

SERGEI VAVILOV, ESTRELLA DE LA FÍSICA EN RUSIA



Sergei Vavilov, cuyas investigaciones condujeron al descubrimiento de la *Radiación Cherenkov*, contribuyó de manera esencial a establecer una base sólida para la Física en la URSS, especialmente durante los difíciles años de la década de 1930. En particular sus esfuerzos condujeron a la fundación del **Instituto de Física Lebedev** en Moscú hace ya 70 años.

Sergei Vavilov nació en Moscú en 1891. Su padre, un próspero comerciante de tejidos, dio una buena educación a sus dos hijos y esperaba que heredarían y continuarían sus negocios. Sin embargo, tanto Sergei como su hermano mayor Nikolai decidieron convertirse en científicos. Nikolai eligió biología mientras que Sergei entró en 1909 en el Departamento de Física y Matemáticas de la **Universidad de Moscú**. Como estudiante de segundo año, comenzó a trabajar en el laboratorio de **Pyotr Nikolaevich Lebedev** (1866-1912), famoso por sus experimentos sobre la presión de la luz sobre sólidos y gases. Vavilov quedó admirado de la forma de trabajar de Lebedev por su gran interés en los problemas fundamentales de la Física mezclado con experimentos cuidadosos.

Después de graduarse con honores en 1914, Vavilov fue llamado al servicio militar y, un mes más tarde, empezaba la I Guerra Mundial. Vavilov sirvió en varios regimientos técnicos, pero, a finales de 1917, el frente ruso se derrumbó a causa de la Revolución y fue hecho prisionero. Fue interrogado por un oficial alemán que, casualmente, era un físico y pasaron toda la noche hablando de Física, en especial de las nuevas teorías de **Max Planck** sobre la luz. A la mañana siguiente, el oficial alemán le ayudó a escapar y en febrero de 1918 apareció en Moscú.

Para entonces su padre había perdido todas sus propiedades y había

emigrado de Rusia, pero Sergei y Nikolai no deseaban abandonar su país; asumieron que tenían que coexistir con el gobierno del *Soviet* de la misma forma que muchos otros científicos rusos. El gobierno había decidido sacar provecho de los especialistas científicos y técnicos "a pesar de que habían sido nutridos por la ideología capitalista". La década de 1920 fue así un período de gran libertad para los científicos rusos a pesar de la Guerra civil, la hambruna general y el colapso económico.

La Ley de Bouger y la Óptica no lineal

En 1918, Vavilov empezó a trabajar en el Instituto de Física y Biofísica dirigido por **Pyotr Petrovich Lazarev**, discípulo de Lebedev que propuso a Vavilov que se dedicase al tema de la Óptica física. Desde el primer momento quedó fascinado por las cues-

tiones fundamentales de la naturaleza de la luz. Empezó con estudios de fotoluminiscencia en soluciones coloreadas de moléculas orgánicas, y en 1919 concibió un experimento para confirmar la teoría del *quantum* de luz de **Max Planck** midiendo el coeficiente de absorción de la luz en medios ópticos. De acuerdo con la *Ley de Bouger*, este coeficiente no depende de su intensidad; sin embargo, si la teoría de Planck es correcta, sería posible ver fluctuaciones del *quantum* a intensidades de luz muy altas y muy bajas, violando así la ley. Empleando soluciones coloreadas, Vavilov y sus estudiantes verificaron la ley en una amplia gama de energía de luz incidente, de 10^{-11} a 10^8 erg/cm²-s, y así, en 1920, publicaron un resultado negativo al no haber observado una violación de la **Ley de Bouger**.

Durante los años siguientes, el equipo de Vavilov estableció las leyes principales de la luminiscencia, introduciendo el término "*rendimiento luminiscente*" como la relación entre la energía luminiscente y la energía de la luz incidente. También investigaron los mecanismos de apagado luminiscente, y Vavilov fue un pionero en el descubrimiento y desarrollo de nuevas y económicas fuentes de luz: las lámparas luminiscentes.



Sergei Vavilov (derecha) con su madre en Moscú durante un permiso del frente de guerra en 1916.

Continuando el trabajo sobre la naturaleza cuántica de la luz, decidió utilizar un medio óptico con un estado de excitación molecular de muy larga duración que hiciera posible ver la violación de la *Ley de Bouger*. Tras una larga búsqueda, su equipo encontró un cristal de uranio con un fulgor de duración cientos de miles de veces superior a la de las soluciones coloreadas, y en 1926, **Vavilov** y **Vadim Levshin** descubrieron finalmente una violación de la *Ley de Bouger* a muy altas intensidades. Encontraron una reducción en la absorción de la luz por el cristal de uranio cuando aumenta la intensidad de la luz. Conocido ahora como el *efecto fotorefractivo*, fue explicado como resultado de la degradación del estado inicial por el haz de luz incidente. Vavilov introdujo el término “*óptica no lineal*” y, desde entonces, constituye un capítulo especial de la Física.

A principios de 1930, el clima político en la URSS empeoró bruscamente. Numerosos científicos fueron perseguidos en Moscú, Leningrado y otras ciudades. En marzo de 1931, **Lazarev** fue arrestado repentinamente y deportado a los Urales. Sus colegas perdieron sus puestos en el Instituto, incluyendo a **Vavilov**, aunque éste conservó su posición de profesor de la Universidad. Varios académicos, con la intención de preservar la escuela científica de **Lebedev-Lazarev**, recomendaron a Vavilov como Miembro de pleno derecho de la **Academia de Ciencias de la URSS** y fue elegido en 1932.

Por la misma época, el director del **Instituto de Óptica de Leningrado**, **Dmitri Rojdestveski**, invitó a Vavilov a unirse a su grupo en un intento de salvar el programa científico de ser suprimido por el gobierno para sustituirlo por la producción de aparatos ópticos, especialmente para usos militares. Vavilov aceptó y en 1932 fue nombrado director de investigación del **Instituto de Óptica** del Estado. El mismo año fue solicitado por la Academia de Ciencias para hacerse cargo del pequeño Departamento de Física de la **Academia en**



Esta fotografía, tomada en el **Instituto de Física Lebedev** en 1938, muestra en el sentido de las agujas del reloj partiendo de arriba a la izquierda, a **Dmitry Skobeltsin**, **Sergei Vavilov**, **Irene Joliot-Curie**, **Abram Ioffe** y **Frédéric Joliot-Curie**.

Leningrado. Vavilov invitó a varios jóvenes científicos a tomar parte en las investigaciones sobre las propiedades de los neutrones, la luminiscencia inducida por la radiación y los cristales coloreados.

El Efecto Vavilov-Cherenkov

En 1932, **Vavilov** y **Eugene Brumberg** desarrollaron una técnica fotométrica usando el ojo humano como instrumento para medir intensidades de luz muy bajas, próximas al umbral de visión. Este método fotométrico visual fue muy útil en una época en la que todavía no existían los fotomultiplicadores y fue utilizado en experimentos realizados entre 1932 y 1941, que confirmaron el carácter estadístico de las fluctuaciones en consonancia con las ideas de la teoría del *quantum*.

La misma técnica visual jugó un gran papel en el descubrimiento del **Efecto Vavilov-Cherenkov**. En 1933, Vavilov propuso a su estudiante postgraduado **Pavel Cherenkov** el tema para su doctorado: “*La luminiscencia de soluciones de sales de uranio bajo la influencia de una radiación gamma fuerte*”. La tarea era comparar en qué proporción las propiedades luminis-

centes de una solución salina en ácido sulfúrico expuesta a rayos gamma, coinciden con la luminiscencia, previamente estudiada, de la misma solución bajo la luz y los rayos X.

La luz azulada observada era muy débil y, para adaptar sus ojos, **Cherenkov** tuvo que permanecer en una habitación totalmente a oscuras durante más de una hora. En el curso de las medidas encontró que no sólo la solución salina emitía un resplandor sino también el ácido sulfúrico puro. Esta situación resultaba ser un grave inconveniente para **Cherenkov**, que consideraba que el resplandor era un fenómeno de fondo que oscurecía la luminiscencia de la sal de uranio por lo que pidió cambiar el tema de su tesis, pero **Vavilov** le persuadió para continuar los experimentos y purificar cuidadosamente el ácido. Cuando esto no dio resultado, Vavilov propuso comprobar si otros disolventes puros también emitían luz. **Cherenkov** investigó con 16 disolventes diferentes de pureza muy alta y encontró que todos los líquidos puros resplandecían con casi la misma intensidad bajo la acción de los rayos gamma. A pesar de los intentos de apagarla por varios métodos, la misteriosa radiación persistía.

Vavilov analizó todas las mediciones y llegó a una conclusión firme: *“Esto no es una luminiscencia, es un nuevo fenómeno óptico desconocido para la Ciencia”*. También presentó una primera explicación: que la nueva radiación era producida por electrones **Compton** expulsados de los átomos del líquido por los rayos gamma. En 1934 se publicaron dos artículos en el mismo volumen de los *Informes de la Academia de Ciencias*, uno firmado por **Cherenkov** con los resultados de sus experimentos, y el otro por **Vavilov** en el que postulaba que los electrones rápidos eran el origen del nuevo fenómeno.

La **Academia de Ciencias** se trasladó de Leningrado a Moscú en 1934, y con ello el Departamento de Física de Vavilov, ocupando lo que había sido el edificio de Lazarev. Vavilov decidió convertir el pequeño Departamento de Física en un Instituto que abarcara los campos más importantes de la Física. Obtuvo apoyo financiero del gobierno y empezó a organizar el nuevo **Instituto de Física de la Academia de Ciencias**; fue designado director y sugirió que el nuevo Instituto tomara el nombre de **Lebedev**. Invitó a científicos distinguidos a encabezar los diferentes departamentos que pretendía crear y varios excelentes físicos jóvenes se incorporaron al equipo.

Aunque la década de 1930 fue una época difícil de persecuciones en la URSS, **Vavilov** se las arregló para crear un ambiente interno agradable en el Instituto, lo que permitió la posibilidad de un trabajo eficaz. **Vladimir Veksler** escribió más tarde: *“Fui afortunado en ser invitado en 1936, como joven científico, a formar parte del grupo del Instituto Lebedev; se respiraba en él una atmósfera excitante de dedicación absoluta a la ciencia. Mi primera impresión sobre Vavilov era que su actitud era extremadamente afable y campechana”*.

En el laboratorio del Departamento del Núcleo Atómico, **Vavilov** y **Cherenkov** continuaron estudiando en detalle la nueva radiación. Estable-

cieron que la radiación es emitida en un espacio cónico cerrado próximo a la dirección del flujo incidente de rayos gamma y es polarizada en esa dirección. Los campos magnéticos desvían la radiación, confirmando la teoría de Vavilov de que está originada por partículas cargadas. Vavilov debatía constantemente los resultados de los experimentos con los teóricos del Instituto, intentando impulsarles a trabajar en la teoría del efecto.

Finalmente **Ilya Frank** e **Igor Tamm** se interesaron en el problema

“Debo explicar que nosotros en la URSS utilizamos el nombre de Radiación Vavilov–Cherenkov en vez de sólo Radiación Cherenkov a fin de resaltar el papel decisivo del difunto Profesor Sergei Vavilov en el descubrimiento de esta radiación”.

En la década de 1930, los físicos nucleares soviéticos habían alcanzado un alto nivel, principalmente en los **Institutos del Radio y Físico-Técnico de Leningrado** y en el Instituto Politécnico de Kharkov. Después de visitar la URSS en 1936, escribía **Victor Weisskopf**: *“Los físicos soviéti-*



Sergei Vavilov con aparatos ópticos utilizados en el **Instituto Lebedev**.

y en 1937 dieron una completa interpretación teórica. *“Vavilov me sedujo con su fascinación por los experimentos de Cherenkov”*, escribió más tarde Frank. En 1946, **Vavilov**, **Cherenkov**, **Frank** y **Tamm** fueron galardonados con el *Premio del Estado de la URSS en Ciencias* (el *Premio Stalin*) por sus descubrimientos y en 1958, siete años después de la muerte de Vavilov, Cherenkov, Frank y Tamm fueron distinguidos con la obtención del *Premio Nobel de Física*. En su discurso del Nobel dijo Tamm:

cos no están rezagados en su comprensión de la estructura nuclear”. En 1938 Vavilov escribió un informe acerca de la Física nuclear para el Presidium de la Academia de Ciencias, que decidió formar el **Comité de Física Nuclear** con **Vavilov** como presidente, y Abram Ioffe, **Igor Kurchatov**, **Pyotr Kapitz**a y **Abram Ali**khanov entre sus Miembros.

Vavilov creía que los experimentos en Física nuclear requerían un acelerador superior al ciclotrón de 10

MeV del **Instituto del Radio** y así, en 1940, organizó un “grupo del ciclotrón” en el **Instituto Lebedev**, formado por jóvenes físicos cuyo objetivo era encontrar el medio de construir un gran ciclotrón. Cuando los miembros de este grupo expusieron a Vavilov las enormes dificultades que el asunto presentaba, la respuesta fue: “*No pienso que no haya posibilidad de saltar por encima de la barrera relativística*”. Entonces, en 1944, **Veksler** escribió sus famosos dos documentos acerca del Principio de la estabilidad de fase, utilizado en todos los modernos aceleradores de partículas. **Vavilov** inmediatamente recomendó su publicación y se tomó la decisión de iniciar la construcción de un sincrotrón de 30 MeV en el **Instituto Lebedev**.

Por estas fechas, Vavilov quedó muy afectado por el arresto y posterior muerte de su hermano mayor Nikolai (1887-1943), un sobresaliente botánico y genético. Los dos hermanos se querían y se influenciaban mutuamente en sus vidas. Ambos eran de conocimientos enciclopédicos, memoria retentiva, energía prodigiosa y encanto personal, con una profunda dedicación a la Ciencia. En la década de 1920, Nikolai se había labrado una brillante carrera en Rusia. Fue elegido presidente de la **Academia de Agricultura** y estaba a la cabeza de los Institutos de investigación de cultivo de plantas en Leningrado y de Genética en Moscú. Organizó muchos viajes por todo el mundo creando una inmensa colección de semillas. Erigió y conservó muchas estaciones experimentales en diferentes regiones de la URSS, dirigiendo sus programas. Sin embargo, Nikolai se ganó muchos enemigos encabezados por el agronomista **Trophim Lyenko** y el filósofo marxista **Isaak Present**. Lyenko prometió crecimientos rápidos de las cosechas en comparación con el proceso lento de Nikolai de hibridación y selección sistemáticos, y a partir de 1935 Nikolai tuvo que soportar acusaciones constantes de mantener teorías mendelianas “*idealistas*”. Miles de sus colegas y seguidores fueron

No todas las Ciencias padecieron los problemas de la Biología, pero los filósofos marxistas atacaron el “idealismo” inherente a la Mecánica del quantum y la Teoría de la Relatividad

apartados de sus puestos de enseñanza e investigación, muchos fueron arrestados y algunos fusilados. El programa agrícola de Nikolai fue dismantelado y en 1940 él mismo fue detenido, torturado, juzgado y sentenciado a muerte “*por sabotear la Agricultura soviética y espiar para Inglaterra*” (había trabajado sobre Genética en el Reino Unido en 1913-1914). Un año más tarde, la sentencia fue conmutada a 20 años de trabajos forzados y en 1943 falleció de inanición en la prisión de Saratov. Después de la muerte de Nikolai, Sergei ayudó activamente a la familia de su hermano y dos de los hijos de Nikolai llegaron a físicos de rayos cósmicos en el **Instituto Lebedev**.

No todas las Ciencias padecieron los problemas de la Biología, pero los filósofos marxistas atacaron el “*idealismo*” inherente a la Mecánica del quantum y la Teoría de la Relatividad. Entre 1937 y 1938, muchos físicos del Instituto Lebedev fueron arrestados y algunos perseguidos. Vavilov protegió al responsable del Departamento de Óptica, **Grigori Lansberg**, al del Departamento de Teoría, **Tamm** (cuyo hermano, el ingeniero jefe de la fábrica química, fue arrestado), y a muchos otros; incluso escribió directamente al fiscal jefe cuando, en 1937, fue arrestado **Sergei Rytov**, responsable del Departamento de Radiofísica (fue liberado en 1939).

La bomba de hidrógeno

Cuando los físicos soviéticos tuvieron noticia del descubrimiento de la fisión nuclear en 1939, procedieron inmediatamente a investigar el nuevo fe-

nómeno teórica y experimentalmente. La mayoría, entre ellos **Ioffe** y **Kapitza**, eran escépticos acerca de la posibilidad de utilizar la energía atómica, pero hay constancia de que Tamm, después de haber asistido en agosto de 1939 a una conferencia de **Yakov Zeldovich** y **Yuli Khariton** sobre sus cálculos del número de neutrones emitidos por la fisión, manifestó: “*¿Se dan cuenta Vds de lo que este descubrimiento significa? Significa que puede construirse una bomba que destruiría totalmente una ciudad en un radio posiblemente de diez kilómetros*”. Las autoridades soviéticas de la época pensaban que la Física nuclear era una ciencia sin utilidad práctica, pero **Vavilov** tuvo la intuición de que en el futuro sería muy significativa. Él mismo había estado como responsable del Departamento de Física del Núcleo Atómico en el **Instituto Lebedev** hasta 1938, y reunió un grupo en el que estaban **Frank** y **Veksler**; más adelante, en 1945, se incorporó un ingeniero de la fábrica de municiones, **Andrei Sakharov**, como alumno postgraduado del equipo de **Tamm**.

El 22 de Junio de 1941, el Ejército alemán cruzó inesperadamente la frontera soviética avanzando rápidamente hacia Leningrado y Moscú. Esto llevó al gobierno a organizar la evacuación de los Organismos económicamente vitales hacia el Este del país. El **Instituto Lebedev** se trasladó a Kazan, y el de Óptica se desplazó de Leningrado a una ciudad a 300 kilómetros de Kazan. **Vavilov** fue nombrado Consejero en óptica para el **Comité de Defensa del Estado** de la URSS, y muchas de las actividades

de investigación fueron reconvertidas en tareas militares: todos los Departamentos de ambos Institutos se volcaron en producir material útil para el Ejército.

En 1942, el gobierno soviético estableció un programa de investigación sobre la bomba atómica y designó a **Igor Kurchatov** como responsable. Después de la guerra, **Vavilov** fue comisionado para participar en el programa nacional de armas nucleares y persuadió a **Tamm** a crear un grupo especial del que formaron parte **Vitaly Ginsburg** y **Sakharov**. En 194, Vavilov escribió al gobierno para informar que en el equipo de Tamm se habían obtenido resultados significativos sobre el desarrollo de los principios físicos de una bomba de hidrógeno. El equipo fue trasladado a la ciudad secreta de Arzamas-16, y el 12 de agosto de 1953 la primera bomba compacta de hidrógeno en el mundo, capaz de ser transportada en avión o cohete, fue ensayada con éxito en la URSS con gran sorpresa de los científicos occidentales. Antes, en 1950, **Tamm** y **Sakharov** habían creado la base teórica para la fusión termonuclear controlada, de forma que este tipo de energía pudiera ser utilizada con fines pacíficos. Veinticinco años más tarde, Sakharov, que había jugado un papel crucial en el desarrollo de la bomba de hidrógeno soviética, fue galardonado con el *Premio Nobel de la Paz* por su defensa de los derechos humanos. Fue el sexto científico del Instituto Lebedev. (En 1964, **Alexandre Prokhorov** y **Nikolai Basov** recibieron el *Premio Nobel de Física* por la construcción de osciladores basados en el principio del máser-láser).

Presidente de la Academia de Ciencias

Vavilov fue elegido Presidente de la Academia de Ciencias de la URSS en julio de 1945. Muchos académicos pensaban que no había otro científico de tan elevado nivel cultural y tan experto y previsor administrador como él, por lo que le propusieron para la Presidencia. Sin embargo, esto sólo



Nikolai, hermano de Sergei Vavilov, visto aquí como Vicepresidente del "VI Congreso Internacional de Genética" en EEUU en 1932. Fue juzgado y encarcelado por "sabotear la Agricultura soviética y espiar para Inglaterra" en 1940 y

podía tener lugar si **Stalin** daba el visto bueno, por lo que fue muy duro para él aceptar el nombramiento ya que su hermano Nicolai había sido asesinado por el régimen. La opinión de la gente cercana a Vavilov es que aceptó el puesto porque consideraba su deber servir a la Ciencia y a la nación. Durante el tiempo que fue presidente, se preocupó mucho de fomentar la Ciencia: los laboratorios estuvieron mejor provistos de equipos e instrumentos y los sueldos de los investigadores mejoraron.

Vavilov inició la implantación de docenas de nuevas Instituciones científicas y culturales (Institutos de investigación, edición de publicaciones, Asociaciones, etc), pero comprendió y aceptó el hecho de que sólo podía ser así si el Partido Comunista las veía útiles política o militarmente. Envió informes a las autoridades sobre las posibilidades de las nuevas Instituciones y negoció para obtener el apoyo que necesitaba. Al obrar así, con frecuencia tuvo que actuar contra sus propias convicciones y aceptar compromisos desagradables. El académico **Leon Orbeli** decía en 1945: *"Sergei Vavilov es una víctima. Ha permanecido al frente de la Academia para salvar lo que todavía podía ser salvado"*. Era de dominio público que **Vavilov** era afable y responsable, y si era posible ayudar a alguien escribiendo o firmando una carta, actuando como intermediario o encontrándole un trabajo, lo hacía.

No sólo fue un distinguido investigador. Desde 1932 hasta el fin de sus días tuvo que dedicar parte de su tiempo (y en mayor proporción al final) a realizar funciones administrativas y supervisar a jóvenes científicos. Contribuyó de manera importante al engrandecimiento del **Instituto Estatal de Óptica**, que ahora lleva su nombre, y al del **Instituto de Física Lebedev**.

A lo largo de toda su vida estuvo enormemente interesado en la historia y en la divulgación de la Ciencia. Escribió libros populares de Óptica y biografías científicas de **Galileo**, **Grimaldi**, **Huygens**, **Faraday**, **Michelson**, **Newton**, **Lomonosov**, **Lebedev**, **Lazarev** y otros. También tradujo la *Óptica y Lecciones de Óptica* de **Newton**, y *De rerum natura* de **Lucrecio** del latín al ruso, y los publicó con sus propios comentarios.

Al final, el ser presidente de la Academia bajo el brutal régimen dictatorial constituyó una fuente de tensiones abrumadoras. Su salud se vio seriamente perjudicada y falleció de un ataque al corazón en 1951, dos meses antes de cumplir 60 años (y dos años antes de la muerte de **Stalin**).

Frank conservó su respeto y admiración por su querido maestro hasta el final de sus días. Recopiló y editó una colección de reminiscencias acerca de Vavilov, que fueron publicadas en tres volúmenes. Frank se encontraba ya muy enfermo cuando estaba trabajando con el tercer volumen en 1991 y temía que le llegase su hora sin poder acabar su obra. Cuando completó el manuscrito, salió de su despacho en su domicilio y manifestó alegremente a su familia que había acabado el libro, añadiendo: *"Ahora puedo morir en paz"*. Falleció pocos días después.

Frank escribió: *"Lo que Vavilov hizo durante los cinco años de presidencia de la Academia es tan hermoso y extenso que las generaciones futuras le recordarán con profundo respeto y gratitud"*. ■

(De CERN Courier)