

Datos nucleares para la ciencia y la tecnología: Centros para el desarrollo

Información actual sobre el centro de datos nucleares del OIEA, sus servicios y las contribuciones de los países en desarrollo a la red mundial

por
Hans Lemmel

Un ejemplo típico de aplicación moderna de la física nuclear es el análisis mineral de muestras geológicas por activación neutrónica. La muestra que se ha de analizar se expone a radiación neutrónica, y el espectro de radiación gamma resultante se estudia desde el punto de vista de las intensidades y energías de las líneas gamma a fin de determinar la composición nuclear de la muestra y su contenido en minerales. Este método, empleado en los países industrializados y también, cada vez más, en los países en desarrollo, requiere ficheros completos de datos nucleares: las secciones eficaces de activación neutrónica de los elementos presentes en la muestra, los períodos de semidesintegración nuclear, y los datos de la desintegración radiactiva de los nucleidos activados que se investigan.

La radioterapia es otro ejemplo que ilustra la importancia de las aplicaciones de los datos nucleares. En determinadas condiciones, el cáncer puede tratarse con radiaciones nucleares de diferentes tipos: iones pesados, partículas cargadas ionizantes, electrones, fotones o neutrones. Para seleccionar la radiación más conveniente, y hacer la estimación de las consecuencias para el tumor y de los efectos no deseados sobre el tejido sano circundante, los cálculos computarizados dependen de una diversidad de bases de datos, incluidas la ionización y las secciones eficaces de dispersión.

Estos ficheros de datos están a disposición de los científicos de todos los Estados Miembros del OIEA mediante los servicios de datos nucleares del Organismo. Los ficheros que se necesiten pueden obtenerse en cinta magnética o disquetes de computadora, junto con documentación sobre el formato y el origen de los datos. Hace muy poco, el Sistema de Información sobre Datos Nucleares, NDIS, también empezó a ofrecer acceso en línea a las principales bibliotecas de datos del mundo por Internet o World Wide Web. También se dispone de una serie de manuales de datos nucleares que aún resultan útiles para muchos

usuarios, paralelamente al rápido desarrollo de los servicios electrónicos.

La Sección de Datos Nucleares del OIEA cuenta con un centro que posee la colección más amplia del mundo de bibliotecas de datos nucleares y atómicos necesarios para aplicar las tecnologías nucleares y de las radiaciones en los Estados Miembros. En el presente artículo se examinan estos servicios y la función especial que desempeñan los países en desarrollo en esta red mundial de datos.

Aplicaciones energéticas y de otro tipo

Si bien en la actualidad los datos nucleares se necesitan cada vez más para todo tipo de tecnología nuclear, la necesidad primordial de estos amplios ficheros de datos surgió inicialmente por las actividades de investigación y desarrollo de la energía nucleoelectrónica, que depende de una amplia variedad de datos nucleares. (Véase el recuadro de la página siguiente.) Gran parte de estos datos también se necesita para otras aplicaciones. Por lo tanto, las bibliotecas de datos básicos son bibliotecas "para uso general" y no para aplicaciones específicas. (Véase el recuadro de la página 36.) Estas bibliotecas de datos son bastante voluminosas; cada una de ellas tiene un tamaño típico del orden de los 100 megabytes. Se presentan en formatos internacionalmente acordados para los que existe una diversidad de códigos de computadoras para el procesamiento de datos. Además, se ha creado un gran número de bibliotecas de datos nucleares "para fines especiales" destinadas a aplicaciones específicas, entre ellas las especializadas en datos de referencia modelo para la normalización de las mediciones nucleares, la calibración de detectores, la dosimetría neutrónica y muchas otras. Estas bibliotecas de datos utilizan diferentes formatos y son más pequeñas de tamaño, de manera que son las más adecuadas para las computadoras personales. También existen manuales de datos nucleares, que no sólo contienen tabulaciones y curvas de datos nucleares, sino también instrucciones pormenorizadas sobre técnicas de medición para aplicaciones específicas. (Véase el recuadro de la página 36.)

El Sr. Lemmel es funcionario superior de la Sección de Datos Nucleares de la División de Ciencias Físicas y Químicas del OIEA.

Además de las aplicaciones de la energía nucleoelectrónica, los ficheros de datos nucleares se utilizan en la enseñanza universitaria; las investigaciones de física nuclear; los centros o institutos nacionales; la investigación y desarrollo; el análisis de materiales por activación neutrónica; los procesos industriales; la dosimetría; la calibración de detectores; la producción de radionúclidos médicos y las aplicaciones en radioterapia.

Mediciones de datos nucleares

Si bien los primeros reactores nucleares de potencia comenzaron cuando se tenía un conocimiento algo rudimentario de los datos nucleares, muy pronto se hizo evidente que su eficacia, economía y seguridad exigían no sólo un conocimiento minucioso y preciso de todos los datos nucleares pertinentes, sino también un cuidadoso análisis de las incertidumbres en los datos y sus consecuencias. La disponibilidad de datos nucleares más precisos, que permitan pronosticar el comportamiento del reactor en condiciones excepcionales de funcionamiento, aumenta la seguridad del reactor. Asimismo, incrementa la economía de explotación al proporcionar, por ejemplo, secciones eficaces del daño radioinducido más precisas, que permiten hacer un pronóstico más fiable de la vida útil de la vasija de un reactor. Por ende, el aumento, por pequeño que sea, de la precisión de los datos nucleares en la metrología nuclear puede traducirse en el ahorro de muchos millones de dólares por concepto de explotación de reactores de potencia en el mundo.

Por consiguiente, en el decenio de 1950 se inició la ejecución de un programa integral de medición de datos nucleares, principalmente en los Estados Unidos, Europa occidental, la antigua Unión Soviética y el Japón, que culminó en los años setenta y principios de los ochenta, aunque aún está en marcha en menor escala. El programa también incluyó diversas mediciones aportadas por los países en desarrollo más adelantados.

Evaluación de datos nucleares

En las primeras mediciones de datos nucleares había un nivel de incertidumbre bastante elevado, y a menudo se observaban discrepancias entre distintas mediciones de una misma cantidad. Se hicieron ingentes esfuerzos por cambiar esta situación, incluido el desarrollo de nuevos métodos, instalaciones de medición, detectores de radiaciones, analizadores electrónicos y la preparación de muestras puras isotópicas, hasta poder determinar los datos nucleares con la exactitud requerida para lograr tecnologías nucleares precisas.

Surgió una nueva ciencia: la evaluación de los datos nucleares. Los evaluadores parten de los datos experimentales disponibles, los que complementan con estimaciones teóricas de regiones energéticas y tipos de datos no abarcados en los experimentos, y convierten los datos resultantes avalados en los formatos de ficheros requeridos por los códigos de computadoras en aplicaciones específicas.

Ejemplos de categorías de datos nucleares

Datos sobre estructura y desintegración nucleares

- Masas isotópicas; niveles nucleares y sus propiedades
- Períodos de semidesintegración de los radionúclidos y los isómeros
- Energías e intensidades de los rayos gamma y de partículas emitidas

Datos sobre reacción nuclear

- Secciones eficaces de reacciones nucleares inducidas por neutrones, fotones, protones y otras partículas cargadas, incluidos los iones pesados
- Reacciones que conducen a activación, daño radioinducido, producción de radionúclidos, fisión, espalación, transmutación, etc.
- Rendimientos y energías de los rayos gamma y las partículas secundarias
- Fisión nuclear: rendimientos de los neutrones de fisión y los productos de fisión, emisión de energía afín, etc.

Datos atómicos

- Interacciones de los electrones
- Interacciones del plasma de fusión
- Procesos atómicos en las irradiaciones médicas

Las bibliotecas de datos nucleares que se crearon a partir de estos esfuerzos constituyen un beneficio enorme, y el libre intercambio de ficheros de datos nucleares entre los países industrializados y los países en desarrollo refleja el importante nivel de transferencia de tecnología que se ha alcanzado.

Contribuciones de los países en desarrollo

¿Qué papel han desempeñado los países en desarrollo en el estudio de los datos nucleares? En el período de 1970 a 1990, se realizaron unas 44 000 mediciones de datos sobre reacciones neutrónicas en todo el mundo, de las cuales 4000 (o sea, el 9%) se efectuaron en 32 países en desarrollo. Para mejorar la transferencia de tecnología en esta esfera, que puede fortalecer la capacidad de los países en desarrollo para utilizar las técnicas nucleares en muchas aplicaciones, en el decenio de 1980 el OIEA ejecutó un proyecto interregional de cooperación técnica sobre técnicas e instrumentación de datos nucleares. Posteriormente, los países en desarrollo participaron en el Programa coordinado de investigación del Organismo orientado a crear o mejorar las bases de datos nucleares para aplicaciones específicas, que incluían secciones eficaces de activación neutrónica de 14 MeV, datos nucleares para aplicaciones médicas, datos nucleares sobre actínidos en reactores de fisión, y datos nucleares y atómicos para el diseño de reactores de fusión.

Bibliotecas de datos nucleares

(siglas, origen, contenido)

Principales bibliotecas completas

- EXPOR; Red Internacional de Centros de Datos Nucleares; contiene datos sobre reacciones nucleares experimentales
- ENSDF; Estados Unidos y Red Internacional; contiene datos sobre la estructura nuclear y datos radiométricos de los radionucleidos
- *Bibliotecas que contienen datos evaluados sobre reacciones nucleares en formato "ENDF" uniforme:* ENDF/B-6, Estados Unidos; JEF-2, Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE; JENDL-3.2, Japón; BROND-2, Federación de Rusia; CENDL-2, China
- FENDL; OIEA y Red Internacional; contiene datos nucleares para el diseño de reactores de fusión, así como para otras aplicaciones

Bibliotecas para fines especiales

- N.D. Standards; Comité Internacional de Datos Nucleares del OIEA; normas para las mediciones nucleares
- XG Standards; Programa coordinado de investigación del OIEA; calibración de detectores de rayos gamma y rayos X
- IRDF; OIEA en cooperación con otros centros; fichero internacional de dosimetría de reactores, dosimetría neutrónica mediante activación de hojas
- IDGAM; Japón-Brasil; identificación de radionucleidos mediante sus rayos gamma
- ALADDIN; OIEA y Red de Centros de Datos; datos de colisión atómica y molecular para aplicaciones de la fusión nuclear
- SGNucDat; Sección de Datos Nucleares del OIEA; datos nucleares para salvaguardias
- GANAAS; Sección de Física del OIEA; análisis por activación neutrónica
- CENPL; China; diversos parámetros nucleares evaluados
- MENDL-2; Federación de Rusia; transmutación nuclear

La situación actual no es uniforme. Una serie de países en desarrollo —como Argentina, Bangladesh, Brasil, Egipto, Israel, Marruecos, Pakistán, Tailandia, Turquía, Viet Nam y muchos países de Europa oriental, entre otros— tenían y siguen teniendo programas de mediciones de datos nucleares. Algunos países —por ejemplo, Arabia Saudita, Argelia, Malasia, México, Myanmar y varios otros— notificaron mediciones ocasionales de datos nucleares. La India, después de ejecutar un programa muy intenso en materia de datos nucleares en el decenio de 1970, ha reducido notablemente estas actividades, mientras que, aproxi-

Red de centros de datos nucleares

- National Nuclear Data Center, Brookhaven, Estados Unidos; servicios a los Estados Unidos y el Canadá
- Banco de Datos de la Agencia para la Energía Nuclear (AEN), Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), París, Francia; servicios a los países europeos miembros de la OCDE y el Japón
- Sección de Datos Nucleares del OIEA, Viena, Austria; servicios destinados principalmente a los países en desarrollo y coordinación de la red mundial
- Centros de Datos Nucleares de Rusia, Obninsk y Moscú, Rusia; servicios a los Estados surgidos de la antigua URSS

Además de estos centros fundamentales, la Red abarca centros nacionales de datos nucleares en el Japón, China y Hungría. Otros países cooperan sin participar oficialmente en la Red.

Manuales de datos nucleares

Atomic and Molecular Data for Radiotherapy and Radiation Research (IAEA TECDOC-799, publicado en 1995)

The Index to the Literature and Computer Files on Microscopic Neutron Data (CINDA, publicación anual)

International Bulletin on Atomic and Molecular Data for Fusion (IBAMD-49, publicación bianual)

Handbook on Nuclear Activation Data (Vol. No. 273 de la Colección de Informes Técnicos del OIEA, publicado en 1987 y reimpresso en 1995)

Decay Data of the Transactinium Nuclides (Vol. No. 261 de la Colección de Informes Técnicos del OIEA, publicado en 1986 y reimpresso en 1995)

X-ray and Gamma Ray Standards for Detector Calibration (IAEA TECDOC-619, publicado en 1991 y reimpresso en 1994)

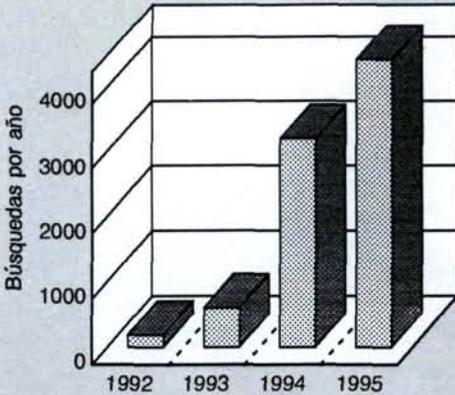
Handbook on Nuclear Data for Borehole Logging and Mineral Analysis (Vol. No. 357 de la Colección de Informes Técnicos del OIEA, publicado en 1993)

madamente en 1980, China inició un sólido programa en esta materia, al que continúa dando firme respaldo.

Un ejemplo interesante es la República de Corea. Aunque el país tiene un programa nucleoelectrónico, antes prácticamente no se realizaban mediciones de datos nucleares. Sin embargo, en los últimos años se comprendió que todo país con importantes aplicaciones nucleares en las esferas de la energía y la industria, necesita una infraestructura de física nuclear adecuada que incluya las mediciones de datos. Por consiguiente, se espera que en el futuro inmediato ese país aumente significativamente las actividades relacionadas con los datos nucleares.

Sistema de Información sobre Datos Nucleares (NDIS)

Desarrollo de los servicios en línea de datos nucleares, utilizados actualmente por 41 países



Servicios de datos nucleares en 1990-1995 por región geográfica

Región	Servicios por correo		Servicios en línea	
	Número de países	% de solicitudes	Número de países	% de solicitudes
Países miembros de la OCDE	22	24%	17	36%
Antigua URSS	6	7%	2	17%
Europa oriental	9	18%	8	40%
Asia, Australia	15	24%	6	1%
Africa y Cercano Oriente	26	13%	2	3%
América Latina	15	14%	6	3%
Total	93	100%	41	100%

En cuanto a las aplicaciones de la energía nucleoelectrónica, es necesario realizar un esfuerzo especial para convertir las bibliotecas de datos nucleares en los formatos especiales ("datos multigrupo") que exigen los códigos de computadoras. Entre los países en desarrollo, Argelia, Eslovenia, India, Indonesia y la República de Corea son fundamentalmente los que participan en estas actividades coordinadas por el OIEA y apoyadas con cursos de capacitación.

Otro proyecto de cooperación se refiere al mantenimiento de la base de datos internacional para los datos sobre estructura y desintegración nucleares. China, Kuwait y Rusia se han unido a otros siete países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en este proyecto, orientado por el OIEA y el Centro Nacional de Datos Nucleares de los Estados Unidos.

Necesidades de datos nucleares en los países industrializados

En la esfera de los datos nucleares, los países industrializados se encuentran actualmente en una fase de transición. Luego de resolverse las principales necesidades de datos nucleares sobre reactores de potencia térmicos y rápidos, se han cerrado muchas de las instalaciones de medición. Al mismo tiempo, muchos físicos nucleares de experiencia se han jubilado. De improviso se comprendió que podría producirse una escasez de físicos nucleares jóvenes, y que el uso sostenido de la energía nuclear podría verse en peligro, a menos que se preservaran los conocimientos prácticos sobre técnicas de medición de datos nucleares. Esta preocupación se ha expresado en varios estudios de expertos en Francia, los Estados Unidos, el Japón, Rusia y la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE. Además, en 1995 un grupo de destacados expertos convocados por el OIEA llegó a la conclusión de que el programa sobre datos nu-

cleares del Organismo seguía siendo pertinente y de gran prioridad para todos los Estados Miembros.

Las actividades de los países industrializados se centran actualmente en las necesidades de datos nucleares para el desarrollo de reactores de fusión y en el perfeccionamiento de los datos sobre energía nuclear necesarios para estudiar la transmutación de actínidos no deseados que se producen en los reactores de potencia. Esta investigación requiere instalaciones costosas que no existen en los países en desarrollo.

Además de esta investigación avanzada sobre datos nucleares, continúan los trabajos encaminados a perfeccionar los datos nucleares sobre reactores de potencia de fisión. Bajo los auspicios del Comité Internacional de Datos Nucleares, los centros de datos compilaban una lista de datos nucleares respecto de los cuales se requiere mayor precisión para aplicaciones específicas en los reactores de potencia y las salvaguardias del material nuclear. Esta lista incluye 290 solicitudes de máxima prioridad y 430 solicitudes de más baja prioridad, y tiene la finalidad de servir de guía a científicos y administradores cuando planifiquen programas de investigación nuclear. Recientemente la AEN elaboró una "lista de alta prioridad" similar de solicitudes sobre mediciones de datos nucleares. En el marco de la Red de Centros de Datos Nucleares, la AEN desempeña una función rectora en las actividades de cooperación para la evaluación de datos nucleares.

Coordinación internacional

Ya en el decenio de 1950, las mediciones de datos nucleares eran tan numerosas que en el Brookhaven National Laboratory de los Estados Unidos se creó un Centro Nacional de Datos Nucleares. En 1964 se crearon otros tres centros en la AEN, el OIEA y Obninsk, Rusia. Estos cuatro centros constituyen el núcleo de la Red de Centros de Datos Nucleares que coordina el OIEA (véase el recuadro de la página 36)



Se necesitan datos nucleares en una gama de esferas, incluida la atención de la salud.
(Cortesía: H.F. Meyer/OIEA)

y son el vínculo indispensable entre los productores y los usuarios de datos nucleares. La tarea de reunir las grandes cantidades de datos, compilarlos y evaluarlos, y de darles los formatos que los usuarios necesitan, sólo puede hacerse mediante actividades internacionales bien coordinadas. Este método evita la duplicación y aprovecha al máximo la labor de expertos especializados de los centros y países que ofrecen su cooperación.

Los logros de esta red han sido impresionantes. Mediante el intercambio sistemático entre los centros, un científico de cualquier Estado Miembro tiene acceso a toda la información sobre datos nucleares, sin tener en cuenta el país en que se hayan generado los datos. Además, los datos (al menos las principales categorías de datos nucleares) se presentan en formatos mundialmente uniformes, de manera que al utilizar bibliotecas de datos evaluados procedentes de los Estados Unidos, Europa, Rusia, China o el Japón se pueda aplicar el mismo conjunto de códigos de computadoras para el procesamiento de datos.

En la red de datos, la Sección de Datos Nucleares del OIEA se centra en los servicios que se prestan a los países en desarrollo, mientras que los servicios a los países industrializados se proporcionan principalmente por conducto de sus centros nacionales de datos o el Banco de Datos de la AEN. Además de las bases de datos recibidas de los centros cooperantes para su distribución gratuita entre todos los Estados Miembros, los productos del Centro de Datos Nucleares del OIEA son fundamentalmente el resultado de Programas coordinados de investigación y mecanismos de cooperación oficiosos. El Comité Internacional de Datos Nucleares, organismo asesor permanente integrado por Brasil, China, Hungría, India, Rusia y ocho países miembros de la OCDE, determina las prioridades del

programa del OIEA sobre datos nucleares y atómicos para las aplicaciones.

Solicitudes de servicios

En los últimos años, el Centro de Datos Nucleares del Organismo ha recibido unas 800 solicitudes anuales de científicos de 93 Estados Miembros. Todos los años se han enviado aproximadamente 300 ficheros de datos en cintas magnéticas y disquetes, 100 códigos de computadoras para el procesamiento de datos afines y 2000 copias de material impreso. Además de estos servicios de atención a solicitudes de carácter convencional, en 1995 se realizaron más de 4000 búsquedas electrónicas mediante el Sistema de Información sobre Datos Nucleares en línea a través de Internet. (Véanse el gráfico y el cuadro de la página anterior.)

En el futuro se espera un rápido incremento de la demanda de servicios en línea, y que la Sección de Datos Nucleares del OIEA haga grandes esfuerzos por seguir ampliando y mejorando los servicios. El número de solicitudes demuestra que los científicos de los países europeos son los que más utilizan en estos momentos los servicios en línea. Este acceso electrónico a los datos nucleares complementará los envíos por correo convencional, que para la mayoría de los países en desarrollo sigue siendo, por el momento, la principal vía de recepción de la información que necesitan para apoyar su desarrollo en la esfera de la ciencia y la tecnología nucleares.