

Landau: su vida y su obra*

EVGUENI LIFSHITZ**

Es un gran honor y un motivo de satisfacción hablarles acerca de Lev Davidovich Landau. Con esto quiero rendir un tributo a la memoria del gran hombre y gran científico, que fue mi maestro y un cercano amigo durante 30 años. No es fácil compartir algunas impresiones sobre una persona tan extraordinaria como Landau, en el breve tiempo de una conferencia. Esta labor será más difícil puesto que estoy hablando en una lengua que no es mi idioma materno ni tampoco el de ustedes.

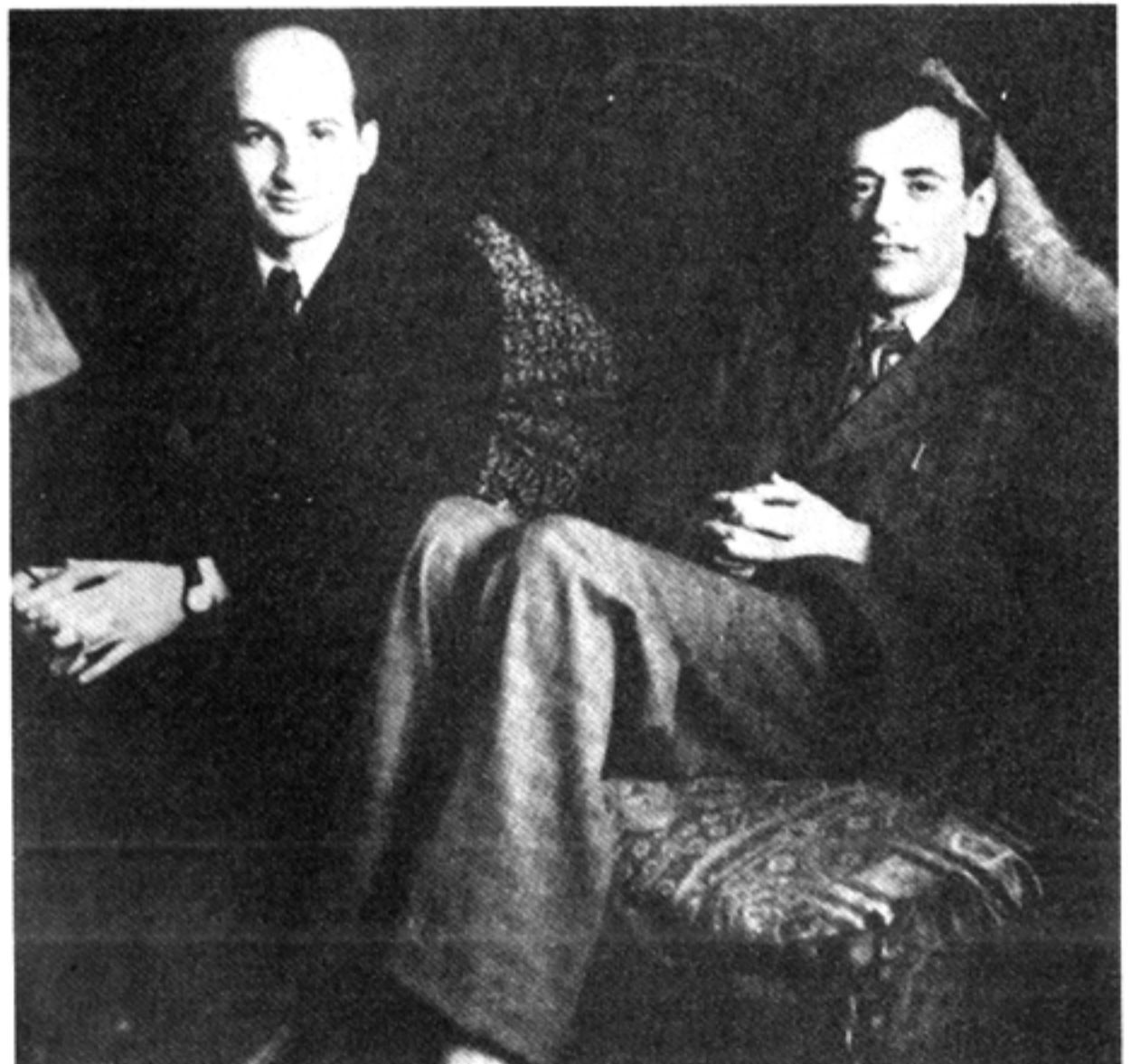
Es un motivo de gran placer que se me haya dado la oportunidad de dictar esta conferencia en el marco de los seminarios dedicados a Nishina. El nombre de Nishina tiene un significado especial para mí, ya que uno de los primeros artículos en física teórica que leí, fue hecho precisamente por este científico, en colaboración con Klein; en dicho artículo aparece una fórmula muy conocida: la fórmula de Klein y Nishina de la dispersión de fotones por electrones. Además, el primer artículo que publiqué —hecho en colaboración con Landau— versaba en el área de la electrodinámica cuántica, en procesos estrechamente relacionados al trabajo de Nishina y Klein: la producción de un par electrónico (un electrón y un positrón) durante la colisión de partículas pesadas. Quienes trabajan en electrodinámica cuántica, saben que los procesos de creación o de aniquilación de partículas, se abordan con la teoría de perturbaciones de segundo orden, pues la aproximación a primer orden no da ningún resultado.

A lo largo de mi vida, he estado rela-

cionado con dos personalidades distinguidas: la primera es, desde luego, Landau y la segunda es Kapitsa. Quiero decir algo sobre este último. Ayer leí en el periódico *Japan Times* que Kapitsa murió. Es una gran pérdida para mí y también para mis colegas y amigos. Kapitsa jugó un papel muy importante en el destino de Landau, no sólo como científico sino también como ser humano. Quiero decir que este año celebramos un doble aniversario: los 90 años de su nacimiento y el 50 aniversario del Instituto de Problemas Físicos, que fue creado y dirigido durante largo tiempo por el propio Ka-

pitsa. Desafortunadamente ya no será lo mismo sin su presencia.

Kapitsa fue una persona excepcional aunque con características distintas a las de Landau. Fue una persona con un carácter de acero; cuando se fijaba una meta nunca se quedaba a medio camino, siempre trataba de llegar a ella sin desviarse de sus objetivos. Fue también una persona con mucha firmeza. En la vida todo el mundo tiene épocas difíciles y evidentemente Kapitsa no fue una excepción pero era en esos momentos cuando mostraba cabalmente su energía.



Lifshitz y Landau (1948).

* Conferencia dictada en la Universidad de Tokio el 13 de abril de 1984, dos años antes de su muerte. Traducción de Gerardo Ruiz.

** Academia de Ciencias de la URSS.

Más adelante volveré a hablar de él, cuando me refiera a la superfluidez, tema que abordó en estrecha colaboración con Landau.

Pero volviendo ahora al tema original de esta plática, recordemos que Landau murió el primero de abril de 1968. Su vida estuvo dramáticamente dividida en dos partes: la primera época termina en 1962, el día en que viajaba en automóvil entre Moscú y Dubna (donde se encuentra el Instituto de Investigaciones Nucleares). La carretera estaba cubierta de hielo y el auto patinó, estrellándose contra un camión que iba en dirección opuesta. El camión chocó justo en el lugar donde iba sentado Landau y de las cuatro personas que viajaban en el automóvil la única que sufrió heridas graves fue él. Perdió la conciencia inmediatamente y así permaneció por un lapso de tres meses. Los sucesos posteriores constituyen una verdadera epopeya, ya que gran parte de la comunidad de físicos —comenzando por sus estudiantes y sus colegas—, trataba de ayudar por todos los medios a los médicos, en la desesperada lucha por salvarle la vida. Fueron cientos los que colaboraron en esa muestra de amistad y solidaridad. Se formó un comité especial en el que colaboraron más de doscientas personas, que incluía desde estudiantes universitarios de licenciatura y posgrado, hasta miembros de la Academia de Ciencias. Todos ellos llegaban al hospital continuamente para saber de qué manera era posible ayudar a los médicos y cómo se podía apoyar en la obtención de equipo médico.

Al final, después de tres largos meses, él recuperó la conciencia, pero ya nunca fue lo mismo. Nunca recuperó todas sus aptitudes mentales y nunca más volvió a ocuparse de la física. Landau murió seis años después, pero esos seis años son la historia de la prolongación de una vida miserable y llena de penurias; pero de eso no voy a hablar ahora. Sólo quiero mencionar cuáles eran los ánimos de aquellos que trataron de salvarle la vida. Por ejemplo, hubo un momento, cuando fue evidente que Landau dependía de aparatos de respiración artificial; surgió entre este grupo de personas la idea de construir tales aparatos en los talleres del Instituto de Problemas Físicos. Quiero decir que eso era innecesario e ingenuo, pero fue una idea asombrosamente espontánea (a final de cuentas el aparato para respiración artificial fue obtenido en el Instituto para el Estudio de la Poliomiélitis). Esto era característico del estado mental de los que querían salvarle la vida.

Ahora voy a contarles algunos detalles de la vida de Landau. Nació en Bakú, que era el centro de la industria petrolera. Su padre fue un ingeniero petrolero y su madre fue médico. Sus aptitudes se revelaron desde muy temprana edad: entró a la universidad a la edad de 14 años y se tituló a los 19 en Leningrado. Recuerdo que decía en broma que no se acordaba de la edad cuando aún no era capaz de derivar e integrar.

Fue muy importante para Landau la posibilidad de viajar al extranjero. Estu-

vo durante año y medio colaborando con Niels Bohr en el Instituto de Física Teórica de Copenhague. Durante esa época Bohr se formó una gran imagen sobre Landau. Cabe decir además que desde entonces sus concepciones físicas estarían conectadas con la escuela de Copenhague de la física teórica.

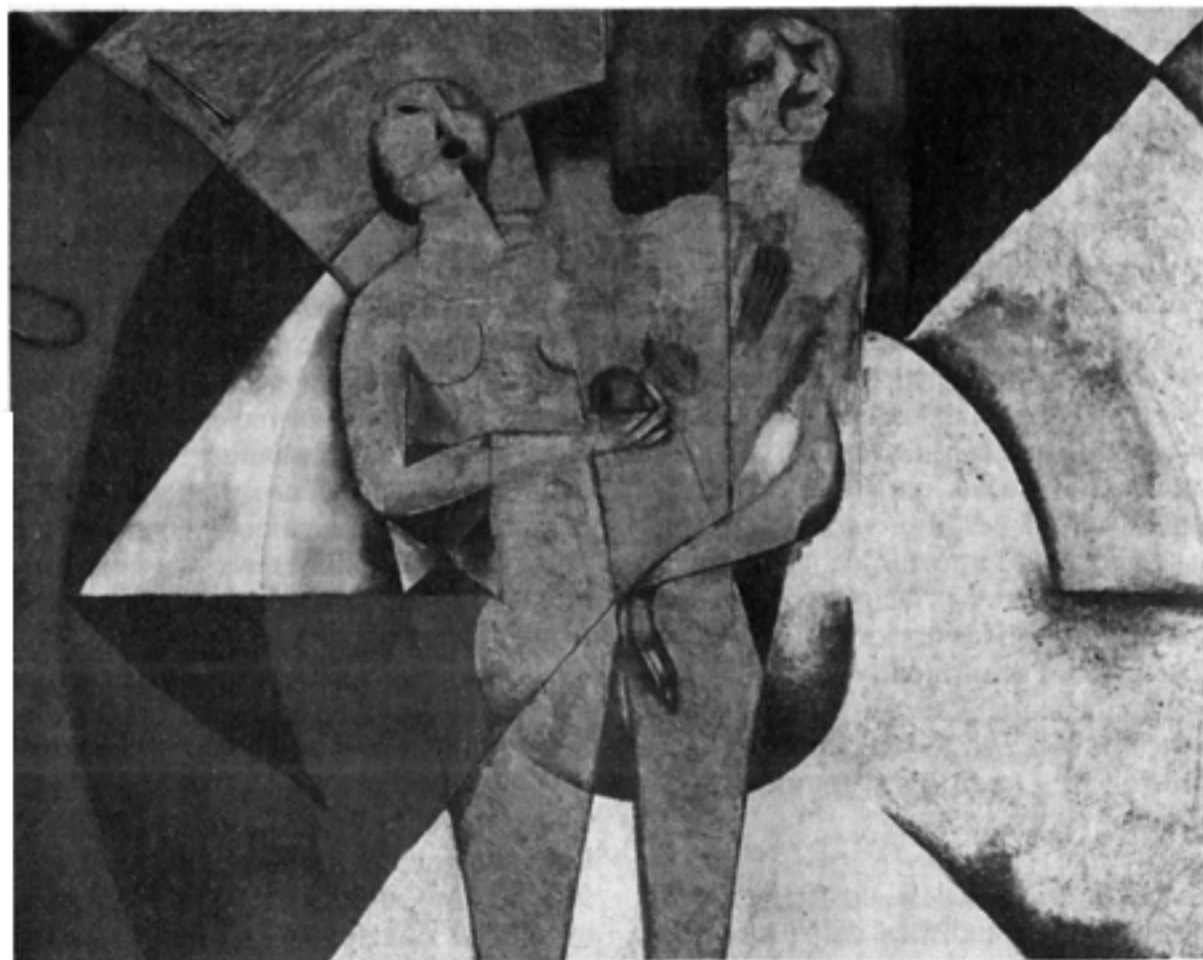
Cuando estudiaba, lo hacía con tal interés que, inclusive durante la noche, no podía olvidar las fórmulas y no podía dormir. Eso le sucedió cuando leyó por primera vez los artículos de Schrödinger, Heisenberg y de los otros creadores de la mecánica cuántica; lo mismo pasó cuando estudió los artículos de la relatividad general.

Cuando se refería al principio de incertidumbre y a la curvatura del espacio-tiempo, él decía que eran los más grandes logros del genio humano, es decir, el hombre puede comprenderlos pero la imaginación se queda pequeña al vislumbrar sus alcances. Por el contrario, la física del siglo XIX fue hecha por grandes personalidades, que imaginaron los alcances de sus teorías.

Después de regresar del extranjero Landau se trasladó a Jarkov, donde permanecería entre 1932 y 1937; fueron años muy productivos, en los cuales comenzó a crear su propia "escuela" en el campo de la física teórica y de la que hablaré más adelante. A comienzos de 1937 se fue a trabajar al Instituto de Problemas Físicos en Moscú, a invitación expresa de Piotr Kapitsa, donde residió hasta el final.

Durante su juventud fue muy tímido, lo que le causó muchos problemas para entrar en contacto con la gente. Finalmente él desechó esta actitud y se convirtió en un hombre muy alegre. Era una persona que tenía una rara capacidad de estar contento. En verdad es muy poca la gente que conocemos que permanezca alegre, aún en los tiempos difíciles de su vida.

Su manera de trabajar era muy singular: nunca se sentó a trabajar en un escritorio. Trabajaba recostado en un sofá. Además, en el Instituto de Problemas Físicos no tenía cubículo. En el Instituto habían dos o tres cuartos que ocupaban los miembros del departamento de física teórica. Él no tenía un cubículo especial, sin embargo su sitio de trabajo le gustaba mucho y vivía en un departamento que se ubicaba en el propio campus. Yo no lo puedo imaginar sin estar contento cuando estaba trabajando. Le alegraban todas las cosas en la vida y en la ciencia.

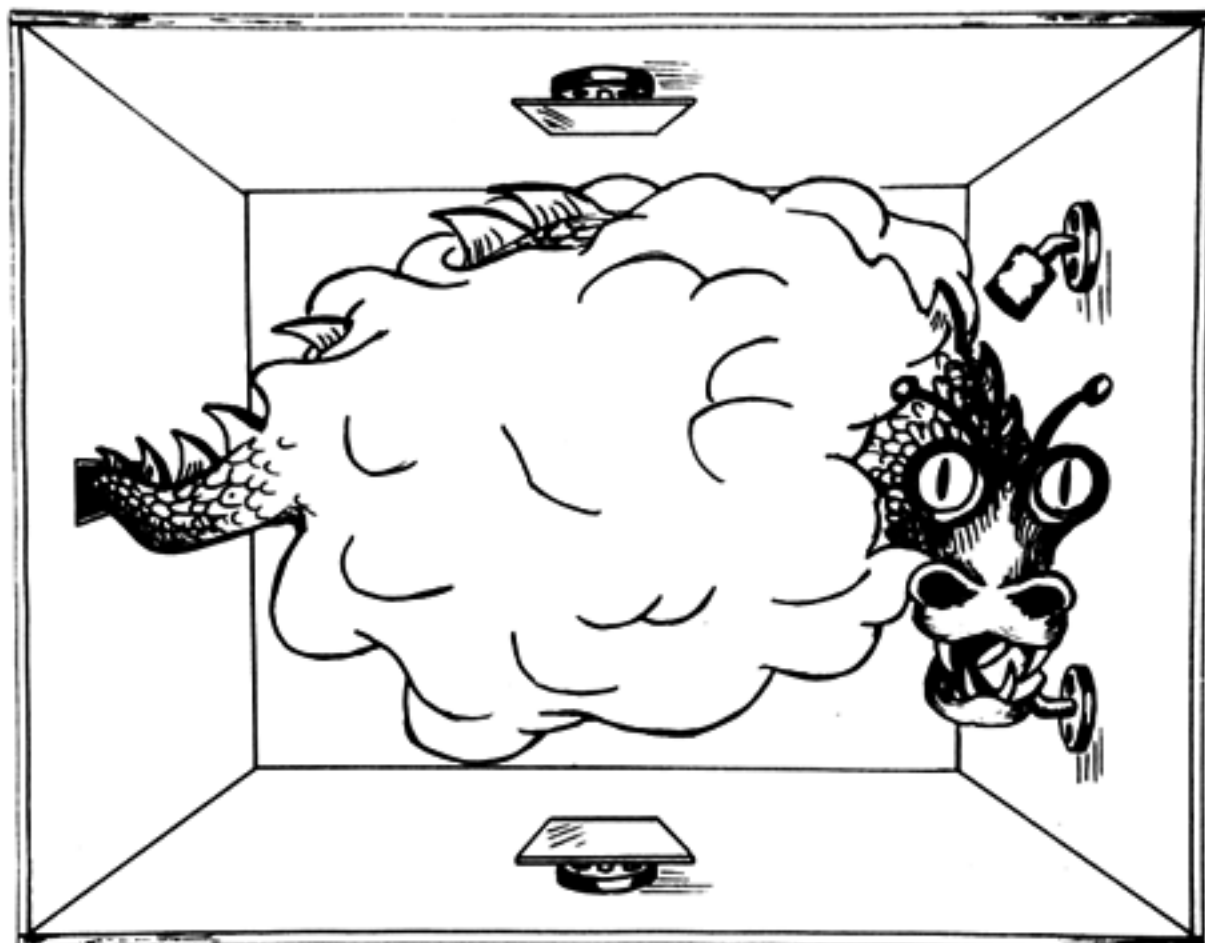


No me es posible dar un relato completo de las contribuciones que Landau hizo en la ciencia, sin embargo, voy a intentar hacer un somero repaso. Lo más característico de su creación teórica fue la universalidad. Hizo contribuciones muy importantes en todas las ramas de la física, desde la mecánica de fluidos hasta la teoría cuántica. En nuestra época cada vez es mayor la especialización y, por lo mismo, con el paso del tiempo, se produjo una divergencia en la trayectoria de sus discípulos. Sin embargo, él mantenía una visión unificada de todo, ya que siempre tuvo un asombroso interés en cualquiera de las ramas de la física, tanto en la actividad de los físicos experimentales como en la de los físicos teóricos.

Quiero decir que sus contribuciones más importantes están contenidas en la colección de sus artículos; existe una versión de 1969 en ruso, que fue precedida por una edición en inglés, publicada por Pergamon Press, en 1965. Contiene 100 artículos, una cantidad que tal vez no sea grande de acuerdo a los cánones actuales. Desde luego, quizá hubiera sido necesario agregar muchos más, por ejemplo, los que fueron publicados por sus discípulos y en los que él participó de alguna manera, aunque haya sido sólo con sus ideas, ya que cabe señalar que justamente ésta fue una de las partes más importantes de su trabajo.

Más adelante voy a enumerar algunos de sus artículos, pero no puedo hablar de todos, sino que mencionaré sólo los más importantes. Su trabajo editorial recibió comentarios favorables por parte tanto de sus discípulos, como de sus colegas e inclusive de científicos de otros países. Un físico norteamericano que nunca conoció personalmente a Landau, elogió la colección de sus artículos. Se trata del profesor Mermin de la Universidad de Cornell, quien es conocido en el área del estado condensado y que actualmente trabaja en las teorías de la superfluididad y la superconductividad. En una reseña publicada en 1971 por la revista *Physics Today*, se afirma que es posible comparar el volumen de los artículos selectos de Landau con la colección de obras de Shakespeare o con la totalidad de las obras de Mozart. La reseña dice lo siguiente: "El voluminoso libro *The Collected Papers of L. D. Landau*, mueve los sentimientos de la misma manera que lo hacen las obras de Shakespeare o el catálogo *Köchel* de W.A. Mozart. La grandeza de la obra de un hombre parece increíble".

Ahora voy a tratar de enumerar cuántas



El "dragón fumador" de Wheeler que simboliza el "fenómeno cuántico elemental" de Bohr.

les son sus mayores contribuciones a la física.

a) *En mecánica cuántica*, en los años veinte introdujo —ahora sabemos que lo hizo en forma simultánea a Von Neuman— el concepto de matriz de densidad. Neuman introdujo la representación de coordenadas y Landau la representación de energías, hoy sabemos que es lo mismo. Hay también un artículo muy importante publicado junto con Peierls en 1930, su título es: *La extensión del principio de incertidumbre a la teoría cuántica relativista*. En los años treinta él fue el primero en estudiar y comprender el principio de incertidumbre, tal como lo conocemos ahora. En la electrodinámica cuántica no-relativista, existe el principio de incertidumbre, que afirma que siempre habrá una inexactitud al medir simultáneamente coordenadas y velocidades. Entonces, sólo se puede decir que una partícula se encuentra entre dos estados. En el artículo a que se hace referencia, se establece que no se puede medir ninguna cantidad relacionada a la interacción de las partículas, y que las únicas cantidades observables, son la polarización y el momento de las partículas libres. Éste es el principio fundamental que subyace en las nociones de matriz de dispersión. Por otra parte, a mitad de los años cincuenta, Landau escribió varios artículos sobre la forma asintótica de la función de Green, para fotones y electrones.

b) *En física nuclear*, en 1937 desarrolló la teoría estadística del núcleo, que

tiene ahora una aplicación generalizada y que se conoce de una manera distinta a como fue formulada originalmente. Desarrolló además la teoría de la producción múltiple de partículas por la colisión de partículas pesadas. En uno de sus artículos dedicados a la física nuclear, puede verse con nitidez una de sus grandes virtudes: sus métodos físicos no estaban ligados a una rama en particular. En dicho artículo se puede apreciar su amplio dominio de la física teórica y de los métodos matemáticos. Él siempre consideró que la física teórica, era una ciencia cuyas partes están unificadas, y que es posible hacer uso de los métodos de una rama en otra diferente. Por ejemplo, el artículo entra completamente dentro del dominio de la física nuclear, pero él usó métodos de la mecánica de fluidos, de la hidrodinámica relativista.

c) *En física de plasmas*, una contribución muy importante es la ecuación cinética de Landau. Ésta es una ecuación para un gas de partículas con carga eléctrica. La otra contribución se conoce como amortiguamiento de Landau. En un artículo demuestra que, incluso en un plasma sin colisiones, hay amortiguamiento. Es interesante conocer la historia de cómo y por qué se llegó a este resultado. En verdad, yo no recuerdo muy bien. En 1955 apareció un trabajo importante de cierto físico soviético que versaba sobre la ecuación del plasma sin colisiones. Este físico trató de encontrar las soluciones de la ecuación, haciendo suposiciones arbitrarias. Landau demostró que las suposiciones no tenían funda-

mento y resolvió el problema de otra manera.

d) *En hidrodinámica*, obtuvo resultados importantes antes de comenzar a escribir el volumen de nuestro curso de física teórica, dedicado a la mecánica de fluidos. La mecánica de fluidos era algo que usualmente abordaba. Debo decir que él dedujo de manera personal, numerosos resultados ya conocidos. En el curso de las demostraciones, obtuvo algunos resultados nuevos, que fueron publicados en varios artículos. Por ejemplo, encontró la forma asintótica de las ondas de choque lejos del punto donde se producen. También a él se deben aspectos nuevos relacionados con el importante problema del surgimiento de la turbulencia.

e) *En astrofísica*, en un artículo que data de 1932, Landau obtuvo un resultado simultáneamente con Chandrasekhar, es difícil saber cuál de los dos lo hizo primero, lo que en realidad carece de importancia, ya que cada uno lo hizo de manera completamente independiente. Landau derivó la fórmula, conocida como límite de Chandrasekhar-Landau, para la masa crítica en el caso de una enana blanca. En otro artículo, publicado en 1937, introdujo la noción de estrella de neutrones, demostrando que, bajo ciertas condiciones, la materia de la estrella debe estar constituida únicamente de neutrones.

f) *En materia condensada*, Landau hizo aportaciones importantes. La primera contribución, que data de 1930, cuando él tenía 22 años y la realizó durante su estancia en Cambridge, es la relativa al diamagnetismo de los metales. Él fue quien calculó los niveles de energía de los electrones en un campo magnético —que ahora se conocen como niveles de Landau. Esto no sólo es importante en los metales, sino que también lo es en diversos problemas del estado sólido. También fue el primero que introdujo la noción de estado antiparamagnético. Landau no supo de la existencia de un artículo publicado en 1932 sobre el mismo tema. Este resultado lo obtuvo durante su estancia en Jarkov, y se debe a su estrecho contacto con los físicos experimentales. En aquella época ya se había creado el laboratorio de bajas temperaturas, dentro del Instituto Físico-Técnico de Jarkov, que en su tiempo fue uno de los mejores del mundo. Chutnikov y Landau, hicieron un trabajo muy importante para explicar los resultados experimentales del primero, introduciendo en él la noción de estado antiparamagnético. En ese trabajo se define al estado

antiparamagnético como una fase termodinámica separada, lo que fue totalmente innovador. También se incluye la noción de temperatura de transición como la temperatura en que una fase se transforma en la otra.

Landau explicó también, lo que conocemos ahora como estado intermedio de los superconductores, que aunque ya había sido manejado por London y Peierls, su origen era todavía desconocido. Landau demostró que es una mezcla de las fases normal y superconductor.

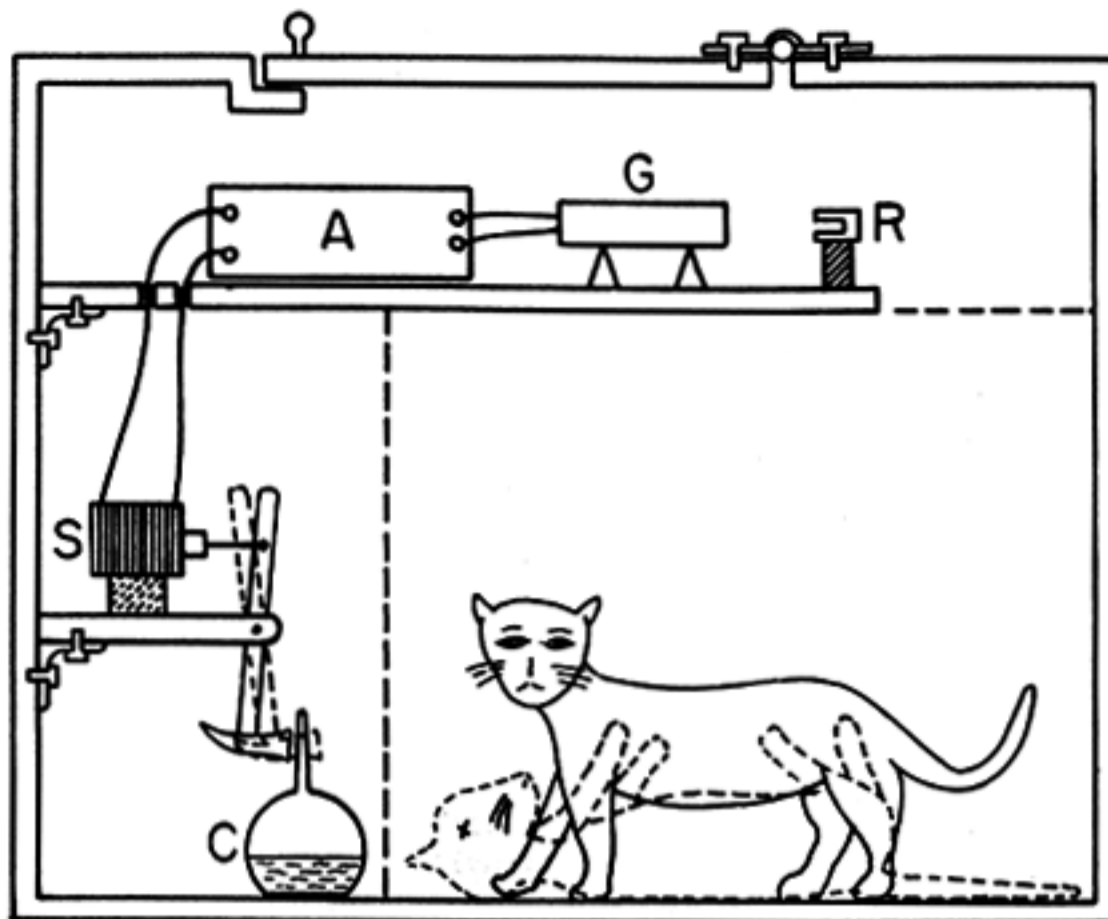
Uno de los resultados más importantes fue su teoría de las transiciones de fase de segundo orden. Esta noción fue introducida por Ehrenfest, usando el principio de que las transiciones de primer orden, segundo orden y así sucesivamente; se caracterizan porque las derivadas de primer orden, segundo orden, etc. tienen una discontinuidad. Landau demostró en un artículo, que sólo pueden existir transiciones de primer y segundo orden y además, que hay una profunda interrelación entre la existencia de una transición de segundo orden y el cambio de la simetría de la fase.

Pero desde luego, la contribución más importante de su vida científica fue la creación de una nueva rama de la física teórica, la teoría de la superfluidez (la teoría de líquidos cuánticos). En 1940 surgió la primera explicación de la superfluidez. En 1956 formuló la teoría so-

bre líquido cuántico normal de Fermi. La superfluidez la estudió en estrecha colaboración con Kapitsa. Poco antes, en 1937, Kapitsa sería el primero en descubrir el fenómeno de la superfluidez. Voy a narrar cómo sucedió esto. El trabajo experimental de Kapitsa fue verdaderamente admirable, obteniendo él solo resultados muy valiosos sobre la superfluidez, y digo él solo porque esto era algo característico en él, ya que se podía notar que casi todos los artículos de Kapitsa fueron hechos sin coautores, ya que usualmente todas las cosas las obtenía por sí mismo. Así, sus resultados sobre superfluidez se publicaron en dos o tres artículos, simultáneos a la teoría de Landau. No quiero decir que Landau concibió la teoría sin los resultados de Kapitsa y tampoco quiero decir que los resultados de Kapitsa carecieran de imaginación si no hubieran sido concebidos en estrecho contacto con un gran teórico como Landau. Éste es simplemente un ejemplo clásico de lo que se puede alcanzar con el trabajo conjunto de un gran experimental con un gran físico teórico. He mencionado a la superfluidez y por ello he mencionado a Kapitsa. Ya había dicho que Kapitsa fue un hombre excepcional, pero de un estilo diferente a Landau. Debo decir que Kapitsa también recibió el premio Nobel. Landau lo recibió en 1962 y Kapitsa en 1978, a la edad de 84 años. El premio lo recibió 40 años después de su descubrimiento. Es un periodo demasiado largo, y no recuerdo otro caso en que el comité del



Caricatura de George Gamow que muestra a Bohr hablando con Landau atado y amordazado.



La polémica de algunos físicos con la Escuela de Copenhague dio pie al surgimiento de los gatos cuánticos.

premio Nobel haya demorado tanto; en realidad fue una tardanza incomprensible.

Luego de recibir el premio de manos del rey de Suecia, el laureado da una conferencia dedicada al tema por el cual se le concede el premio Nobel. Hasta donde sé, él fue la única excepción, ya que descubrió la superfluidez mucho antes de recibir el premio y, para cuando lo recibió ya se había olvidado del tema; por eso su plática versó en dirección opuesta. En los años treinta él trabajaba en bajas temperaturas y al momento de recibir el premio estaba trabajando en el campo de las altas temperaturas, a saber, en problemas termonucleares. Esto refleja algo de su carácter, en cuanto a que no estaba atado a una rama particular de la física.

Regresando a Landau, voy a hablar más acerca de sus logros científicos. La forma de trabajo de Landau era muy diferente de los cánones usuales. Por ejemplo, la fuente de su conocimiento fue su estrecho contacto con sus discípulos y sus colegas. Eso le permitió tener una visión unificada de la física. Debo decir también que Landau era excepcionalmente crítico, y lo que es interesante, era crítico consigo mismo. Esto no era fácil, pues quería llegar al fondo de los problemas y comprender todas las cosas, esto con el fin de tener una opinión propia. Nunca hablaba sin tener fundamentos, revisaba cuidadosamente si los

datos o aseveraciones eran correctos, y sólo en caso afirmativo daba su opinión. Hubo casos en los que fue difícil convencerle, sin embargo luego de que lo convencían, él era el primero en defender los resultados. En especial esto sucedía con sus estudiantes.

Desde mediados de los años treinta Landau ya no leía ni libros ni artículos de las revistas; de hecho, todos sus conocimientos provenían de las discusiones con otras personas, y de los seminarios semanales que él conducía sistemáticamente. En los seminarios los expositores hablaban sobre su propio trabajo, o también, de la revisión de los trabajos publicados en las revistas. La elección de los artículos era hecha por el propio Landau y, al hacerla tomaba en cuenta las inclinaciones de sus estudiantes. La presentación de los artículos en los seminarios se convirtió en una obligación sagrada para sus estudiantes y colegas. Cuando se dictaba el seminario, él quería llegar al fondo de las cosas; Landau no se detenía hasta que quedaba totalmente dilucidada la esencia de la investigación y hasta que era eliminado todo rastro de lo que daba en llamar "filología" —afirmaciones no probadas o aseveraciones hechas sobre el principio "porque no puede ser de otra manera". En algunos casos él encontró lo que siempre denominó "patologías", es decir, que había un error en el trabajo o que los resultados no estaban suficientemente fundamentados. Existe un proverbio que pue-

de ser traducido del idioma ruso y que refleja más exactamente lo que Landau entendía por "filología": *Al principio no habla nada y el vacío no tiene nada*. Él sostenía que lo más peligroso para la literatura física, y que incluso ahora sigue existiendo, es la publicación de artículos en exceso y sin las bases suficientes.

Esta manera de pensar permeó su actividad como miembro del cuerpo editorial de la revista *Zhurnal Experimentalnoi i Teoreticheskoi Fiziki* (*Revista de Física Experimental y Teórica*), cargo que ocupó durante cerca de treinta años. Yo conozco toda la historia de su actuación en ese puesto. Era muy estricto cuando revisaba los artículos. Quiero dar un ejemplo al respecto. Sucedió con un artículo presentado por Seldovich, un famoso físico soviético. Landau no le creía en absoluto y no era fácil demostrarle a Seldovich que no estaba en lo correcto. El tema del artículo era sobre la ecuación de estado en el dominio de los fenómenos extremadamente relativistas. En la relatividad extrema la ecuación de estado establece que la presión es igual a la densidad de energía entre 3:

$$p = E/3$$

Pues bien, Seldovich desarrolló la idea de que puede existir materia en donde la presión es igual a la densidad de energía:

$$p = E$$

Landau no le creyó, pensó que eso era imposible. Algunos de los expertos se sintieron complacidos con la lectura de este artículo y dieron su visto bueno para que fuera publicado. Sin embargo, Landau conservaba su punto de vista. Éste fue el último problema que trató Landau. El trágico accidente ocurrió en domingo y varios días antes él platicó con Seldovich, le comentó sus convicciones, le dijo que estaba seguro que el resultado era incorrecto, quizá platicaron sobre cómo se había demostrado el resultado.

Regresando al tema de los seminarios quiero decir que estos comenzaron a mediados de los años treinta. Landau revisaba todas las revistas de física existentes, tarea que al principio era fácil, ya que el número de revistas no era grande. Entonces, era necesario conocer por lo menos dos lenguas. Aparte del inglés, era necesario saber también alemán, ya que las revistas más importantes se publicaban en ese idioma, por ejemplo: *Physikalische Zeitschrift*, *Zeitschrift für Physik*, *Annalen der Physik*, aunque había



una excepción: *Physical Review*. Inclusive en 1961, a pesar de que el número de revistas había aumentado considerablemente, Landau las revisaba todas.

Durante los seminarios Landau decía que en los artículos había "patologías" o "filologías", o bien afirmaba que eran interesantes y entonces ponía los artículos en una lista especial que él denominó *la lista de oro* y que conservó durante toda su vida.

Usualmente le era difícil seguir las deducciones de resultados hechas en los libros y revistas; él prefería hacer la derivación por su propia cuenta. Después de haber hecho una revisión de los resultados, él los volvía a obtener por cuenta propia, usualmente en forma más simple y directa. Esta capacidad de hacer fácil lo que es complicado, fue una de sus principales virtudes. Voy a darles un ejemplo. Ahora se sabe muy bien cómo construir las integrales de Feynman, con el método de amplitud de probabilidades, pero en aquella época no se conocía nada por el estilo. Además, todos los principios de conservación eran tan complejos, que resultaban prácticamente incompresibles. La integral de Feynman de segundo orden aparece en la fórmula con la que comenzamos el artículo: *Sobre la producción de un electrón y un positrón por el choque de dos partículas*, y que da la amplitud de probabilidad para los procesos de creación de pares (un electrón y un positrón) en la colisión de dos partículas pesadas. Su amplio dominio de los métodos de la física teórica le permitió a Landau encontrar una fórmula más simple, inclusive encontró una for-

ma de deducirla que se aplica ahora universalmente. Esto no significa, de ninguna manera, que haya sido el primero en introducir las integrales de Feynman, sino todo lo contrario. Landau sintió una gran admiración por la obra de Feynman y afirmaba que era una persona verdaderamente grandiosa. Debo decir que él nunca leyó un artículo de Feynman, pero cuando uno de sus estudiantes dio una plática sobre este tema, Landau obtuvo las integrales en una forma mucho más simple y mucho más directa.

Otra de las características de su trayectoria científica fue su incapacidad para escribir cualquier cosa, desde sus cartas—inclusive sus cartas privadas—hasta sus artículos científicos. Todos los artículos anteriores a los años treinta, fueron redactados por él mismo. Eran artículos muy cortos y difíciles de comprender. La razón de esto se encuentra en su deseo de buscar el camino más claro; las dificultades para lograr ese objetivo se convertían en un tormento para él; luego todo se volvía difícil, de manera que el resultado era algo incomprensible. Los artículos posteriores a la mitad de los años treinta, hechos con la participación de sus colaboradores fueron escritos por estos últimos. Primero, él daba las instrucciones de cómo debían ser escritos, luego los leía, y si era necesario, hacía cambios por su cuenta o indicaba qué modificaciones se debían hacer. Por otra parte, todos los artículos hechos sin la participación de colaboradores yo los escribí. Desde luego, lo hacía con sus instrucciones precisas. En primer lugar, él me explicaba su trabajo y definía lo que deseaba que se publicara. Yo hacía

algunos cambios, pero él tenía la última palabra. Lo mismo pasaba con las cartas; no tenía cartas personales, con la posible excepción de sus cartas de amor.

Le era muy difícil escribir, pero eso no le impidió que respondiera a todas las cartas que le enviaban. Para la gente que vivía en Moscú le era fácil poder ir a verlo. Él decía: "por favor, busquenme de preferencia en la mañana, pero cuando tenga que tratar con otra persona será necesario esperar un poco y al final podrán venir conmigo". Sin embargo, la gente de otras ciudades escribía cartas a Landau y él se sentía en la obligación de responderlas. No lo hacía inmediatamente. En las respuestas decía: "Por favor, discúlpeme por no haber respondido inmediatamente. No hay una razón importante, sólo que me es difícil escribir cartas". A pesar de todo, contestaba toda la correspondencia que le llegaba.

Landau no era únicamente un gran científico, sino también un gran educador. Ésta es una combinación muy rara y provocó que muchos estudiantes se acercaran a él; quizá en este aspecto sea permisible compararlo con su gran maestro Niels Bohr, quien también contaba con ambas cualidades.

En las cartas que recibía se dirigían a él como Lev Davidovich, aunque ahora se le conoce como Landau. En mi país no se acostumbra llamar a alguien por su apellido (en este caso Landau), sino más bien por su nombre y patronímico. Sin embargo sus amigos más cercanos lo llamaban con la mitad de su apellido: Dau. Me referiré al origen de este nombre, según me lo explico él mismo: hay una frase en francés que se pronuncia igual que su apellido: l'âne Dau. Para los que no conocen el francés, esto significa 'el asno Dau'. Así, en una semana se le dejó de llamar Lev Davidovich y comenzaron a llamarlo Dau (con lo cual estaba muy contento).

Quiero dar un ejemplo de cómo respondía a las cartas. En cierta ocasión Landau recibió una carta que decía entre otras cosas:

"Estaré muy agradecido si da respuesta a esta carta y me ayuda. Mi formación académica equivale aproximadamente a 3 años en la división de mecánica y matemáticas de la Universidad de Moscú. Tengo ya 25 años y desde hace medio año trabajo". También decía, entre otras cosas, que tenía dificultad para aprender lenguas extranjeras y le pedía que le respondiera porque deseaba convertirse en un físico teórico. La

carta decía además: "envíeme el famoso programa del 'mínimo teórico' y deme los consejos necesarios para que pueda aprender completamente los temas del programa. Quiero pedirle que me ayude a evaluar todas mis aptitudes. Yo se, Lev Davidovich, que su tiempo vale mucho. Consideraré un gran honor si usted responde a la presente".

A pesar de que Landau no creyó que la carta tuviera mucha seriedad, de todos modos la respondió. Hizo un borrador de la respuesta y se la dictó a una secretaria, cambiando la redacción varias veces. La respuesta decía:

"Estimado camarada: Intentaré responder a las preguntas importantes de su carta. Es difícil evaluar sus aptitudes en el campo de la física teórica antes de conocerlo, pero 'no se necesita ser un dios para hacer alfarería' (ésta es la traducción literal de un proverbio ruso, que en esencia dice que no es necesario ser una personalidad excepcional, no es necesario ser un dios. Todas las cosas se pueden hacer si el trabajo está hecho a conciencia). Yo creo que sólo se puede tener éxito en el campo de la física teórica, si se tiene un real interés en ella. Lo más importante de esta labor es estar realmente interesado en ella y la vanidad nada tiene que ver con esto".

"Obviamente primero se deben dominar los métodos de la física teórica. Esto no le será tan difícil, puesto que usted tiene una formación matemática. A los 25 años no se es viejo; yo tengo el doble y no tengo ninguna intención de retirarme. Las dificultades financieras pueden crear algunos problemas, porque no se puede trabajar con el estómago vacío. Desafortunadamente las lenguas extranjeras son esenciales, pero no se olvide que no se necesita un dominio especial de ellas, aún con un inglés pobre, inclusive si usted no ha aprendido el inglés".

"Yo puedo decirle que si quiere ser un físico teórico, debe estar realmente interesado y tener habilidad para el trabajo. En esta carta adjunto una copia del programa mínimo. El tiempo para dominar los temas de dicho programa, varía mucho, dependiendo de la rapidez con que se estudie y de los temas que ya se dominen. En la realidad el tiempo varía, desde los dos meses y medio, en el caso de Pomarenchuk, quien prácticamente conocía todos los temas, hasta varios años en otros casos exitosos"

Voy a mencionar ahora lo que escribió en respuesta a un grupo de estudian-



P. L. Kapitsa con el académico L. D. Landau en enero de 1968.

tes que le preguntaron: en su opinión ¿qué ramas de la física teórica son las más importantes?:

"Debo decir que, planteada de esa manera, la pregunta es ridícula. Es algo ridículo y un rasgo de inmodestia pensar que los problemas más importantes de la ciencia, son aquellos en los cuales uno está más interesado. En mi opinión cualquier físico debe trabajar en lo que le interesa más y no debe elegir su rama de trabajo por consideraciones de vanidad".

He mencionado en dos ocasiones el famoso programa, conocido como el "mínimo teórico". El programa fue elaborado porque Landau se interesó en los problemas de la educación en la física durante su estancia en Jarkov. En aquella época, él elaboró un programa que consiste de nueve exámenes, siete de las cuales incluyen todas las ramas de la física teórica (Mecánica, Teoría de Campos, Mecánica Cuántica, Física Estadística, Mecánica de Medios Continuos, Electrodinámica Macroscópica y Teoría Cuántica Relativista). Cabe decir que no todos los temas del "mínimo teórico" estaban incluidos en los libros de la época. El programa pretendía que se conociera lo más importante de cada parte de la física, lo necesario para que cada quien desarrollara su actividad profesional en la física teórica. El programa incluía también dos partes dedicadas a las matemáticas, puesto que los métodos matemáticos son necesarios en las investigaciones. En relación a esto último, Landau nunca pensó en teoremas matemáticos; además, siempre luchó contra la forma de enseñar matemáticas en

nuestro país. Usualmente la enseñanza de las matemáticas no está en manos de los físicos sino en manos de los matemáticos y, según Landau, había mucho retraso en este aspecto. Cuando los estudiantes le preguntaban sobre qué aprender de las matemáticas para estudiar física teórica, él decía lo siguiente: "Un físico teórico debe conocer las matemáticas. Lo que se necesita no son los teoremas de existencia —que son una prioridad para los matemáticos—, sino los métodos matemáticos, es decir, lo necesario para resolver problemas matemáticos concretos".

Se le pidió la opinión sobre este programa al director de uno de los institutos de matemáticas, y esta persona respondió lo siguiente: (no recuerdo bien toda la respuesta) "Desafortunadamente nuestro programa padece de un error, que ocurre usualmente con otros programas, ya que a los físicos se les enseñan las matemáticas a medias, y eso me parece una total pérdida de tiempo".

A la pregunta sobre lo que debe conocer un físico teórico, él respondía: "un físico teórico debe conocer algo de cada una de las ramas". Esta concepción se reflejaba en algunas de las cartas dirigidas a los jóvenes estudiantes que le preguntaban qué estudiar y cómo hacerlo:

"En relación a la pregunta de qué temas estudiar en la física teórica, yo puedo decir solamente que es necesario aprender todas sus ramas fundamentales, y la secuencia de estudio se determina por la relación mutua de ellas. Como método de estudio yo sólo



debo hacer hincapié en que ustedes deben realizar los cálculos por propia cuenta, y no deben tomar mecánicamente los resultados de los libros. Cuando lean un libro, deben realizar por sí mismos todos los cálculos, ya que es el único medio para poder dominar y comprender los problemas”.

Los exámenes del “mínimo teórico” eran completamente informales. El resultado sólo podía ser negativo o positivo, sin estados intermedios. Landau pensaba que si se deseaba ser un físico teórico, había que pasar todos estos exámenes. En caso de que alguna persona los aprobara, él se sentía en la obligación de atenderla y la consideraba ya como uno de sus discípulos.

El programa del “mínimo teórico” comenzó en 1933 y continuaba vigente hasta el día de hoy. En 1961, varias semanas antes de un trágico accidente, Landau elaboró una lista de todos los que aprobaron los exámenes del “mínimo teórico”. En la lista están ordenados de acuerdo al año en que aprobaron el programa y se incluía también el grado académico alcanzado en 1961. Muchas de estas personas han avanzado considerablemente y tienen ahora grados académicos más altos.

En la lista aparecen mis colegas y me incluye a mí. Voy a mencionar únicamente algunos de los nombres de la lista: Pomarenchuk, quien era uno de los más destacados discípulos de Landau; aparecen también los nombres de Beresteetskii, el bien conocido Jalatnikov (director del Instituto de Física Teórica L.D. Landau), Ter Martirosyan, en el campo de la

mecánica cuántica, Kagan, en el dominio del estado sólido; Gorkov, que hoy trabaja en la superconductividad, Pitaevskii, Sagdeev —que es ahora el director del Instituto de Investigaciones Espaciales en Moscú— y otros más. Entre los discípulos de Landau hay candidatos a doctor, doctores y miembros de la Academia de Ciencias de la URSS.

Voy a dar una explicación somera de los grados científicos. En mi país hay dos grados científicos: uno es el de candidato a doctor en ciencias, que corresponde aproximadamente con el Ph D y el otro grado, mucho más alto, es el de doctor en ciencias. Primero, algunos de los que eran candidatos en 1961 ya se han convertido en doctores. Por otra parte, algunos ya son miembros de la Academia de Ciencias. El ser miembro de la Academia de Ciencias, es una alta distinción y se tienen dos posibilidades: a) ser miembro honorario de la Academia; ésta es la más alta distinción para un científico en mi país y b) ser miembro correspondiente de la Academia.

Además de la Academia de Ciencias de toda la federación, existen también las Academias de Ciencias en cada una de las repúblicas. Por ejemplo, Ajjezer es miembro de la Academia de Ciencias de Ucrania. En total hay 14 miembros de la Academia de Ciencias entre las 43 personas que aprobaron el “mínimo teórico” con Landau. Deben saber que en total hay en el país unos 250 miembros honorarios en la Academia de Ciencias y aproximadamente 500 miembros correspondientes. Esto puede ilustrar la eficiencia de su método de selección.

Ahora quiero decir algo sobre los libros publicados por Landau y que hasta ahora han sido traducidos a 16 idiomas. Fue una idea suya escribir libros de texto de física en todos los niveles, comenzando con el nivel bachillerato y terminando con textos dirigidos a los físicos teóricos profesionales. El curso de física teórica dirigido a físicos teóricos profesionales, comprende ahora 10 volúmenes, que fueron pensados por Landau y por mí. Siete de ellos fueron escritos durante su vida, pero por desgracia los últimos tres ya no pudieron ser escritos con su participación. Afortunadamente, uno de los discípulos jóvenes de Landau, colaboró en esta tarea, a saber, Lev Pitaevskii. Los últimos tres libros se hicieron siguiendo el mismo espíritu y la misma actitud frente a la ciencia. Debo agregar que me hubiera sido imposible escribirlos yo solo.

Quiero expresar algunas ideas acerca de este curso de física teórica. Yo pienso que para los físicos de ahora es difícil comprender en qué medida los libros de Landau eran innovadores en su época. El curso estaba fuera de lo usual y resultó una sacudida para muchas personas. Por ejemplo, todo mundo sabe ahora que la base de la física estadística es la teoría de Gibbs. Pues bien, en aquella época eso no se había entendido. La primera edición en ruso del libro *Física Estadística*, fue publicada en 1938, y en aquella época no había libros de física estadística en los cuales se tomara en consideración la distribución de Gibbs. Por ejemplo, el libro *Statistical Mechanics* de R.H. Fowler, incluye la distribución de Gibbs en el último capítulo y no

se toma como el fundamento. En nuestro libro de Mecánica Estadística la distribución de Gibbs es el fundamento y desde ahí se deriva toda la termodinámica. Algo similar se puede decir de los tomos de *Mecánica y Electrodinámica*. El libro de mecánica era innovador, porque comenzaba con el principio de mínima acción y en aquella época eso era una sacudida, pues los demás textos comenzaban con las ecuaciones de Newton. Ahora todo mundo sabe que la conservación de la energía está conectada con la homogeneidad del tiempo, la conservación del momento, con la homogeneidad del espacio y el momento angular, con la isotropía del espacio. Landau evidentemente no descubrió esto, pero fue el primero en ponerlo en un libro de texto. Quiero decir que en aquella época —era el año 1939— no había libros que incluyeran las ecuaciones de movimiento con una derivación en esa línea. Lo mismo pasa también con el libro *Teoría Clásica de Campos*. Nuestro libro —que fue publicado en ruso en 1940— fue el primero en el que se derivan todo el electromagnetismo a partir de la teoría relativista. Era también algo nuevo. Fue una sacudida en aquella época, pues se tomó como base del electromagnetismo a la formulación lagrangiana, es decir, el principio de mínima acción y la función lagrangiana. Éste fue el primer libro donde todas las derivaciones se hacen usando este formalismo.

He hablado sobre Landau desde la perspectiva científica, pero debo agregar que él estaba muy interesado en muchas otras actividades humanas. Le gustaba la historia, y leía mucho sobre este tema. Le gustaban también las artes, la literatura y era aficionado a la pintura. A él no le gustaba lo que no podía hacer por cuenta propia, como la música.

Yo imite algo de su personalidad. Landau fue un hombre muy alegre. Desafortunadamente tuvo aquel accidente, cuando estaba en la cumbre de sus aptitudes y eso fue lo más trágico.²⁴

BIBLIOGRAFÍA

1. Ginzburg, V. L. Landau's Attitude Toward Physics and Physicists. En *Physics Today*. mayo de 1989. pp 54-61.
2. Khalatnikov, I. M. Reminiscences of Landau. En *Physics Today*. mayo de 1989. pp 34-41.
3. Kapitsa, P.L. *Experimento, teoría, práctica*. Editorial Mir. Moscú, 1985. 503 pp.
4. Landau, L.D. *Collected Papers of L. D.*

Landau. Pergamon Press. Londres, 1965. 836 pp.

5. Landau, L.D. *Selección de artículos*. Vols. I y II. Editorial Nauka. Moscú, 1969.
6. Mermin, N. D. Men of Physics: L. D. Landau, vol II (reseña del libro). En *Physics Today*. junio de 1971. pp. 48-49.
7. Pellam, J. R. Lev Davydovich Landau. En *Physics Today*. marzo de 1961. pp. 42-46.
8. Fowler, R. H. *Statistical Mechanics*. Cambridge, 1929.
9. Livanova, A. *Landau, a Great Physicist and Teacher*. Pergamon Press. Londres, 1980. pp. 217.

CURSO DE FÍSICA TEÓRICA

- Vol 1: Mecánica
- Vol 2: Teoría Clásica de Campos
- Vol 3: Mecánica Cuántica: teoría no relativista
- Vol 4: Teoría Cuántica Relativista
- Vol 5: Física Estadística (tomo 1)
- Vol 6: Mecánica de Fluidos
- Vol 7: Teoría de la Elasticidad
- Vol 8: Electrodinámica de Medios Continuos
- Vol 9: Física Estadística (tomo 2)
- Vol 10: Cinética Física

Los primeros siete fueron publicados en vida de Landau. Los últimos tres fueron hechos por Evgueni Lifshitz en colaboración de Lev Pitaevskii siguiendo los lineamientos y las ideas de Landau.

CURSO ABREVIADO DE FÍSICA TEÓRICA

Autores: Landau L D y E M Lifshitz
Vol 1: Mecánica y Electrodinámica
Vol 2: Mecánica Cuántica

COLECCIÓN: FÍSICA PARA TODOS

Autores: Landau L. D. y A. I. Kitaigorodskii
Vol 1: Cuerpos Físicos
Vol 2: Moléculas
Vol 3: Electrones
Vol 4: Fotones y Núcleos

Sólo los dos primeros fueron escritos en vida de Landau. Los últimos dos se deben a la pluma de Kitaigorodskii quien siguió en lo posible las ideas de Landau.

OTROS LIBROS ESCRITOS POR LANDAU

1. Landau, L. A. Ajjezer y E. Lifshitz. *Curso de Física General, Mecánica y Física Molecular*. Editorial Mir. Moscú, 1973. 398 pp.
2. Landau, L. y Y. Rumer. *¿Qué es la teoría de la relatividad?* 5a. edición. Editorial Mir. Moscú, 1978. 80 pp.

Se agradece a Luis A. Dávalos Orozco el préstamo de la copia de la grabación de la conferencia.

