

La física de la materia condensada en Trieste

por John M. Ziman, F.R.S.

Puesto que hoy día aproximadamente el 40% de la actividad de investigación en la física moderna se refiere a la física de los sólidos y los líquidos, era lógico que estos temas constituyesen desde fecha temprana una parte importante del programa del Centro Internacional de Física Teórica de Trieste. Hace ya casi diez años que se organizan cursos superiores de estudio ("cursos de invierno") y cursillos de investigación en el Centro de Trieste para participantes tanto de los países en desarrollo como de las principales naciones industrializadas.

Desde un punto de vista científico, el título "Física del estado sólido" es en cierto modo demasiado estricto para designar esta actividad, ya que la afinidad entre los estados líquido y sólido como fases de la "materia condensada" es en sí misma de la mayor importancia teórica. Debe reconocerse también que esta disciplina, en la forma en que se estudia en muchos departamentos académicos de física, acaso no se distinga de los trabajos que se realizan bajo el nombre de metalurgia, ciencia de los materiales, cristalografía, física química o química física. Una nota importante del programa del Centro de Trieste en física de la materia condensada es que no trazamos límites rígidos e inflexibles en torno a esa disciplina, sino que admitimos que la naturaleza conoce mejor que los administradores académicos las fronteras intelectuales naturales de la investigación y la enseñanza.

En este mismo espíritu, hemos adoptado la opinión de que no debe existir una delimitación regurosa e inmutable entre el análisis formal de la teoría matemática y las técnicas de observación y experimentación. En conjunto, la física de la materia condensada no es una "ciencia superior", que requiera grandes recursos financieros, si bien el equipo fundamental de microscopía electrónica, espectrometría, etc. no es siempre barato. Quedan aún muchos campos en los que un aparato verdaderamente simple y sin complejidad puede dar todavía resultados científicos valiosos, lo que hace de nuestra disciplina una materia sumamente apta para la investigación en las universidades e instituciones de los países en desarrollo.

Además, se trata de una disciplina muy bien elaborada en el aspecto teórico, con una literatura rica y profunda que entraña, a veces, el empleo de conceptos matemáticos muy avanzados. Por lo tanto, es de la mayor importancia para el físico experimental que se lanza a la investigación en esta esfera estar bien informado sobre las últimas teorías y su interpretación. Los fenómenos físicos y químicos que pueden observarse incluso en una muestra minúscula y simple de materia condensada en estado cristalino, vítreo o líquido, son tan diversos que tal observación solo puede ser valiosa para la ciencia si está guiada por una sólida base teórica y cuantitativa.

En consecuencia, la finalidad esencial del programa de cursos de invierno es dispensar ese género de formación, en un campo muy extenso, no solo a los físicos teóricos profesionales sino también a los dedicados a la experimentación en las mismas ramas de la ciencia. Por supuesto, sería preferible también disponer de grandes instalaciones experimentales en el Centro, para la capacitación y las demostraciones prácticas en las diversas técnicas

El Dr. Ziman es catedrático de Física de la Universidad de Bristol.

de la física del estado sólido, pero esto es algo completamente quimérico en las circunstancias actuales.

El programa de cursillos de investigación tiene una finalidad un tanto distinta, que es brindar la ocasión de realizar trabajos avanzados de investigación a físicos muy capacitados en la teoría del estado sólido procedentes de países en desarrollo, en estrecha colaboración con científicos de alto rango que vienen a Trieste unos pocos meses al año. Debe admitirse que, al principio de este programa, solo encontrábamos pocos físicos teóricos del estado sólido en los países en desarrollo capacitados para tomar parte en la investigación a este nivel, y estábamos un poco decepcionados por los resultados alcanzados. Pero estos resultados han mejorado rápidamente en los últimos años y las publicaciones de los investigadores de Trieste constituyen una contribución valiosa a la literatura científica mundial en la materia.

Con motivo de la elaboración del programa, los miembros del Comité asesor sobre la materia condensada han tenido ya oportunidad de viajar por muchos países y conocen personalmente a los investigadores más destacados en esa disciplina de todos países en desarrollo de todas las regiones del mundo. Ha sido muy reconfortante comprobar la madurez alcanzada por buen número de científicos y grupos de investigación, que ahora actúan, prácticamente, por propia iniciativa y gozan de excelente reputación en su campo.

Otra característica importante de la física de la materia condensada es la gama completa de temas que abarca, desde los problemas más teóricos y fundamentales como la superfluidez de los isótopos del helio líquido, hasta los verdaderamente prácticos como las propiedades mecánicas de los materiales usados en ingeniería. Para percatarnos de la importancia de esta rama de la física en la tecnología moderna solo tenemos que recordar el transistor y toda la industria basada en la electrónica del estado sólido que se ha derivado del mismo.

Pero la física de la materia condensada tiene otras innumerables aplicaciones de importancia creciente — por ejemplo, los sistemas de telecomunicación basados en la transmisión óptica a través de fibras de vidrio, o los materiales magnéticos y estructurales enteramente nuevos, tales como los metales vítreos. Aunque no creemos que sea misión del Centro de Trieste dispensar una capacitación avanzada en las tecnologías de interés práctico, siempre hemos opinado que no deben descuidarse ni velarse las conexiones entre la ciencia pura y sus aplicaciones. Por lo tanto, en todos nuestros programas hemos procurado no solo dar una buena base teórica al trabajador en la investigación aplicada, sino también brindar una iniciación en las nuevas aplicaciones más interesantes a los teóricos, de orientación más académica.

Creemos que esta amplitud de miras es muy importante para un científico de un país en desarrollo que acaso sea la única fuente de autoridad intelectual y conocimientos técnicos en un amplio campo de la ciencia y tecnología modernas, y sienta la gran responsabilidad de poner su trabajo de investigador al servicio del desarrollo económico e industrial de su país. Al escribir para el *Boletín* del Organismo Internacional de Energía Atómica, apenas necesito señalar que los trabajos de investigación y desarrollo relativos a la energía nucleoelectrónica tienen en gran parte como tema las propiedades de los materiales en las condiciones sumamente extremas y poco usuales existentes en los reactores de potencia — un problema típico de los que inciden tanto en la vertiente teórica como en la experimental de nuestra disciplina.

Dado el extenso campo que cubre la ciencia de la materia condensada, no tratamos de mantener un programa fijo que abarque todos los aspectos de la misma cada año. Así pues, los cursos de invierno bienales versan sobre temas especializados: la difracción neutrónica, las propiedades de los sólidos cristalinos imperfectos, la física y química de superficies, la interacción de la radiación electromagnética con la materia, etc. En cada ocasión al seleccionar los temas del programa, hemos procurado, mirando hacia el futuro, optar por los

que tenían probabilidades de adquirir importancia tecnológica o fundamental en los años venideros. En el curso sobre la ciencia de las superficies, por ejemplo, se reunieron en el Centro de Trieste, casi por primera vez en el mundo, expertos destacados en muy diversos aspectos de las propiedades de las superficies para trabajar en cuestiones tan variadas como la difracción de electrones de baja energía, las ondas de superficie, los procesos electroquímicos e incluso las propiedades de las superficies biológicas.

El OIEA ha publicado las conferencias desarrolladas en este curso de invierno, en dos volúmenes que constituyen una introducción única a una ciencia y tecnología con repercusiones valorables en miles de millones de dólares si se piensa en la corrosión química, el fraccionamiento catalítico del petróleo, la electricidad estática, los sistemas electrónicos de comunicación, la producción de energía solar, etc., por no hablar de la gran vitalidad de este tema, rama en rápido desarrollo de la física y la química fundamentales.

Se observará por esta descripción del programa del Centro de Trieste relativo a la ciencia de la materia condensada que hemos desechado una concepción estrecha de la física teórica y que no consideramos que la misión del Centro sea solo la de una institución puramente académica de la que no quepa esperar fruto para la humanidad sino al cabo de años y años, una vez que los nuevos conceptos teóricos fundamentales se hayan abierto paso gradualmente hasta la actividad y tecnología industriales. Mantenemos firmemente la creencia de que la investigación fundamental no puede vivir simplemente centrada en sus objetivos internos, sino que debe, por su propio bien y por el valor de lo que produce, integrarse en el marco general de la tecnología adelantada, la industria y el desarrollo económico. Hay que recalcar que no adoptamos esta opinión simplemente por razones de oportunidad, sino porque creemos que es esta la dinámica genuina de la disciplina que está profundamente arraigada no solo en las grandes revoluciones intelectuales resultantes de la moderna teoría cuántica en la primera mitad de nuestro siglo, sino también en los descubrimientos realizados gracias a la experiencia práctica con metales y semiconductores, vidrios y líquidos. En nuestra opinión, es absolutamente esencial transmitir a los participantes en los cursos de invierno, y a los que con tanto entusiasmo personal trabajan en los cursillos de investigación del Centro, esta fecunda combinación de hechos concretos y teoría abstracta, ciencia fundamental y aplicación útil, que forma el verdadero espíritu de nuestra disciplina. Creemos que esto es especialmente importante mientras la física del estado sólido y otras ciencias conexas se implantan en las nuevas instituciones de los países en desarrollo y se revisten de la tradición que ha estimulado el progreso de las diversas disciplinas.

Como ya he hecho observar, una particularidad del programa del Centro de Trieste referente a la materia condensada es que está estrechamente relacionado por lazos personales con programas de índole similar en diversas regiones del mundo. Por ejemplo, hemos mantenido estrechos vínculos, facilitando conferenciantes, con varias reuniones del Simposio latinoamericano sobre la física del estado sólido y con otros simposios especializados reunidos en la India y Pakistán. De este modo, gracias a los contactos personales con los científicos, tanto en Trieste como en sus propios países, hemos creado una especie de comunidad internacional de físicos del estado sólido en una serie de países que están, hasta cierto punto, aislados de las principales corrientes científicas de los países adelantados. Atribuimos a la creación de esta red humana la misma importancia que a otro elemento más formal, el contenido científico del programa de conferencias e investigaciones del que somos responsables.

En las observaciones anteriores he utilizado el pronombre personal en plural al referirme al Comité asesor sobre el estado sólido cuyos miembros son los siguientes:

Profesor G.F. Chiarotti
Roma (Italia)

Profesor F. Gautier
Estrasburgo (Francia)

Profesor F. García-Moliner
Madrid (España)

Profesor L. Falicov
Berkeley, California
(Estados Unidos de América)

Profesor N. March
Imperial College, Londres (Reino Unido)

Profesor S. Lundqvist
Goteborg (Suecia)

Profesor Dr. H.G. Reik
Friburgo (República Federal de Alemania)

Profesor J. Ziman, FRS
Bristol (Reino Unido)

Como presidente de este comité quisiera poner en claro que no pretendemos constituir un grupo representativo de todas las ramas de la disciplina ni de todas las naciones del mundo. Se trata de un comité de *trabajo*, cuyos miembros han sido elegidos por la sencillísima razón de que estaban dispuestos a laborar personalmente, aunque fuera sacrificando gran parte de su tiempo y de su tranquilidad, por el bien del Centro de Trieste durante años. Por supuesto, no pretendemos poseer toda la experiencia necesaria para organizar los programas en un campo tan vasto de la física pero podemos, desde luego, recabar el concurso de expertos destacados en cada materia y, en efecto, hemos recibido la ayuda más abnegada e inteligente de todos aquellos a cuyos servicios hemos recurrido.

La función del comité consiste en planear detalladamente las actividades prácticas de los conferenciantes y de investigación, año tras año en Trieste, y actuar como organizadores administrativos en el escenario de esas actividades, una vez iniciadas. Como resultado de nuestra larga experiencia y dedicación personal al trabajo del Centro durante casi un decenio, hemos podido mantener un programa coherente y armonioso que se desarrolla y modifica gradualmente conforme a las necesidades y madurez creciente de la física de la materia condensada en los diversos países del mundo. Esperamos que se nos concedan los recursos necesarios para continuar y mejorar este programa durante buen número de años en el futuro.

TEMAS DE LOS CURSOS DE INVIERNO

3 de octubre a 16 de diciembre de 1967

Curso internacional sobre teoría de la materia condensada

12 de enero a 10 de abril de 1970

Curso de invierno sobre la teoría de los sólidos cristalinos imperfectos

10 de enero a 15 de abril de 1972

Curso de invierno sobre los electrones de los sólidos cristalinos

16 de enero a 10 de abril de 1974

Curso de invierno sobre ciencias de las superficies

14 de enero a 26 de marzo de 1976

Curso de invierno sobre la interacción de las radiaciones con la materia condensada