

AC 14 32

mayores de 25 años, introducción a las ciencias físico-naturales, los principios de incertidumbre y cuantificación, guión número 19. Una comisión de diputados encargada de dictaminar sobre la instalación de las centrales atómicas se da cuenta tras una primera reunión de que los conocimientos que poseen sobre el tema atómico son escasos. El Parlamento les envía un grupo de científicos que serán los encargados de despejar las mentes de estos representantes de la soberanía popular.

En consecuencia, pronto se inician los contactos entre los diputados y los profesores Cleist, Dupont y García Pérez. Tras intentar explicar a los diputados que representan al Parlamento de la Federación de Pueblos de Europa qué es el átomo y la estructura del mismo y ante su actitud dubitativa, los científicos deciden seguir adelante con las explicaciones considerando que una penetración mayor en el tema de la física permitirá, quizás, un entendimiento más claro de sus principios generales. ¡Señores, señores, señores! ¡Un poco de orden! ¡Un poco de orden en la discusión! Así no se va a ninguna parte.

La verdad es que no nos hemos enterado de nada. Llevamos dos horas largas y aquí no hay quien se entienda. ¿No podríamos volver a la primera parte de la explicación? No creo que podamos.

Llevamos demasiado retraso ya y no les queda mucho tiempo para hacerse con una visión de conjunto del problema. Más vale enterarse de poco y enterarse bien. Pero no es tan complicado como parece.

Fíjese, las partículas, desde el punto de vista de la constante de Planck... ¡No, por favor, no empecemos! ¡Dejáoselo! ¡Un momento de atención! ¡Un momento de atención, por favor! Miren, señores diputados, puesto que no disponemos del tiempo suficiente para volver atrás, intentaremos ir un poco más despacio. Y tendrán que ser más claros, si no, no hay solución. Prometido.

Deseo hablar un momento con mis colegas a solas. Bien, colegas, hay que hacer algo. Los señores diputados han perdido pie.

¿Querrá usted decir que se han ahogado? Veo que haremos el informe nosotros solos. De eso nada. No nos pagan para hacer esas cosas.

Seguiremos con las explicaciones, eso sí, pero más despacio y que retengan lo que puedan. Aunque después tengamos que echarle un vistazo al informe. Ya lo decía yo.

No se preocupe, García Pérez, todo saldrá bien. Dios lo quiera. Bueno, volvamos a la sala.

Comienzo yo. Bien, señores, volvemos a empezar y les prometo que iremos más despacio. Miren ustedes, como la materia está constituida por un gran número de partículas, que son los

átomos, las moléculas, los iones, etcétera, y además esas partículas son muy pequeñas, puesto que hay del orden de 10^{20} por cada centímetro cúbico, no serviría de mucho por ahora un estudio sistemático de cada una de esas partículas.

Entonces vamos a estudiar los macrosistemas. Quiero aclarar que los macrosistemas están constituidos por un número muy grande de partículas o microsistemas idénticos. Sí, y el problema que se plantea es saber si el determinismo clásico es aplicable a esos microsistemas.

Es decir, si la lógica clásica es aplicable al microcosmos. O si los resultados y las descripciones que nos da la física clásica, por ejemplo la de la materia visible, son extrapolables, aplicables al microcosmo. Fue Werner Heisenberg el primero que se dedicó a aplicar los métodos ordinarios de investigación, observación y medida a los fenómenos que se realizan a escala atómica.

Y pronto se dio cuenta de que aplicando los métodos ordinarios alteraba la realidad que observaba. He aquí un ejemplo. Supongamos que deseamos determinar la posición exacta de un electrón.

Para lograrlo podemos intentar iluminarlo con luz visible. Con lo que lo ubicaremos. Lo situaremos en el espacio y en el tiempo.

Pero aquello de la luz visible no es posible. La experiencia resulta negativa ya que con luz visible no es posible identificar a dicho electrón. Entonces se utilizará una luz de menor longitud de onda.

Con esta luz sí se produce interacción entre el fotón que enviamos y el electrón que pretendemos localizar. Pero, y esto es importantísimo, durante la interacción resulta que se ha producido un intercambio de energía entre ambas partículas. Con lo cual el momento lineal del electrón varía y no podemos saber entonces cuál era la velocidad del mismo antes de producirse la interacción.

Lo que ocurre en realidad es que con otra observación posterior mediríamos la velocidad del electrón después de su choque con el fotón. Resumiendo, destruimos parte de la información cuando observamos o cuando medimos. Y se ha llamado a este fenómeno el principio de incertidumbre de Heisenberg.

Pero esto en la realidad diríamos palpable no ocurre. En efecto, nuestra impotencia puesta de relieve por Heisenberg para determinar a la vez la posición y la velocidad de una partícula no se revelará de manera alguna a escala macroscópica. No obstante, el principio de incertidumbre establece que la imprecisión con la que determinamos la posición de una partícula y la imprecisión en la determinación en la correspondiente componente de la velocidad, o mejor, la imprecisión de la correspondiente componente del momento lineal de dicha partícula, es igual o mayor a la constante de Planck dividida por dos pi.

Entonces, ¿hay forma de saber hasta dónde llega esa incertidumbre? Evidentemente, gracias a la constante de Planck. Por ejemplo, si conocemos la posición de un electrón con una precisión

de una micra, su velocidad sería alterada en diez kilómetros por segundo. Tengan ustedes en cuenta que las consecuencias de este principio de incertidumbre de Heisenberg son enormes.

En efecto, en la física clásica todas las magnitudes relativas a un sistema pueden determinarse simultáneamente con un grado de precisión que sólo depende del grado de precisión de nuestros instrumentos de observación y de medida. En la microfísica, no. Este principio de incertidumbre de Heisenberg constituye uno de los pilares básicos de la física moderna.

Un buen resumen del principio de incertidumbre lo hallamos en la obra *La lógica del descubrimiento científico*, de Karl Popper. Toda medida física implica un intercambio de energía entre el objeto medido y el aparato medidor. El intercambio de energía alterará el estado del objeto, el cual después de la medición será distinto.

La medida da, pues, el conocimiento de un estado que ha sido precisamente destruido por el mismo proceso de medida. Esta interferencia del proceso de mensuración y del objeto medido puede ser insignificante en el caso de objetos macroscópicos, pero no en el caso de objetos atómicos. Vamos a analizar ahora el otro pilar básico con el principio de incertidumbre de Heisenberg de la física actual, a saber, el principio de cuantificación.

Les hemos dicho en anteriores sesiones de trabajo, señores diputados, que el modelo más sencillo de un átomo es aquel que supone que está constituido por un núcleo rodeado por un conjunto de electrones que giran alrededor de éste en diferentes órbitas. Algo así como los planetas que giran alrededor del Sol. Exactamente, un sistema planetario.

Ahora bien, con esta imagen de modelo planetario no es posible explicar algunos hechos. Primero, al desplazarse los electrones a lo largo de sus órbitas deben de perder energía en forma radiante, por lo tanto, y en virtud de la conservación de la energía no podrían permanecer indefinidamente en la misma órbita. Además, resulta que la historia de los átomos que constituyen un sistema es diferente para cada uno de ellos, y no obstante, conservan su identidad de unos con otros.

Es decir, que emiten los mismos cuantos de radiación, originan las mismas reacciones químicas, etcétera. En mecánica clásica, y volviendo a la idea expresada antes acerca del sistema planetario, todas las órbitas de los planetas alrededor de una estrella como el Sol, son en principio posibles. Pero en los átomos, al emitir siempre el mismo cuanto, es necesario que el electrón pase de una órbita concreta a otra también concreta.

Más claramente, el número de órbitas es limitado, y la transición de una a otra tiene lugar a saltos, o en forma discreta. Este es el principio de cuantificación de Planck, que establece que, siempre que en un sistema físico realicemos la medición de cierto observable A, por ejemplo, la energía mecánica de un electrón cortical, obtenemos diversos valores, A1, A2, hasta ANN, y dicho conjunto de valores experimentales posibles para la medición de A, recibe el nombre de espectro discreto de valores propios. ¿Nos podría usted dar un ejemplo concreto? Desde luego, un ejemplo les clarificará las ideas.

Veamos, si medimos, por ejemplo, los niveles energéticos de un átomo de cesio, el cesio es un metal alcalino, y tomando el estado normal de energía como energía nula, tendremos los siguientes valores, 0, 1,38, 2,3, 3,8 eV, lo cual significa que cuando a un átomo de cesio que se encuentra en su estado normal o fundamental, le proporcionamos una energía inferior a 1,38 eV, el átomo no absorbe ninguna parte de esta energía, aceptando tan solo los 1,38 eV. Sin embargo, no es esta la única cantidad de energía que puede aceptar, y puede aceptar exactamente paquetes o cuantos de energía como 2,3 y 3,8 eV. Es que no me sitúo.

¿Qué es el estado normal o fundamental? Verá usted, el estado llamado normal o fundamental es aquel en que se encuentra el átomo antes de aceptar cualquier energía de excitación. Sobre él se encuentran los diversos estados excitados separados en cantidades discretas. Es que si a un átomo se le bombardea con fotones de energía suficiente, es posible arrancar un electrón cortical.

Y se dice entonces que el átomo está ionizado. Y a la energía necesaria para que el átomo esté ionizado, se le llama energía de ionización, simplemente. Y puesto que estaban ustedes tan entusiasmados con la analogía con un sistema planetario, les diremos que esto correspondería a llevar al planeta concreto a una órbita de radio infinito.

Vamos a rematar esta parte con permiso de todos. Los valores discretos que toman los estados energéticos son función de un número entero N , llamado número cuántico, que fue establecido por primera vez por Bohr en el átomo de hidrógeno. Tengan ustedes en cuenta que dando a N todos los valores posibles, desde cero hasta el infinito, obtendremos los distintos estados energéticos de los átomos.

Y quiero indicar para terminar, señores, que cuando un átomo emite un fotón, la frecuencia del mismo es precisamente proporcional a la diferencia de energía entre el estado inicial y el final, siendo la constante de proporcionalidad la constante de Planck. ¿Han comprendido ustedes? Bueno, sí, pero eso de los paquetes no exactamente. Verán ustedes, y esto servirá de resumen para la sesión de trabajo.

Un átomo absorbe o emite radiación electromagnética en forma de paquetes o cuantos de energía bien definida, y solamente así. Gracias, profesora Dupont. Si no necesitan más aclaraciones, podemos levantar la sesión por hoy.

Colega, ¿cree usted que esto tenga mucho que ver con las centrales atómicas? No sé, no sé. Creo que estos científicos se han tomado eso de nuestra información demasiado en serio. Ya sabe usted eso de que sin la base mínima no se puede edificar nada.

Sí, sí, sí, pero de ahí a hacernos prácticamente volver a la escuela... Hasta eso tiene sus encantos. Yo recuerdo que cuando salía de mi instituto, me precipitaba a la salida del instituto de chicas. ¡Qué tiempos aquellos! Diga, ¿cree usted que pasaría algo si fuésemos a tomar algo por ahí y nos metiésemos en unos futbolines? Si nos vea alguien de la oposición... Pero esos no van a los futbolines, digo yo.

Cierto, cierto. Colega, vamos para allá, que no siempre se puede volver a la adolescencia por los viejos tiempos.