

Max Planck y el nacimiento de la Teoría Cuántica (II)

A finales del siglo XIX Wien aventuró una fórmula para relacionar la intensidad de radiación, con la longitud de onda y la temperatura en el Cuerpo Negro. La fórmula ajustaba razonablemente bien los resultados experimentales en rango de bajas frecuencias, (el que se conocía experimentalmente) es decir, para los colores amarillo, naranja y rojo, pero contenía un absurdo: de ser cierta, la intensidad total de la radiación emitida por el cuerpo negro sería infinita. (Catástrofe Ultravioleta).

Esta paradójica situación hizo que se diseñaran experimentos para investigar cual era el comportamiento de un cuerpo negro a más altas frecuencias. Los experimentos se hicieron en Charlottesburg, muy cerca de Berlín, en los antiguos palacios que el emperador había cedido, en su afán por incentivar la ciencia, al recién creado Instituto Imperial de Investigación Técnico-Física. Pronto se vio que a estas frecuencias la fórmula propuesta por Wien fracasaba estrepitosamente.

En Inglaterra, entre tanto, Lord Rayleigh propuso una fórmula para el mismo problema. Lo curioso es que esta tenía un comportamiento opuesto a la de Wien: se ajustaba bien a altas frecuencias, pero era completamente inservible a las bajas.

En los últimos días del verano de 1900 Planck trabajó en una fórmula que tuviera lo mejor de las de Wien y Rayleigh, y ninguno de sus inconvenientes. A modo de interpolación entre las dos escribió una fórmula que parecía (y en verdad lo era) correcta con todas las medidas experimentales. Presentó la fórmula en la reunión de la Academia de Berlín el 19 de Octubre de 1900, y lo hizo como lo que era: un mero cálculo de interpolación.

A partir de ese día comenzaron las seis semanas más extenuantes de la vida de Planck. La fórmula estaba bien, pero no tenía justificación y el tozudo Planck se aprestó a encontrarla. Reexaminó de todas las formas posibles los cálculos, y siguiendo los pasos clásicos encontraba indefectiblemente la (errónea) ley de Wien. En sus cálculos tenía que sumar la energía para todas las frecuencias de cada uno



Planck y Einstein.

de los componentes que constituían la cavidad. Ese proceso aparentemente sencillo, matemáticamente una integral, era una de las claves del cálculo. Recordó que en los trabajos de Boltzmann (su opuesto intelectual) a menudo tenía que hacer operaciones similares, pero, como trabajaba con entidades discretas, usaba sumas en lugar de integrales. En un acto de desesperación, Planck ensayó a suponer que la energía no era una función continua de la frecuencia como requiere la Física Clásica, sino que estaba distribuida en paquetes (cuantos) proporcionales a la frecuencia ($E=nh\nu$). Sustituyendo en sus cálculos las integrales (sumas sobre continuo) por sumas de entidades discretas (al modo que lo hacía Boltzmann) apareció, con toda exactitud, la fórmula correcta, previamente propuesta por él mismo. Al final del otoño berlinés, un exhausto Planck presentó en la Academia sus razonamientos que contenían, por primera vez en la historia, la hipótesis del cuanto de energía, base de todo nuestro conocimiento sobre la materia a escala microscópica.

La sorprendente hipótesis no despertó excesivo interés, recordó Planck. En buena parte porque él tampoco hizo el

énfasis necesario. Le parecía un descubrimiento tan sobrecogedor que no quiso arriesgar en su defensa hasta tener otras pruebas más contundentes. Durante los años siguientes volvió repetidamente sobre sus cálculos, perfeccionándolos y aclarando muchos pasos intermedios para intentar entender qué grado de realidad física contenía esa discretización (cuantización) de la energía. Planck además, no era claramente consciente de que para la resolución del problema, había tenido que echar mano de las técnicas de Boltzmann, su adversario intelectual. El suicidio de éste en 1906, le causaría el amargo pesar de no haber reconocido su deuda para con él.

Entre los años 1905 y 1910 otros (Einstein, Debye, Rutherford..) usaron su hipótesis con éxito para explicar sistemas microscópicos. Pronto se hizo evidente que virtualmente todo el microcosmos, y la propia naturaleza de la luz, requerían para su comprensión de la hipótesis de Planck. En 1918 recibió por ello el premio Nobel de Física.

El viejo Planck entornó sus ojos arrepentido de recordar la alegría de sus éxitos. Su carrera académica continuó por senderos de gloria. Situado en el corazón de la poderosa Física alemana de entreguerras presidió la Academia de Ciencias hasta que su discurso oponiéndose a la política antisemita en presencia del mismo Hitler acarrearó su destitución fulminante en 1933.

Su corazón volvió a estremecerse pensando en las guerras, las terribles guerras que había vivido. Recordó los tambores de los ejércitos austriacos marchando sobre su ciudad natal Kiel en el gélido norte, que reaparecían una y otra vez en sus pesadillas. Revivió la tragedia de la Primera Gran Guerra en la que murió en combate su hijo más joven.

Y mucho más cercano en el tiempo, sintió vívida y profundamente la pesadilla del nazismo, el desprecio y la humillación personal de los largos años desde el ascenso al poder de los nacionalsocialistas, la inutilidad de su resistencia y, sobre todo, las horribles torturas y ejecución de su hijo Erwin a manos de la GESTAPO por su participación en el atentado contra Hitler de junio de 1944.

En esa postura esperó la muerte que, como una liberación, le alcanzó en el otoño de 1947.

Luis Vega.
Facultad de Física de la Universidad de La Laguna.

GOETHE y los colores de la naturaleza (II)

Puesto que Goethe rechaza limitar el estudio del cromatismo a su fundamento óptico su Teoría de los colores abarca el estudio del tema desde el punto de vista físico, químico, fisiológico y psicológico. Siguiendo el ejemplo de la Enciclopedia tendrá en cuenta las técnicas de los tintoreros, los fabricantes de pintura y los propios pintores. Investiga, según la preceptiva de Bacon, las variaciones experimentales de las variables que intervienen en la descomposición de la luz, como las dimensiones del prisma, los ángulos de refracción y los ángulos de incidencia, la distancia de proyección y la inversión de la observación mirando desde el prisma hacia la fuente de luz. Su objetivo es alcanzar el experimento-tipo que permita interpretar todos los casos como variaciones posibles del modelo. Además de estudiar cómo se originan los colores, explicará sus interrelaciones de oposición y de proximidad, sus afinidades, y cualidades como su fuerza, su estabilidad, su luminosidad. Una parte de la obra puede ser calificada de auténtica psicología de la percepción. Ciertos fenómenos, hasta entonces considerados como engaños ópticos, son interpretados por Goethe como mecanismos del ojo para efectuar ajustes perceptivos, tales como la compensación de sensaciones excesivamente intensas, la corrección de errores perceptivos, la mediación entre sensaciones muy diferentes o la integración de percepciones incompletas. Incluye finalmente un capítulo sobre la influencia de los distintos colores sobre el tono vital y los estados de ánimo. Su afán de exhaustividad le lleva a interesarse, incluso, por la manera en que la lengua segmenta el campo de los colores mediante las

diversas palabras que los nombran.

La posición de Goethe respecto a la Naturaleza se halla más cerca de Rousseau, con quien comparte la idea del mundo como construcción humana, del historicismo de Herder y de la espiritualidad de Hamann, que de la Naturphilosophie, que con Schelling a la cabeza lo considerará uno de sus precursores: para él la unidad y armonía naturales deben ser el resultado de la investigación fenoménica, pero no un presupuesto de partida. Goethe discutirá por extenso con Schiller un tema muy kantiano: cómo debe ser la relación entre la experiencia y la idea en la investigación científica, cuál debe ser la mediación entre la intuición concreta y el concepto ideal. Llegará a la conclusión de que la propia experiencia fundamenta la teoría que la describe. Otro aspecto que le interesa sobremanera en el quehacer científico es la relación entre lo subjetivo y lo objetivo, que poco después el joven Hegel convertirá en uno de los ejes de su Fenomenología del Espíritu. Goethe se inclina por mantener la necesaria tensión entre ambas dimensiones, lo que justifica su rechazo tanto de la supuesta objetividad pura de la mecánica newtoniana como de la introspección romántica, ejemplificada por Fichte y Schelling, que pone al yo como exclusivo fundante de la Naturaleza.

En el acercamiento de Goethe a la ciencia, como en el resto de su producción literaria, su formación neoclásica e ilustrada, su tendencia al orden y la forma, pesa más que sus atisbos románticos, su valoración del dinamismo de la acción y la fuerza. Es comprensible su desagrado, tanto frente a la deriva de los románticos hacia lo infinito y lo ilimi-

tado, como frente a los conceptos newtonianos de espacio y tiempo absolutos. Del mismo modo tampoco acepta la realidad de los conceptos newtonianos de luz absoluta y oscuridad absoluta, a los que considera como meros ideales regulativos; prefiere desarrollar el concepto de turbiedad, como cualidad del campo luminoso que va desde la transparencia hasta la opacidad. Goethe descubrirá que también la Naturaleza tiene historia y eso no encaja muy bien con el estilo de la ciencia mecanicista, igual que no encajará con el estilo científico positivista que se impondrá en Europa en la segunda mitad del siglo XIX. Considera la actividad científica como una aproximación a la Naturaleza mediante técnicas, principios e hipótesis, pero que no puede olvidar que es un proceso continuo, no sólo porque cualesquiera procedimientos son susceptibles de mejora, sino porque constantemente aparecen nuevos hechos que modifican o amplían el panorama anterior. Goethe se detiene incluso a considerar la influencia del carácter personal en los modos de hacer ciencia, reconociendo que es un factor que interviene en que algunos se planteen la representación de los fenómenos naturales desde el punto de vista de su génesis y otros desde su causalidad mecánica o su formalización matemática. Y como sagaz observador de la vida social no se le escapa que buena parte de los modos de hacer ciencia de los individuos responde a la influencia de los patrones científicos institucionales y académicos vigentes.

Sergio Toledo Prats
Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia