales se mantiene la teoría de Fresnel para la explicación de casi todos los fenómenos ópticos. Agreguemos que, cargado de honores, Fresnel no cejó en su labor, idéanos los llamados lentes escalonados para los faros; agotado por su labor gigantesca, murió a los treinta y nueve años, en 1827, habiendo nacido, por consiguiente en 1788.

— Con esto, supongo, dejaremos por ahora la óptica...

— No tal. Nos queda por mencionar al gran astrónomo Herschel, aunque su figura encaja mejor en el siglo anterior, ya que nació en 1738; pero, a comienzos del siglo XIX, en 1802, al mover un termómetro a lo largo del espectro solar, observó que continuaba calentándose al colocarlo más allá del rojo, como si recibiera una luz invisible. Herschel pensó que se trataba de calor radiante.

— Y se trataba, me imagino, de los llamados rayos infrarrojos.

— Justamente, una luz invisible y con extrañas propiedades. Y poco después el sabio alemán Ritter y el inglés Wollaston comprobaron que la acción química de la luz continuaba ejerciéndose más allá del otro extremo del espectro, del violeta.

— O sea los rayos ultravioleta...

— Y algo más; desde Newton se creía que el espectro solar era continuo, del rojo al violeta, sin interrupciones. También en 1802 Wollaston observó ciertas rayas oscuras distribuidas irregularmente. Pero, respetuoso hacia el dogma de Newton, no les prestó mayor atención.

— Supongo que esto condujo al asombroso descubrimiento de las llamadas rayas del espectro, que permiten caracterizar por ellas los diversos elementos químicos.

— Y fue un óptico alemán, Fraunhofer, quien se interesó de veras por la cuestión, haciendo una carta o catálogo de casi seiscientas de estas rayas, y sentando las bases para el mencionado análisis espectral, que vendría más tarde.

— Y en punto a aplicaciones prácticas, nos trajo algo la óptica de este tiempo?

— Algo y mucho! Simplemente el invento de la fotografía... Desde mucho antes se buscaba poder fijar en un papel o cosa parecida la imagen formada en un aparato óptico, en un antejo o en un microscopio. Como el cloruro de plata se ennegrece con la luz, se buscó aprovechar esta propiedad.

— Pero había el problema de fijar de manera definitiva este efecto.

— A ello se dedicó un sabio viejo, arruinado en investigaciones de motores de combustión interna. Había nacido en 1765, y se llamaba Nicéforo Niepce. Su procedimiento consistía en utilizar betún de Judea disuelto en agua de lavándula o espliego para embadurnar con ello una placa, la que habría de llamarse después placa fotográfica, que colocaba en el fondo de una cámara oscura. Después de algunos ensayos obtuvo ciertos resultados; pero la persona retratada necesitaba estar quieta y al sol, por no menos de seis horas.

— Pero el nombre primitivo de la fotografía, el daguerrotipo, no indica que se llamaba Daguerre el inventor de la fotografía?

Ocurrió que Niepce, en 1829, cuatro años antes de su muerte en 1833, se asoció con un pintor llamado Luis Daguerre, nacido en 1789, para continuar sus investigaciones en común. Pero, muerto Niepce sin llegar a resultados prácticos, Daguerre reemplazó el betún

por yoduro de plata, obteniendo en 1838 los primeros daguerrotipos bien logrados, con tiempo de exposición apenas de tres a cuatro minutos.

— Este invento debió, necesariamente causar una profunda sensación....

— Naturalmente, como que para conservar el recuerdo de las personas sólo se disponía, lujo que muy pocos podían darse, del recurso de posar ante un gran pintor de retratos.

— Es de suponerse que en los comienzos de la fotografía no podría obtenerse sino un solo ejemplar, sin copias.

— Efectivamente, y sobre una placa metálica; después se expuso en el aparato fotográfico, sucesivamente, una placa de vidrio, una hoja de papel o una película revestida con una capa sensible a base de sales de plata; la imagen latente, invisible, formada por la luz en esta capa sensible, aparecía en el curso del tratamiento llamado desarrollo por medio de un baño apropiado, el revelador, seguido de la fijación, o proceso de eliminación de las sales que quedaban después del desarrollo.

— Y se obtenía así la imagen negativa tan familiar desde entonces.

— Con la cual, y con procedimientos que a casi todos son familiares, se podían después obtener cuantas copias positivas se requiriesen. Pero ya nos hemos detenido sucesivamente en la electricidad y la óptica de comienzos del siglo XIX, y ya es tiempo de pasar a otras ramas de la física, y luego a las demás ciencias.

— En los cursos de física se acostumbra dividir esta ciencia en partes muy separadas: mecánica, calor, acústica, óptica, electricidad... Pero en nuestra historia de la ciencia en lo que llevamos de los comienzos del siglo XIX, aparecen mezclados el calor y la mecánica en la transformación de la energía que permitió utilizar el calor como fuerza motriz...

— Hoy esta ciencia se estudia más en conjunto, pues todas sus partes están muy relacionadas. Pero volvamos a la termodinámica, de cuyo desarrollo empezamos a hablar en la charla anterior.

— Y dejamos en los estudios del Conde de Rumford, ex-soldado norteamericano, sobre la medición del calor como energía. ¿Quién los prosiguió?

— En 1842 un físico alemán llamado Julio Roberto Mayer publicó la relación de un experimento que hizo en una fábrica de papel. La pulpa contenida en una gran caldera, agitada por un mecanismo accionado por un caballo. Midiendo el cambio de temperatura lo comparó con la fuerza mecánica desarrollada por el caballo. Pero más atento a su oficio de médico, no precisó sus observaciones, dejando el honor de medir exactamente lo que se ha llamado equivalente mecánico del calor a un físico inglés, de nombre James Prescott Joule (Yul), escrito J, O, U, L, E.

— Hay una unidad eléctrica dedicada a él, con este nombre, joule, que muchos castellanizan diciendo "julio".

— El experimento de Joule consistió en disponer un recipiente con agua, en cuyo centro había un eje giratorio con paletas. Su movimiento se lograba por un peso exterior que se deslizaba en una polea. Sin una figura aclaratoria no es fácil darse cuenta del mecanismo, por otra parte muy sencillo.

— Pero se comprende que el trabajo de este peso producía alza de temperatura en el agua...

— Joule anunció el resultado de su experimento con estas palabras: "El trabajo logrado por el peso de una libra al descender 772 pies, en Manchester, hace subir un grado Fahrenheit en una libra de agua".

— ¿Y con esto comenzó realmente la ciencia de la termodinámica?

— Sadi Carnot, ya lo vimos, fue su precursor. Con Joule se fijaron sus leyes, la primera de las cuales se enun-

cia más o menos con las mismas palabras de Joule. La segunda sería: "El calor no va por sí solo de un sitio frío a uno más caliente". Lo que podría también expresarse diciendo que "Es imposible transformar calor en energía mecánica sin que haya una disminución de calor".

— ¿Y qué otros nombres hay famosos en la termodinámica, en estos años?

— Otro norteamericano, como el Conde de Rumford, pero ya adelantándonos un poco, o más bien bastante, a la primera mitad del siglo XIX, y sólo para concluir con este tema. Era del estado de Connecticut, pero mientras sus paisanos lo desconocían, era famoso en Alemania. De nombre Josiah Gibbs, nacido en 1839 y muerto ya en nuestro siglo, en 1903, y uno de los grandes precursores de la ciencia moderna.

— ¿Y cuál fue su obra principal, algún tratado científico o un famoso descubrimiento?

— Valdría la pena leer lo que dice un reciente comentador de la obra principal de Gibbs, llamada "Sobre el equilibrio de las sustancias heterogéneas".

— Dice así este concepto: "Vemos aquí un fenómeno casi sin paralelo en la historia de la ciencia. Un investigador joven, tras de descubrir una rama de la ciencia enteramente nueva, dio en un solo informe una exposición completa de la misma que contiene en germen todos los progresos realizados por la química teórica durante un cuarto de siglo". Bien, pero no veo qué tenga que ver esto con la termodinámica...

— Tenemos que ver algo antes sobre un término muy usado en esta ciencia, la entropía. No es un concepto ciertamente fácil de captar. Se define la entropía como la cantidad de calor recibida o cedida por un cuerpo, dividida por la temperatura absoluta de éste. Esta noción permite expresar de otro modo la segunda ley de la termodinámica:

La entropía de un sistema aislado.

— ¿Es decir, no sujeto a influencias exteriores en cuanto a su temperatura?

— Exactamente. Repito: La entropía de un sistema aislado puede solamente o aumentar o mantenerse constante.

— La cuestión es un poco oscura; no hay cómo aclararla un poco?

— Si dentro de agua caliente se echa un trozo de hielo, no es de esperarse que el calor del hielo vaya hacia el agua, enfriándose el hielo bajo cero, y calentándose el agua hasta el punto de ebullición. Habría descenso de entropía.

— Tengo la idea de que esto de la entropía entra en varias aplicaciones modernas, con la refrigeración de las neveras, o el aire acondicionado.

— Sí, pero nos adelantamos demasiado a tiempos casi actuales. Gibbs era hombre retraído y taciturno, al contrario de Lord Kelvin, nacido en 1824, quince años antes. Su teoría principal en el campo que ahora nos ocupa, era que si bien la energía se transforma sin agotarse, la energía útil va disminuyendo sin cesar.

— ¿Algo como lo que se llama pérdidas por fricción en las máquinas?

— Justamente, y sin las cuales podría concebirse la quimera del movimiento perpetuo, ilusión con la que soñaron muchas gentes del pasado, y con la que aún sueñan algunas. Esto nada tiene que ver, al parecer, con el calor. Pero explica un poco este punto confuso.

— Al continuar con la física en los comienzos del siglo XIX, y luego de haber visto electricidad y óptica, qué sigue ahora: mecánica, acústica, calor?

— Pues hoy hemos de tratar sobre una parte mixta, en la que se combinan mecánica y calor en una sola palabra que se explica por sí sola.

— Termodinámica, sin duda, o sea el aprovechamiento del calor como fuerza, o forma de energía. Y ya había-

mos visto en el siglo anterior el invento y el paulatino perfeccionamiento de la máquina de vapor.

— Pero se trataba de un invento, práctico sin duda, cuyos fundamentos científicos no se habían establecido suficientemente. Los mejores especialistas no sabían que camino coger para mejorar su rendimiento. Y la teoría que faltaba era la naciente ciencia (o rama de la física) de la termodinámica. Sólo habrá de aparecer realmente hacia 1840. Pero tuvo un ilustre precursor en el físico francés Sadi Carnot, nacido en 1796 y muerto, muy joven, en 1832. Era hijo de Lázaro Carnot, famoso militar y hombre de estado, y un sobrino suyo, también llamado Sadi fue mucho después presidente de Francia.

— Padre y sobrino son sin duda, o fueron, mucho más conocidos del público que el sabio.

— Es lo que suele ocurrir. Pero volvamos al físico, quien sólo escribió una breve obra, Reflexiones sobre la Potencia Motriz del Fuego y las Máquinas propias para el Desarrollo de esta Potencia. Carnot señaló en ella la necesidad de emplear una fuente cálida y otra fría, de las que dependía (y no de agentes exteriores) la potencia motriz de la máquina. A esta ley se la llamó Principio de Carnot. Y la máquina de vapor fue estudiada en su esencia, en su estructura básica, prescindiendo de elementos accesorios. Atendiendo a ambas fuentes se podría en lo sucesivo mejorar el rendimiento, o idear máquinas de tipos muy diferentes, pero basadas en el mismo principio.

— ¿Y porqué se habla de Carnot como precursor, simplemente?

— Porque su trabajo, tal vez por llegar con mucha anticipación, pasó inadvertido. Muerto durante una epidemia de cólera, su gloria vino a ser póstuma, cuando otros continuaron sus investigaciones. Y hay algo más: en sus notas Carnot enunció el otro gran principio de la termodinámica, el de la conser-

vación de la energía, dando un valor aproximado de lo que después habría de conocerse como equivalente mecánico del calor.

— Y a quién o a quiénes tocó seguir la obra de Sadi Carnot?

— Aunque nos adelantemos un poco a la parte primera del siglo XIX, vale la pena continuar con este punto, para no dejarlo inconcluso o interrumpido por un tiempo. En el siglo anterior un físico escocés que ya mencionamos de pasada hace tiempos, James Black expuso la idea de que el calor era un especie de fluido imponderable, es decir, de gas sin peso, al que llamó justamente "calor", como nuestra palabra española derivada del latín. Al penetrar en los cuerpos, elevaba su temperatura. Al mezclar iguales cantidades de agua hirviendo y de agua helada encontró que la temperatura de la mezcla era el promedio de las temperaturas iniciales, de lo que dedujo que el exceso de calor en la primera, se distribuía equitativamente entre ambas partes.

— ¿Por lo tanto fue este Black el primero en medir el calor como energía? ¿Cuál era para él la unidad de medida?

— La cantidad de calor necesaria para hacer subir un grado Fahrenheit una libra de agua. Al introducirse el sistema métrico decimal, la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado, un gramo de agua, se llamó caloría a esta unidad.

— Pero volvamos a nuestro siglo XIX, y a la continuación de las investigaciones interrumpidas por la prematura muerte de Carnot.

— Un soldado norteamericano llamado Benjamín Thompson, más tarde ciudadano inglés, tuvo la idea de que el calor es como el movimiento interno de un cuerpo material, y no una sustancia especial, como pensaba Black. Su carrera militar fue brillante, y al reorganizar el ejército alemán recibió el

título de Conde de Rumford. Todo ello sin abandonar sus preocupaciones científicas sobre la naturaleza del calor. No veía cómo el calor parecía proveniente de nada, de la fricción, por ejemplo, sin transformación química alguna. Y llegó a hacer experimentos, sin resultado, para ver qué diferencia había entre el peso de un mismo cuerpo a diferentes temperaturas.

— Con lo cual, según entiendo, estaba de acuerdo con las más modernas teorías.

— Pero había que llegar hasta Einstein para probarlo. El Conde de Rumford acabó por preguntarse, con sus propias palabras: “¿Qué es el calor? No puede ser una sustancia material. Parece difícil si no casi imposible, imaginarme el calor como algo distinto de lo que en este experimento se producía continuamente en el trozo de metal, al aparecer el calor, o sea un movimiento”.

— ¿Y a qué experimento se refiere Black en este pasaje suyo?

— Al observar, en una fábrica alemana de municiones, la perforación de la boca de un cañón, se preguntó por qué el metal, hierro colado, se calentaba de tal modo, especialmente si el taladro estaba roto. Pensó en la posibilidad de que los cuerpos materiales tienen mayor capacidad de fluido calórico cuando están en una gran masa que cuando están fragmentados.

— Y allí fue cuando el soldado norteamericano transformado en Conde de Rumford no pudo comprobar diferencia ninguna en peso de la masa sólida primitiva y de las limaduras resultantes.

— Pero este tema de la termodinámica, de la correspondencia entre el calor y la mecánica, nos da todavía para otro diálogo.

