Actividades de capacitación en ciencias físicas y químicas

Los laboratorios del OIEA capacitan a científicos y técnicos de países en desarrollo

por A.A. Abdel-Rassoul

El Laboratorio de Física, Química e Instrumentación (FQI) del OIEA en Seibersdorf, Austria, capacita a científicos y técnicos de países en desarrollo en una amplia gama de disciplinas relacionadas con el uso de métodos nucleares y tecnologías afines. Los cursos de capacitación se concentran en esferas como el control del medio ambiente y la contaminación, química analítica, control de la pureza de los materiales nucleares, dosimetría, hidrología isotópica, electrónica e instrumentación nucleares, y la programación y el mantenimiento de computadoras. El FQI organiza también capacitación en grupos para becarios seleccionados por un período de hasta seis meses, y capacitación en el servicio por un período de 2 a 12 meses.

Los programas de capacitación en el servicio se dividen en cuatro esferas: química, instrumentación nuclear, dosimetría e hidrología isotópica. Estas esferas reflejan la estructura orgánica del laboratorio de FQI.

Química

La dependencia de química apoya los programas del Organismo mediante los servicios de química analítica y programas de capacitación destinados a aumentar la competencia técnica de los especialistas de países en desarrollo en la esfera de la química analítica. Hasta el momento los programas de capacitación avanzados, que abarcan diversos aspectos de las modernas técnicas analíticas nucleares y otras técnicas microanalíticas, incluyen la determinación de oligoelementos en diversos materiales inorgánicos, sustancias biológicas y productos alimenticios, en elementos combustibles nucleares, suelos, rocas y minerales, en la lluvia y otras aguas naturales, así como la determinación de contaminantes radiactivos en productos alimenticios y componentes ambientales.

En la actualidad se hace hincapié en la determinación de oligoelementos y radionucleidos en muestras biológicas y ambientales de, entre otras cosas, productos alimenticios individuales, la dieta total, precipitaciones, filtros de aire, materiales vegetales, y el suelo. Por otra parte, también se determinan los elementos principales y secundarios en muestras mineralógicas.

Para ello, la dependencia de química brinda capacitación e investigación dirigidas que incluyen el empleo de diversas técnicas, y ofrece servicios de control de la calidad a varios laboratorios de análisis en las siguientes esferas:

Análisis por activación neutrónica: Las determinaciones de oligoelementos en diferentes matrices aplicando el análisis por activación neutrónica (AAN) se realizan mediante la irradiación de neutrones en el reactor ASTRA, ubicado en el Centro Austriaco de Investigaciones en Seibersdorf, seguida de procesos radioquímicos o de mediciones espectrométricas nucleares, o ambos. Existen diversos tipos de detectores e instrumentos de medición nuclear que se utilizan para medir cada producto de la activación, con ayuda de la evaluación de los espectros por computadora. Los límites de detección que se pueden alcanzar oscilan entre 1 nanogramo/gramo (ng/g) y 100 ng/g para la mayoría de los oligoelementos de interés nutricional o ambiental.

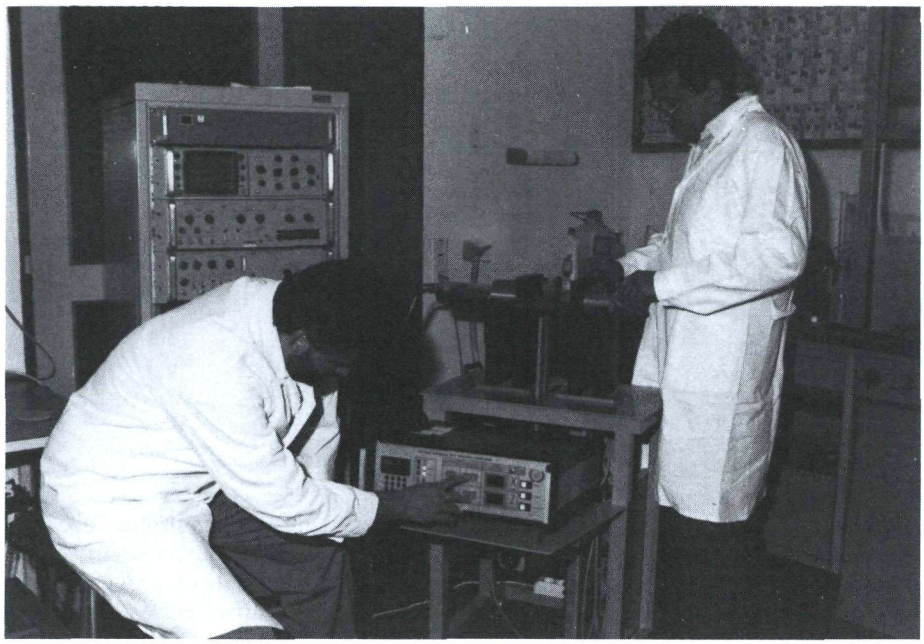
Fluorimetría. La fluorimetría convencional y fluorimetría láser se emplean en la determinación de los niveles de traza de uranio en diferentes tipos de agua, materiales biológicos y alimenticios y en muestras de minerales. Los límites de detección alcanzables con el uso del fluorímetro láser son del orden de los 0,05 ng/g en las muestras de agua y 0,05 microgramos (μg/g) en la mayoría de los minerales.

Espectrometría de absorción atómica. Esta dependencia cuenta con un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) que tiene un sistema controlado por microprocesadores con pantalla de visualización, control automático para corrección de fondo (lámpara de deuterio), y proceso de datos y señales. Este instrumento se utiliza fundamentalmente para determinar cantidades ultramicroscópicas de elementos químicos mediante las técnicas de horno de grafito y vapor frío, así como los elementos que componen el hidruro metálico mediante varios procedimientos de separación de este último.

Espectroscopía de emisión de plasma acoplado por inducción (ICP). El instrumento que se utiliza para la espectroscopía de emisión ICP está dotado de un espectrómetro de emisión combinada para mediciones simultáneas y secuenciales. El policromador destinado a las mediciones simultáneas tiene un dispositivo para 18 elementos. El monocromador se puede utilizar para

---

El Sr. A.A. Abdel-Rassoul es Jefe del Laboratorio de FQI en los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf. Colaboraron también en la preparación de este artículo los Jefes de las dependencias de Química, Instrumentación, Dosimetría e Hidrología Isotópica.



Aparato acoplado a microprocesador para medir la densidad de las muestras de suelo, que fue diseñado por un pasante y construido en la dependencia de instrumentación del laboratorio FQI.

el análisis de casi todos los elementos de la tabla periódica.

Mediciones de radiactividad. La capacitación abarca también el funcionamiento de distintos tipos de instrumentos de medición de espectroscopía nuclear empleados para evaluar la presencia de radiactividad de bajo nivel en diferentes nucleidos. Estas mediciones se realizan para vigilar la contaminación de los alimentos y el medio ambiente, determinar la radiactividad natural (de las series del uranio, el radio y el torio) en el suelo y en otras muestras geológicas, y medir la cantidad de radisótopos que se obtienen en los procesos inducidos con técnicas nucleares. Se dispone de sistemas completos para la espectrometría gamma, el conteo de centelleo líquido, el conteo de centelleo para alpha y beta, y el conteo y la espectrometría alfa. Existen varios instrumentos especiales para la capacitación en materia de mediciones nucleares, entre ellos los analizadores multicanales, los detectores de radiación y los espectrómetros.

Servicios de control de calidad para los laboratorios analíticos. La dependencia de química ofrece capacitación práctica en materia de control de calidad mediante la realización y organización de intercomparaciones en las que participan varios laboratorios analíticos. Desde 1959, el Organismo ejecuta el programa denominado Servicios para el Control de Calidad de los Análisis (SCCA), mediante el cual se elaboran materiales de referencia que se distribuyen a numerosos laboratorios de los Países Miembros. Estos materiales se utilizan constantemente en la evaluación de los niveles bajos de radiactividad, el análisis espectral, la determinación de elementos secundarios y oligoelementos, la determinación de las proporciones de isótopos estables y el análisis de algunos compuestos orgánicos en diferentes matrices.

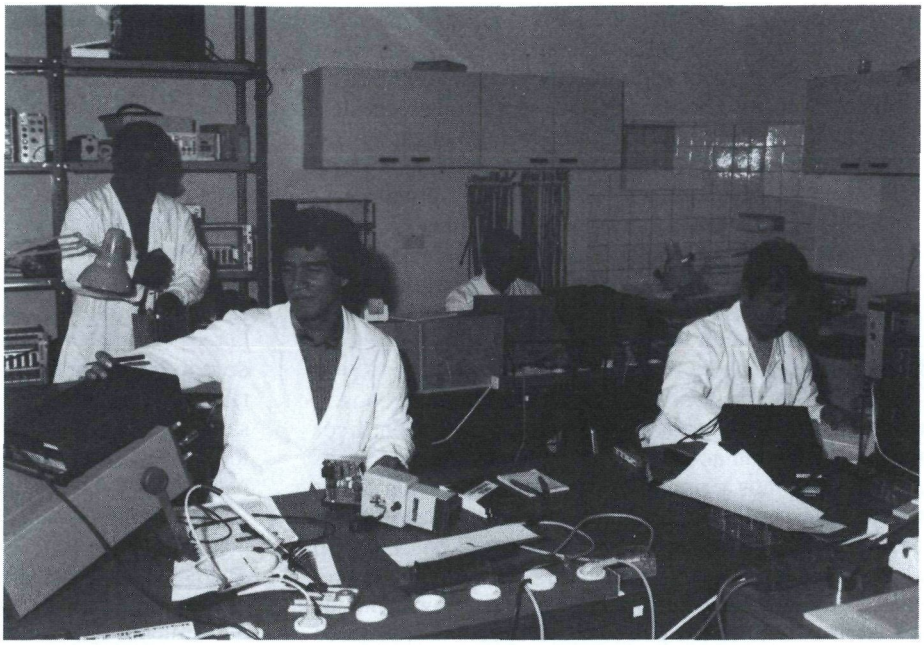
En todos los casos, teniendo en cuenta el nivel de instrucción y la experiencia profesional de quienes recibirán la capacitación, se puede desarrollar una investigación orientada a problemas, por ejemplo, para mejorar los límites de detección mediante una adecuada obtención y tratamiento de las muestras.

Instrumentación nuclear

Las actividades de capacitación en la dependencia de instrumentación incluyen la capacitación de becarios de forma individual y en grupos. Técnicos e ingenieros en electrónica de los Estados Miembros en desarrollo se familiarizan con el diseño de circuitos, la construcción y el funcionamiento de instrumentos de medición nuclear. Adquieren experiencia práctica en la realización de pruebas de control, mantenimiento, servicios y reparación de fallas en los equipos.

La capacitación individual en el servicio comenzó en 1980. En la actualidad, más del 80% de las solicitudes aprobadas por la División de Asistencia y Cooperación Técnica del Organismo se asignan a la dependencia de instrumentación. Se han previsto programas individuales encaminados a satisfacer las necesidades y capacidad técnica de cada participante. Al principio estos adquieren conocimientos y experiencia básicos en electrónica nuclear, y en la manipulación y uso correctos de los instrumentos de prueba y las herramientas de reparación y reciben además la información básica necesaria para diseñar y construir los distintos tipos de instrumentos que se suelen utilizar en las mediciones nucleares.

Mediante la supervisión y orientación permanentes, los becarios adquieren experiencia en el mantenimiento y la reparación de los equipos electrónicos. Una vez familiarizados con la teoría de microprocesadores, el diseño de la dotación física y los programas, se les capacita en el diseño y la construcción de instrumentos de medición más complejos.



Capacitación de becarios en grupo en el mantenimiento de los instrumentos espectroscópicos nucleares.

Por ejemplo, recientemente un becario diseñó y construyó un aparato acoplado a microprocesadores que se emplea para medir la densidad de las muestras de suelo mediante la atenuación de rayos gamma emitidos por cesio 137 y americio 241. Otro diseñó y construyó un equipo para la determinación del dióxido de radiocarbono que se utiliza en la actualidad en un proyecto de cooperación técnica en el Pakistán. También diseñó y ensambló un generador de ruido con fines didácticos que se utilizará en la capacitación en materia de mantenimiento de los instrumentos nucleares.

Desde 1983 se han brindado cursos de capacitación individual en el servicio a 21 becarios procedentes de 18 países. Todos los años se aceptan entre cuatro y seis becarios por períodos de 6 a 12 meses. Este tipo de capacitación individual exige esfuerzos concentrados de orientación y spervisión durante largos períodos. Finalmente los candidatos adquieren suficiente experiencia para actuar como capacitadores cuando regresan a sus países.

En 1986 se inició la capacitación de becarios en grupos en materia de mantenimiento de instrumentos de espectroscopía nuclear, para dar respuesta al número cada vez mayor de solicitudes relativas a la capacitación de especialistas nacionales de países en desarrollo y mantener niveles apropiados de servicios de mantenimiento y reparación en dichos países. Con un período limitado de seis meses y, por lo general, con la participación de seis u ocho becarios, este grupo hace un uso óptimo de las posibilidades de capacitación del laboratorio. Se presta especial atención a los instrumentos nucleares, entre ellos los instrumentos atendidos por computadoras con que se realizan las mediciones espectroscópicas en la mayoría de los laboratorios de control de la investigación y el desarrollo. En este tipo de capacitación se incluye como aspecto importante la revisión de fallos en instrumentos nucleares de producción industrial tales como detectores de semiconductor, preamplificadores, amplificadores, fuentes de alimentación de alta y baja tensión, y analizadores multicanales acoplados a microprocesadores. Se insiste en el análisis, con diagramas de bloques y diagramas de circuito, de distintos modelos de instrumentos espectroscópicos producidos en fábricas (así como en la práctica de mantenimiento y la revisión de fallos con el empleo adecuado de los instrumentos de medición).

Una vez que los becarios han adquirido conocimientos básicos y experiencia en el funcionamiento y mantenimiento de detectores y de componentes analógicos, digitales, de microprocesadores y de computadoras, se hace más fácil la reparación de otros tipos de instrumentos electrónicos nucleares, entre los que figura la mayor parte de los instrumentos que se utilizan en la mayoría de los laboratorios de investigación y servicios, medicina nuclear, agricultura, fisioterapia e hidrología.

Ocasionalmente se autoriza a algunos becarios a pasar un curso adicional de capacitación en el servicio y se prolonga su período de capacitación.

En noviembre de 1987 comenzó, en cooperación con la sección de becas del Organismo, la primera capacitación de becarios en grupos en la que participaron cuatro becarios de Birmania, Argelia, Kenya y Bangladesh. El próximo curso de capacitación de becarios en grupo se prevé para octubre de 1988 y acogerá a ocho participantes.

Dosimetría

La dependencia de dosimetría en Seibersdorf, por intermedio de la sección de dosimetría, funciona como laboratorio central de la Red de laboratorios secundarios de calibración dosimétrica (LSCD) del OIEA/OMS (Organización Mundial de la Salud). Esta red, que funciona desde 1976, abarca más de 50 LSCD en todo el mundo, de los cuales alrededor de 40 están ubicados en los Esta-

dos Miembros en desarrollo. La dependencia de dosimetría mantiene patrones secundarios, brinda servicios de calibración e irradiación de referencia a los LSCD y otros laboratorios que los soliciten, desarrolla técnicas e instrumentos más modernos para la normalización secundaria, capacita a becarios, organiza y evalúa la intercomparación de dosis con dosímetros termoluminescentes (DTL) y cámaras de ionización, y brinda servicios de expertos para apoyar los proyectos de asistencia técnica del Organismo.

Como laboratorio central de la red, la dependencia de dosimetría se orienta fundamentalmente a los servicios y hace mucho hincapié en la capacitación.

Todos los años se programan dos períodos de capacitación de dos meses cada uno, a fin de que los científicos menos experimentados de la red se familiaricen con los aspectos teóricos y prácticos de la normalización de las técnicas de medición de las radiaciones ionizantes. En cada período de capacitación se aceptan hasta cuatro alumnos, y el plan de capacitación, adaptado a las necesidades individuales, refleja la técnica más avanzada de los laboratorios de sus países con respecto al trabajo de calibración, el control de la calidad y la garantía de calidad.

Se proporciona capacitación en tres niveles, conforme al nivel de instrucción y las esferas de interés de los alumnos. El primer nivel incluye la capacitación general de científicos con menos experiencia para familiarizarlos con las distintas técnicas e instrumentos de medición que se utilizan en dosimetría. El segundo nivel abarca las técnicas específicas de calibración y medición para operadores. Los profesionales de más experiencia en las esferas pertinentes reciben una capacitación avanzada en temas específicos de dosimetría.

Entre los temas que se abordan en esta capacitación están los siguientes:

Cámaras de ionización. Abarca la determinación de la dependencia energética de las cámaras de ionización para energías de radiación desde rayos X de 10 kV hasta la energía del cobalto 60 (calibración en aire y en simulador); determinación de la dosis absorbida mediante cámaras de ionización; determinación de la calidad de la radiación de haces de rayos X de baja y elevada intensidad mediante las mediciones de la capa de valor mitad; técnicas y métodos de control de calidad y garantía de calidad; pruebas de eficiencia y calibración de los dosímetros que controlan el nivel de protección.

Dosimetría termoluminescente (DTL). Trata la dependencia energética de los materiales de DTL; la introducción y demostración de las características físicas de la DTL (dependencia energética, rendimiento, características de desvanecimiento, procedimientos de limpieza y recocido, gamas de dosis aplicables, curvas de liminiscencia); la introducción al servicio postal de intercomparación de dosis para energías de rayos X y de cobalto 60; la aplicación de la DTL para niveles de protección radiológica (por ej. vigilancia personal), el nivel de terapia y la dosimetría de altas dosis.

Dosimetría química para niveles de dosis medias y altas. Abarca el sistema de dosimetría de Fricke, la preparación de solución de Fricke y la evaluación de dosímetros irradiados; el sistema de etanol-monoclorobenceno; y la evaluación de ámpulas de dosímetros irradiados.

Hidrología isotópica

El laboratorio de la dependencia de hidrología isotópica está ubicado en la sede del OIEA, en Viena. El laboratorio interviene como parte de una red mundial, en proyectos de cooperación técnica, contratos de investigaciones, y en un programa para el estudio de la concentración isotópica en las precipitaciones.

Entre los servicios que brinda la dependencia de hidrología figuran el análisis isotópico de muestras de agua para proyectos, contratos de investigaciones y para la red; el almacenamiento y la distribución de materiales de referencia e intercomparación; la asistencia en la instalación de laboratorios de hidrología isotópica; el desarrollo de nuevos procedimientos de medición uniformes; la organización de intercomparaciones y la capacitación de becarios de países en desarrollo.

En la actualidad se cuenta con varios servicios analíticos para la capacitación en el servicio:

- Sistema para la determinación de la actividad del tritio en muestras de agua, dotado de una unidad de enriquecimiento electrolítico (dos juegos de células electrolíticas); un espectrómetro de centelleo líquido y una instalación de conteo gaseoso (dotada de dos contadores proporcionales de gas con los dispositivos electrónicos pertinentes).
- Sistema para determinar la actividad del carbono 14 en las muestras de agua, incluido un dispositivo para la precipitación de carbonatos en muestras de agua; línea de preparación para la conversión de carbonatos en metano; y una instalación de conteo proporcional de gas a bajo nivel.
- Espectrometría de masas de la proporción de isótopos estables de deuterio, oxígeno 18 en el agua y carbono 13 en los carbonatos. En la actualidad se cuenta con dos espectrómetros de masas, con sus correspondientes líneas de preparación, para la capacitación en el empleo.
- Laboratorio de hidroquímica para realizar análisis químicos de muestras de agua (pH, conductividad, aniones, oligoelementos). El Laboratorio está dotado de un espectrofotómetro de absorción atómica, un cromatógrafo de ión líquido y un espectrofotómetro de rayos UV visibles.

Se brinda capacitación de diferentes niveles, según los conocimientos y necesidades del becario. Por lo general, abarca la capacitación práctica en la preparación de muestras de agua para diferentes tipos de análisis isotópicos y en el funcionamiento y mantenimiento de los espectrómetros de masas, espectrómetros de centelleo líquido y contadores de gas. Los becarios reciben también capacitación básica en esferas como la evaluación y el tratamiento estadístico de los datos de las mediciones, las fuentes de errores en sistemas de conteo de bajo nivel y los procedimientos de normalización.

Cada año entre tres y siete becarios reciben capacitación individual en la dependencia de hidrología isotópica. La duración del curso oscila entre dos semanas y seis meses. Además, la capacitación en el laboratorio acerca del empleo de métodos isotópicos en hidrología se ofrece mediante la capacitación de becarios en grupo.

Para 1990 se prevé un curso de capacitación avanzado en materia de técnicas de análisis isotópico que estará dirigido al personal de los laboratorios de isótopos ambientales en países en desarrollo.