

Dubna: Veinte años de investigaciones internacionales de física nuclear

En 1956 la Academia de Ciencias de la URSS firmó un acuerdo para la fundación del Instituto Central de Investigaciones Nucleares ICIN. Con el pasar del tiempo, el ICIN ha llegado a ser uno de los más importantes centros internacionales de investigaciones de física nuclear. En el presente informe, preparado para el Boletín del OIEA, se pasa revista a las realizaciones conseguidas y a la situación actual del Instituto.

Veinte años han transcurrido desde que se estableció el Instituto Central de Investigaciones Nucleares, primer centro científico internacional de los países socialistas.

La fundación del Instituto Central de Investigaciones Nucleares tuvo origen en una propuesta del Gobierno Soviético, para lo cual había previsto la asignación de dos institutos de investigaciones de la Academia de Ciencias de la URSS, situados en Dubna, no lejos de Moscú. En el Instituto de Problemas Nucleares, los científicos soviéticos habían venido realizando desde 1949 investigaciones con un acelerador de protones y un sincrociclotrón de 680 MeV, en tanto que en el Laboratorio de electrofísica se estaba terminando la construcción de un gran acelerador, un sincrofototrón de 10 GeV. Ambos aceleradores se fundaban en el principio de la estabilidad de fase, propuesto por el Profesor V.I. Veksler. En estos dos establecimientos, el personal internacional de científicos del nuevo instituto pudo comenzar inmediatamente investigaciones experimentales en la esfera de la física de altas energías.

A la fundación del Instituto, siguió la creación del Laboratorio de física teórica, dotado de un departamento de cálculos, de un Laboratorio de reacciones nucleares, en el que se inició la construcción de un ciclotrón para la aceleración de iones pesados y de un Laboratorio de física de neutrones, donde se dio comienzo a la construcción de un reactor pulsante de neutrones rápidos. El ciclotrón y el reactor entraron en servicio en 1960. La evolución del Instituto exigió el establecimiento de un Laboratorio de cómputo y de automatización, que se creó en 1966. En 1968 se fundó un Departamento de nuevos métodos de aceleración.

En la actualidad, el ICIN es reconocido como un centro científico de vanguardia, de los más grandes del mundo. A causa de la importancia y alcance de su labor, cada uno de sus laboratorios podría constituir por sí solo un instituto. El personal de los laboratorios y de sus dependencias reúne más de seis mil personas. Los científicos del Instituto han llevado a cabo importantes investigaciones en un amplio campo de ciencias modernas: física teórica, física de partículas elementales, física nuclear y neutrónica, y han tenido destacada actuación en el desarrollo de técnicas de aceleración y de aparatos físicos.

El éxito del Instituto Central de Investigaciones Nucleares reside en los principios democráticos de su organización y de sus actividades, en las instalaciones fuera de serie que ofrece para la experimentación, en la latitud de las relaciones internacionales del Instituto y, en primerísimo lugar, en los trabajos de sus brillantes científicos. Actualmente el Instituto cuenta con un personal científico de 900 especialistas, entre los que se encuentran cinco Miembros de la Academia de Ciencias, ocho Miembros corresponsales de Academias de Ciencias, 90 Doctores de Ciencias y 380 candidatos al Doctorado.

Los científicos del Instituto han preparado más 50 monografías. Los miembros del ICIN publican anualmente unos 1600 artículos y memorias en periódicos científicos y en actas de conferencias y se les han acreditado aproximadamente 17 descubrimientos. Entre los científicos del Instituto se encuentran laureados de premios Nobel y de premios Lenin. Varios trabajos científicos realizados por el personal del Instituto han merecido premios y medallas honoríficas de los Estados Miembros del ICIN.

FISICA DE PARTICULAS ELEMENTALES

Las nuevas ideas y nuevos métodos propuestos por los teóricos del Instituto, como resultado de sus experiencias, han promovido estudios más a fondo en el Instituto y en otros centros científicos. En la esfera de la física de partículas elementales, se han formulados los principios de enfoques matemáticamente rigurosos a la teoría del campo cuántico lográndose justificar de esa manera el método de las relaciones de dispersión. Este método ha influido en el avance de toda la física de las partículas elementales, especialmente en lo que se refiere a la teoría de las interacciones fuertes. Se ha establecido también un método cuasi-potencial de las teorías de la dispersión, y la del estado estacionario es una creación del Instituto. Entre las investigaciones relacionadas con los principios fundamentales de la teoría se encuentran estudios realizados sobre la geometría de espacio-tiempo en pequeñas distancias, el principio de la causalidad, etc.

Partiendo de la base de las ideas y métodos inspirados por la teoría del campo cuántico y de la teoría de la superfluidez, se ha establecido un modelo semi-microscópico (o semi-fluido), que ayuda a comprender la naturaleza de la cuasi-partícula y de los estados colectivos de los núcleos deformados. En experimentos llevados a cabo en Dubna y en otros centros se ha podido demostrar la validez de las predicciones.

Gran parte de los experimentos con el sincrofasotrón se han consagrado al estudio de la producción de partículas extrañas a niveles de energía hasta de 10 GeV. En 1960 los científicos del Instituto descubrieron una nueva partícula: el hiperón anti Σ^- .

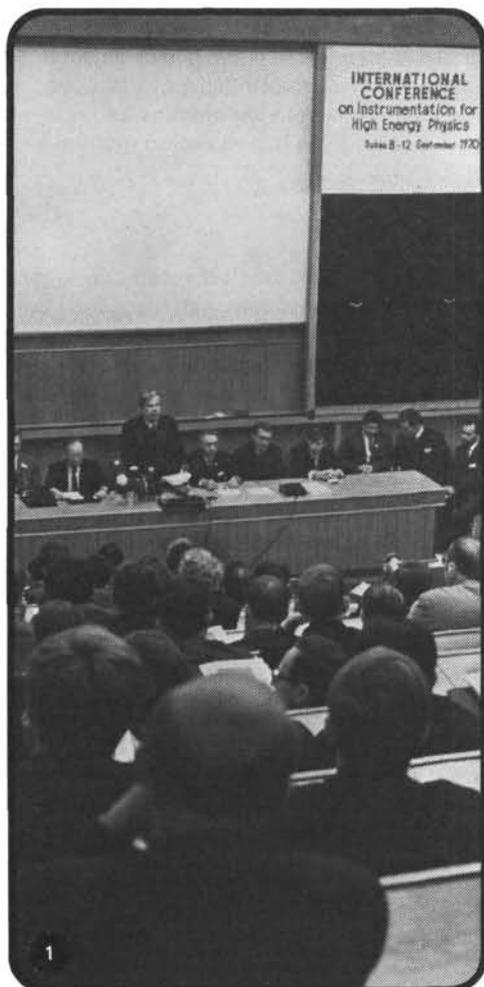
Como resultado de los detenidos estudios sobre los estados de resonancia de las partículas se han descubierto varias resonancias nuevas y se han investigado las propiedades de las descubiertas anteriormente. Así se ha logrado averiguar que la desintegración del mesón φ^0 produce un par electrón-positrón.

Las experiencias realizadas durante varios años sobre la dispersión elástica e inelástica de las partículas elementales han aportado valiosa información sobre su estructura y ha permitido verificar los postulados fundamentales de la teoría contemporánea.

Los experimentos que se llevan a cabo con el sincrofasotrón han tomado recientemente una nueva orientación científica que interesa la física nuclear relativista, pues permite estudiar las colisiones entre núcleos a altos niveles de energía.

Los estudios sobre la dispersión elástica de nucleón-nucleón, los primeros en su género realizados con el sincrociclotrón, con valores energéticos hasta 680 MeV, han permitido obtener valiosa información sobre las fuerzas nucleares. Se ha confirmado la ley de la independencia de las fuerzas nucleares con respecto a la carga, gracias a estudios realizados sobre las interacciones de piones-nucleones. Se ha podido demostrar experimentalmente el principio de causalidad y se ha determinado la interacción constante de pión-nucleón.

Los experimentos con procesos raros en que intervienen mesones han confirmado las deducciones de la teoría de la interacción débil universal. Cabe destacar que fueron los científicos del Instituto quienes descubrieron la desintegración beta de los piones y que en experimentos sobre la captura de muones en ^3He han observado núcleos de rechazo procedentes de neutrinos de muón, confirmándose la simetría del muón-electrón.



1 El Instituto Central de Investigaciones Nucleares de Dubna organiza anualmente unas 60 reuniones científicas. Fotografía de una reunión internacional sobre instrumentación para física de las altas energías a la que asistieron más de 200 científicos de 27 países.

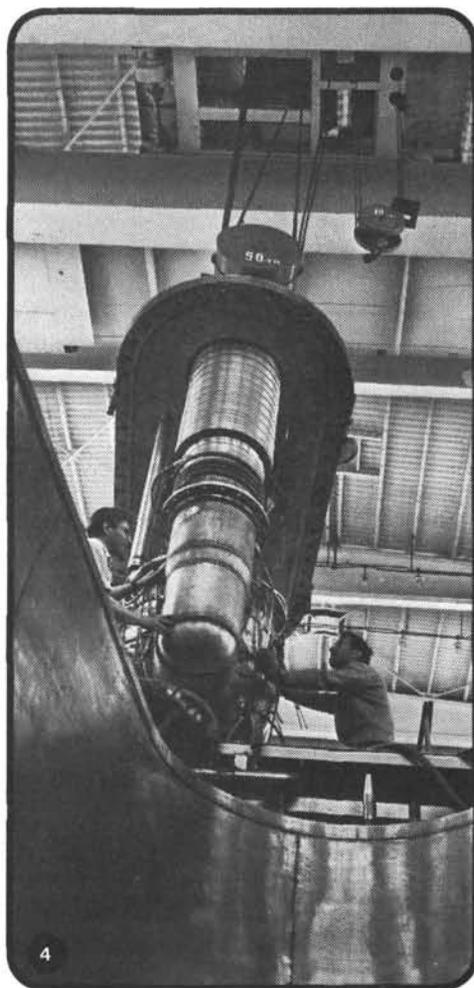
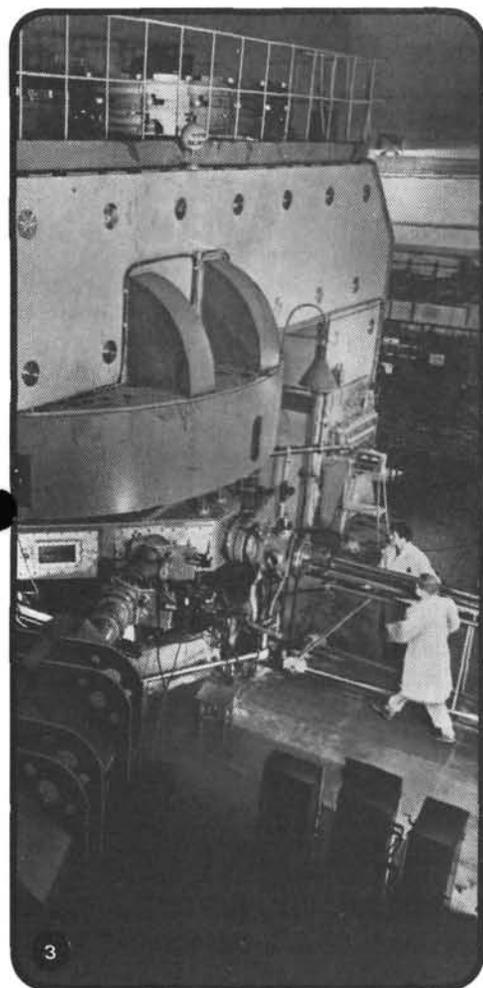
2 El centro de mediciones del Laboratorio de Física Neutrónica tiene una computadora BESM-4 con la que acopia y trata datos sobre los haces neutrónicos de un reactor pulsante. Los datos para cuyo tratamiento se necesitan computadoras mayores se envían al centro de mediciones del Instituto.

3 El ciclotrón U-300 acelera iones de elementos desde el carbono-12 hasta el cinc-66 con una energía de unos 10 MeV por núcleo.

4 Instalación del cuerpo de una cámara de hidrógeno de dos metros, tipo "Ludmila", utilizada en experimentos con el acelerador Serpujov.

5 El sincrofasotrón, que es el mayor acelerador del Instituto, acelera protones a 10 GeV, deuterones a 11 GeV y partículas a 22 GeV.





En el Instituto se ha descubierto también un nuevo fenómeno físico: el intercambio de carga doble pión-núcleo.

Durante casi 20 años se han venido llevando a cabo con el sincrociclotrón investigaciones nucleares y de espectroscopía sobre isótopos producidos por irradiación de blancos. Los físicos del Instituto Central han identificado más de 100 nuevos isótopos radiactivos.

ANTIMATERIA

En el Instituto de Física de Altas Energías, de Serpujov, se está llevando a cabo un vasto programa de investigaciones con el acelerador de 76 GeV, utilizado ya para estudios sobre la dispersión de protón-protón y de protón-deuterón. Una cámara de burbujas de 2 metros se ha sometido a los haces de piones de 40 GeV. En la actualidad la instalación utiliza una cámara de burbujas de hidrógeno líquido de 2 metros "Ludmila", con un haz de antiprotones. También se realizan experimentos con un espectrómetro de chispa sin película y con un espectrómetro de chispa magnético de 5 metros, ambos fabricados en Dubna. Una serie de investigaciones realizadas por los científicos del Instituto han permitido adelantar el estudio de la antimateria y conducido al descubrimiento del núcleo antitritio.

Uno de los primeros usos del acelerador de protones de 400 GeV, de Batavia (Estados Unidos de América), fue el experimento realizado conjuntamente por los físicos de las instalaciones de Dubna y de Batavia sobre la dispersión a pequeños ángulos del protón-protón y del protón-deuterón. En las experiencias se utilizó un blanco de chorro fabricado en Dubna, ajustado posteriormente en experiencias realizadas con el acelerador Serpujov. Gracias a esos experimentos se obtuvo valiosa información acerca de la estructura del nucleón y de las fuerzas nucleares en las interacciones protónicas en una amplia gama de energía que alcanza hasta 400 GeV.

Los científicos del Instituto Central prosiguen sus trabajos experimentales en los aceleradores de Serpujov, Erevan y Batavia.

Con el ciclotrón de tres metros del Instituto, se logran aceleraciones de intensos haces de iones de un gran número de elementos, desde el boro al zinc. Mediante la utilización conjunta del ciclotrón y del ciclotrón isocrono de dos metros (U-200) se logró acelerar iones todavía más pesados, hasta los del zenón.

Utilizando reacciones inducidas de iones pesados, los científicos del Instituto Central han sintetizado varios isótopos de los elementos más pesados. Gracias al método de cromatografía de gases desarrollado en Dubna, se estudian las propiedades químicas de elementos transuránicos de corta vida. Una parte de las investigaciones se orienta a la búsqueda en la naturaleza de elementos superpesados, con números atómicos de 114 a 126.

Los experimentos de varios años de duración con iones pesados han conducido a los científicos del Instituto al descubrimiento de un nuevo fenómeno físico: la fisión espontánea de núcleos con períodos de semidesintegración anormalmente cortos a partir del estado isomérico, así como de un nuevo tipo de desintegración radiactiva nuclear: la emisión de protones retardados. Se han sintetizado más de 30 nuevos isótopos de elementos ligeros, ricos en neutrones, utilizando reacciones de transferencia con iones pesados.

El reactor pulsante de neutrones rápidos IBR-30 es una fuente de impulsos de neutrones, cortos e intensos, que se repiten periódicamente, y que constituye un instrumento muy adecuado para los experimentos físicos que se hacen con el método de tiempo de vuelo. Las investigaciones espectrométricas han ofrecido abundante información acerca de las resonancias de neutrones, especialmente acerca de la anchura del espin y de radiación de estos estados. Se ha logrado obtener un haz de neutrones polarizados de energía de hasta 10 KeV, con lo cual se ha podido estudiar la interacción entre neutrones polarizados

y núcleos ambos polarizados. Se han aplicado métodos originales para medir los momentos magnéticos de los estados nucleares de gran excitación, para investigar la desintegración alfa de las resonancias de neutrones, y de los rayos gamma de la captura radiactiva de los neutrones de resonancia.

Los científicos del Instituto han realizado experimentos que resultaron en el descubrimiento de neutrones ultrafríos que se conservan en "vasos" cerrados. Con métodos especiales desarrollados en Dubna se estudia la dinámica de los sólidos y de los líquidos mediante haces de neutrones.

COMPLEJO DE INFORMATICA

El Instituto Central dispone de un poderoso complejo de informática equipado con 60 computadoras de diversos tamaños. El centro principal de computación está conectado mediante canales de comunicación a los centros de medición de los laboratorios, en los que se utilizan minicomputadoras y computadoras de tamaño medio. El servicio lleva a cabo gran variedad de trabajos, incluso el tratamiento y análisis de datos de los experimentos, el control y la operación de las instalaciones de calculadoras del Instituto, la solución numérica de problemas matemáticos, complejos, etc.

El ingente volumen de información procedente de las cámaras de trazas se trata por medio de un dispositivo automático dotado de un haz explorador mecánico, de un aparato helicoidal de medida, de un dispositivo automático de tubo electrónico y de todo un conjunto que comprende 15 dispositivos semiautomáticos y pupitres de exploración. Todos estos elementos funcionan en línea con los sistemas de computadoras.

Muchas de las investigaciones del Instituto tienden a perfeccionar los aceleradores actuales y desarrolla nuevas técnicas para su utilización. El primer acelerador de Dubna — el sincrociclotrón — será convertido en breve en un fasotróon de corriente alta. En el fasotróon se ha logrado la aceleración de núcleos de deuterón, de helio y de carbono, con lo cual ha pasado a ser el primer acelerador relativista de núcleos con el que actualmente se desarrolla un vasto programa de investigaciones sobre haces de estas partículas. Los científicos del Instituto proyectan actualmente un nuevo acelerador relativista criogénico de núcleos llamado "nucleotróon".

En el Instituto se están perfeccionando muy satisfactoriamente técnicas de aceleración de iones pesados. Después de la construcción de un ciclotrón de tipo clásico de 3 metros, se instaló en Dubna un ciclotrón isócrono de gran campo magnético, de 2 metros. En la hora actual se está construyendo un nuevo y poderoso ciclotrón de 4 metros.

Muchas de las investigaciones de los especialistas del Instituto están relacionadas con el diseño de aceleradores de corriente intensa con variación espacial del campo magnético, y actualmente se estudia el diseño de un ciclotrón relativista: el "superciclotrón".

El Instituto ha propuesto un método de aceleración absolutamente novedoso: el llamado método colectivo. A tal efecto se han elaborado los fundamentos teóricos del método, que actualmente se están poniendo a prueba experimental.

La primera etapa de esta labor es la construcción de un acelerador de iones pesados. Con este fin se han construido un potente acelerador lineal de electrones, diversos tipos de dispositivos cohesores para obtener aglomeraciones anulares, conmutadores de corriente intensa y aparatos de diagnóstico anular. Se construye igualmente un sistema de resonadores criogénicos y de magnetos superconductivos — el "koltsetron" — para la aceleración anular de electrones-iones.

COOPERACION INTERNACIONAL

La cooperación científica internacional es la base de la actividad del Instituto Central de Investigaciones Nucleares, que en sus 20 años de existencia, ha experimentado considerables ampliaciones en diferentes aspectos. En la actualidad, los grupos internacionales de científicos e ingenieros del Instituto se especializan en casi todos los dominios de la física. El número de investigaciones realizadas en cooperación con los laboratorios nacionales de los Estados Miembros del Instituto Central se hace cada vez mayor. En el marco de esta cooperación se realizan investigaciones teóricas y experimentales y se diseñan aparatos de física y de radioelectrónica. El Instituto cuenta con 11 Estados Miembros: Bulgaria, Cuba, Checoslovaquia, Hungría, Mongolia, Polonia, la República Democrática Alemana, la República Democrática Popular de Corea, Rumania, la URSS y Viet-Nam.

Una forma de colaboración, llamada posteriormente "física a distancia" se ha desarrollado en forma continua desde los primeros años de existencia del Instituto. Las muestras radiactivas recibidas en los aceleradores de Dubna, se entrega a laboratorios de diferentes países para que realicen trabajos de investigaciones. Se ha ampliado la cooperación entre laboratorios de manera que comprenda el tratamiento simultáneo de una gran cantidad de material experimental: fotoemulsiones irradiadas en los aceleradores del Instituto, películas de la cámara de burbujas y registros en bandas magnéticas de los resultados de mediciones realizadas en las instalaciones experimentales de electrones.

El ICIN fomenta sus contactos científicos con institutos de sus Estados Miembros, y también con centros de investigaciones de otros Estados y organizaciones internacionales. La cooperación es particularmente fructuosa con la Organización Europea de Investigaciones Nucleares (CERN), con el Instituto Niels Bohr, el Instituto Laue-Langevin, de Grenoble, y con centros científicos de Finlandia, Francia, India, Inglaterra, Italia, la República Federal de Alemania, Suiza y Yugoslavia. Los científicos del Instituto, junto con físicos americanos, han realizado diversas experiencias con los aceleradores de Serpujov y de Batavia.

Los científicos del Instituto Central participan en todas las conferencias científicas internacionales de importancia y en numerosas reuniones nacionales, simposios, etc. El Instituto organiza cada año unos 40 cursos, conferencias, etc. Cada año asisten a Dubna más de 1000 especialistas de diferentes países para colaborar en trabajos conjuntos, hacer consultas y participar en reuniones. Por su parte, más de 500 científicos del Instituto visitan anualmente los Estados Miembros del ICIN y otros países.

EL INSTITUTO CENTRAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES Y EL OIEA

En 1973 se firmó un protocolo de colaboración entre el Instituto Central de Investigaciones Nucleares y el Organismo Internacional de Energía Atómica, en el que se prevé no solamente el intercambio de información sino también otras formas de cooperación, tales como por ejemplo, que el Instituto Central facilite sus instalaciones al Organismo para que se celebren reuniones científicas en Dubna, participe en el Sistema Internacional de Documentación Nuclear (INIS) del Organismo, ofrezca éste becas para la capacitación de físicos de los Estados Miembros del OIEA, en el cuadro del programa de asistencia técnica a los países en desarrollo o que los especialistas del Instituto participen en las conferencias, simposios y reuniones científicas organizados por el OIEA y el Centro Internacional de Física Teórica de Trieste.

Las cuestiones relativas a la colaboración se consideran regularmente en las visitas a Dubna del Dr. Eklund, Director General del OIEA, y de otros Directores del Organismo, e igualmente cuando visitan Viena los miembros del Directorio del Instituto. Desde el

momento mismo de la fundación del Instituto Mixto, se le ofreció la oportunidad de enviar un representante, en forma regular y a título de observador, a las reuniones anuales de la Conferencia General del Organismo. Entre el OIEA y el ICIN existe un intercambio continuo de comunicaciones científicas y de información sobre reuniones científicas. Varias de las reuniones del OIEA se han celebrado en Dubna.

Un número de científicos del Instituto han participado en reuniones del OIEA o del INIS, en reuniones del Comité sobre Datos Nucleares y en las discusiones sobre problemas de la utilización de métodos nucleares en ciencia y tecnología.

Aunque las tareas fundamentales del OIEA y del Instituto, no tengan entera coincidencia, presentan, sin embargo, intereses comunes, tales como los problemas de las técnicas de experimentación (electrónica nuclear); las automatización del tratamiento de datos nucleares; el control de sistemas complejos mediante computadoras en línea; el proceso de los datos obtenidos en los experimentos; la utilización de métodos nucleares de medición en las técnicas nucleares, así como en la industria, agricultura, ciencias naturales y medicina.

La experiencia adquirida por el Instituto en estas esferas puede servir como base para la ampliación futura de la cooperación existente entre el OIEA y el Instituto.

Para resumir la actividad de 20 años del Instituto Central de Investigaciones Nucleares, cabe observar que los méritos de su labor residen no solo en los excepcionales resultados obtenidos en sus investigaciones científicas y adelantos técnicos, sino también en el hecho de que para los científicos e ingenieros de sus Estados Miembros, el Instituto se ha convertido en una escuela única en su género, donde se adquieren las más altas calificaciones en muchas ramas de la física moderna. De los especialistas que han participado en los trabajos de investigación de Dubna son muchos los que actualmente tienen la dirección de grupos científicos, departamentos o institutos o son profesores y miembros de academias de ciencias.

El Instituto Mixto de Investigaciones Nucleares ha iniciado su quinto plan quinquenal. Se ha adoptado recientemente un nuevo proyecto para ampliar el Instituto, con la principal finalidad de crear un laboratorio experimental moderno de primera clase, y de orientar la investigación científica hacia nuevas ramas de la teoría física que presentan interés en la actualidad. Este plan refleja la gran importancia e incesante interés que los Estados Miembros prestan a las actividades del Instituto.