



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

APRUEBA CURSOS DE POSGRADO

Buenos Aires, 26 de septiembre de 2001.

VISTO la solicitud de aprobación y autorización de implementación de los cursos de posgrado "Propiedades y aplicaciones de Oxidos tipo Perovskita"; "Química del Estado Sólido" y "Recientes Avances en la Resolución de Estructuras Cristalinas a partir de Difracción de Polvos", presentados por la Facultad Regional Córdoba, y

CONSIDERANDO:

Que los cursos propuestos responden a la necesidad de profundizar en campos del saber científico y están dirigidos a cursantes de la carrera de Doctorado en Ingeniería y a aquellos docentes e investigadores interesados en el tema.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud de aprobación y autorización de implementación de dichos cursos y avala la presentación.

Que la Comisión de Enseñanza recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO DE LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículum de los cursos de posgrado "Propiedades y aplicaciones de Oxidos tipo Perovskita"; "Química del Estado Sólido" y "Recientes Avances en la Resolución de Estructuras Cristalinas a partir de Difracción de Polvos", que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado de los mencionados cursos en la Facultad Regional Córdoba con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente ordenanza.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 931

Aled

Ing. HECTOR CARLOS BROTO
RECTOR

Ing. CARLOS E. FANTINI
SECRETARIO GENERAL A/C



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



3

ORDENANZA N° 931

ANEXO I

CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO

1. PROPIEDADES Y APLICACIONES DE OXIDOS TIPO PEROVSKITA

1.1. Objetivos

El tipo de estructura de las perovskitas es una de las más importantes junto a las de los composites en toda la ciencia de los materiales. Las características físicas del interés de las perovskitas incluyen superconductividad, colosal magnetorresistencia, conductividad iónica, y una multiplicidad de características dieléctricas, que son de gran importancia en microelectrónica y la telecomunicación.

Así, introducir en esta temática a los estudiantes de la Carrera de Doctorado, con mención Materiales, Química y Electrónica, es de suma importancia.

Debido a la gran flexibilidad inherente a la estructura de las perovskitas se producen muy diversos tipos de distorsiones que pueden ocurrir en la estructura ideal. Éstos incluyen la inclinación de los octaedros, las dislocaciones de los cationes fuera de los centros de los poliedros de la coordinación, y las distorsiones de los octaedros conducidos por los factores electrónicos (distorsiones de Jahn-Teller). Muchas de las características físicas de las perovskitas dependen de los detalles de estas distorsiones. El entorno electrónico, las características magnéticas y dieléctricas son muy importantes para muchas de las aplicaciones de los materiales del tipo de las perovskitas.

Actualmente el empleo de computadoras personales que modelan posibles estructuras para predecir la estabilidad, la estructura detallada y las características físicas

Alud



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

selectas de las perovskitas hipotéticas y de los materiales relacionados a las perovskitas (las fases incluyendo de Ruddlesden-Popper, de Aurivillius y las estructuras derivadas de las perovskitas, como ordenamiento de las vacantes del anión, tales como el brownmillerite y las fases dobles y triples supuestas de las mismas) son de gran utilidad. Usando estas predicciones como punto de partida para las tentativas subsecuentes del proceso sintético, aumenta grandemente la posibilidad del éxito de los esfuerzos por sintetizar estos materiales; mientras que, al mismo tiempo, proporciona una comprensión más profunda de las relaciones estructura-característica en materiales inorgánicos avanzados.

1.2. Contenidos mínimos

I. La estructura de los sólidos

Propiedades generales de los sólidos. Descripción de estructuras cristalinas. Estructuras de empaquetamiento compacto. Empaquetamiento cúbico compacto. Empaquetamiento hexagonal compacto. Sitios intersticiales tetraédricos y octaédricos. Sistemas cristalinos. Red espacial-celda unidad. Planos de Miller. Fundamentos de difracción de rayos x. Ley de Bragg. Intensidades de las reflexiones de rayos x. Análisis Rietveld. Cristales moleculares. Estructuras de cristales iónicos. Sólidos covalentes. Sólidos. Conductores, aislantes y semiconductores. Estructura electrónica de sólidos: teoría de bandas. Estructura de bandas de metales, aislantes y semiconductores. Semiconductores tipo n y p. Aplicaciones de semiconductores.

II. Características generales de óxidos tipo perovskita

Alid



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Estructura del cristal. Estructura cúbica ideal. Estructura ortorrómbica. Estructura romboédrica. Propiedades de estado sólido y de superficie. Sustitución catiónica. No-estequiometría δ . Estabilidad en atmósfera reductora. propiedades eléctricas y magnéticas. Resistividad eléctrica y magnetorresistencia. Magnetización y susceptibilidad magnética AC. Comportamiento de sustancias en un campo magnético. Efecto de la temperatura: leyes de Curie y Curie-Weiss. Paramagnetismo, ferromagnetismo y antiferromagnetismo. Cálculo de momentos magnéticos. Mecanismo de ordenamiento ferro y antiferromagnético. Ejemplo de materiales magnéticos.

III. Preparación y caracterización

Preparación de perovskitas másicas. Preparación de óxidos mixtos soportados. Métodos basados en reacciones sólido-sólido. Líquido sólido. Técnicas de caracterización. Análisis químico elemental. Análisis termogravimétricos. Reducción con programación de temperatura (TPR). Oxidación con programación de temperatura (TPO). Desorción con programación de temperatura (TPD). Medidas de la superficie específica. Método. BET. Composición superficial: espectroscopia fotoelectrónica de rayos x (XPS).

IV. Propiedades ácido base y Redox

Acidez y basicidad. Procesos Redox: Cinética - Mecanismos - Velocidad de Oxidación. Estequiometría de oxígeno. Movilidad de oxígeno. Desorción de oxígeno. Interacción de reactantes con la superficie.

Alu



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

V. Aplicaciones en catálisis heterogénea

Oxidación parcial. Oxidación parcial de metano a gas de síntesis.
Reactores de membrana. Cupla oxidativa de metano. Reducción de SO_2 .

VI. Catálisis medioambiental

Principios de la combustión catalítica. Sistemas catalíticos: elección del catalizador. Elección del soporte. Cinética de oxidación: reacción homogénea y heterogénea. Modelado de combustores catalíticos. Oxidación de CO. Descomposición de NO y N_2O . Reducción de NO. Hidrogenación e hidrogenolisis de hidrocarburos. Futuras áreas de investigación.

VII. Otras aplicaciones

Foto catálisis. Electro catálisis. Reducción catódica de oxígeno. Sistemas de conversión de energía. Evolución electrolítica de oxígeno. Reducción de oxígeno. Censores. Censores de oxígeno. Superconductividad a altas temperaturas. Propiedades superconductoras de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$. Importancia crítica del contenido de oxígeno. Estados de oxidación promedio del Cu en estos óxidos superconductores.

Prácticas:

(a) Difracción de Rayos X.

Experimento de difracción de rayos x en un difractómetro de rayos x.

(b) Análisis Rietveld

Nociones elementales sobre la metodología para refinar estructuras

Alud



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

cristalinas.

(c) Actividad Catalítica

Medición de la actividad catalítica en reacciones de oxidación.

1.3. Duración

OCHENTA (80) horas; las cuales incluyen clases teóricas y prácticas.

1.4. Promoción

Asistencia al OCHENTA por ciento (80%) de las clases teórico-prácticas dictadas y aprobación de la evaluación final escrita del curso.

2. QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO

2.1. Objetivos

La formación de los cursantes en los aspectos más relevantes y avanzados, tanto teóricos como experimentales para la identificación de materiales sólidos por aplicación (química del estado sólido) de resolución de estructuras cristalinas a partir de difracción de polvos.

La preparación de recursos humanos capaces de trabajar con estas técnicas de tanta actualidad y aplicarlas en la determinación de elementos de Química de Coordinación - como estructura electrónica de los complejos de metales de transición, teorías del campo cristalino (TCC) y del campo ligando (TCL) - es de enorme importancia en la mayor parte de las áreas de la química: química inorgánica, química orgánica, en el área de los materiales avanzados (composites) y en la física de materia condensada.

2.2. Contenidos mínimos

I. Elementos de química de coordinación

Asu



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Estructura electrónica de los complejos de metales de transición: teorías del campo cristalino (TCC) y del campo ligando (TCL). Separación de los orbitales d por acción de campos electrostáticos. Propiedades magnéticas y teoría del campo cristalino. Complejos octaédricos con distorsión cuadrada o tetragonal. La serie espectroquímica. Efecto Jahn-Teller. Efectos estructurales y termodinámicos de las separaciones producidas por el campo cristalino: energía reticular.

Teoría de los orbitales moleculares (TOM). Complejos sin enlaces π y con enlaces π . Complejos no-octaédricos. Complejos cuadrados de iones d^8 . Espectros de transferencia de carga. Comparación de las teorías TOM y TCC.

II. Elementos de cristalografía

Celda Unidad y sistemas cristalinos. Elementos de simetría. Simetría puntual y grupos puntuales. Simetría espacial y grupos espaciales. Elementos de simetría espacial: centrados de red, ejes tornillos y planos de deslizamiento. Redes de Bravais. Planos cristalinos. Índices de Miller. Espaciamiento interplanar. Ausencias sistemáticas. Multiplicidades. Contenido de la celda unidad y densidad. Cristales y la difracción de rayos x. Ecuación de Bragg. Difracción de rayos x de polvos. Intensidad de los picos de difracción. Dispersión de rayos x por electrones y átomos. Dispersión por una red de átomos regularmente espaciada. Dispersión por un cristal. Ecuación de intensidades. Factores de polarización, de velocidad y de Lorentz, de temperatura isotrópicos y anisotrópicos, de

AP



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

dispersión atómico, de estructura, de multiplicidad y de absorción.
Indexado (asignación de índices de Miller) de un patrón de difracción.
Refinamiento de los parámetros de la celda unidad. Programas de computación para autoindexado y refinamiento de la celda unidad: TREOR90 y FULLPROF. Refinamiento de estructuras cristalinas a partir de datos de difracción de polvos: Análisis Rietveld. Extracción de intensidades de un patrón de difracción de polvos. Generación de una ficha de difracción de las "Powder Diffraction Files". Grupos puntuales, grupos espaciales y estructura cristalina. Operaciones de simetría puntual. Notación internacional y de Schoenflies. Representación de grupos puntuales. Ejemplos de simetría puntual en moléculas: posiciones generales y espaciales. Grupos centrosimétricos y no centrosimétricos. Los 32 grupos puntuales cristalográficos.
Grupos espaciales. Grupos simórficos y no-simórficos. Algunos ejemplos de grupos espaciales: P1 (Triclínico), C2 (Monoclínico), C2/m (Monoclínico), P22₁ (Ortorrómbico), F222 (Ortorrómbico), 14₁ (Tetragonal). Uso de las Tablas Internacionales de Cristalografía. Grupos espaciales y estructuras cristalinas: estructuras de perovskita (Pm3m), rutilo (P4₂/mm) y sal de roca (Fm3m).

III. Cristaloquímica

Descripción de estructuras cristalinas. Estructuras de empaquetamiento compacto. Empaquetamiento cúbico compacto. Empaquetamiento hexagonal compacto. Materiales que pueden ser descriptos como

Alu



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



estructuras de empaquetamiento compacto: metales, aleaciones, estructuras iónicas, redes covalentes y estructuras moleculares. Estructuras de poliedros encadenados. Sitios intersticiales tetraédricos y octaédricos. Estructuras de compuestos binarios y ternarios descriptas en función de empaquetamientos compactos y sitios intersticiales: sal de roca (NaCl), blenda de zinc (ZnS), antifluorita (Na_2O), wurtzita (ZnS), arseniuro de níquel (NiAs), cloruro de cesio (CsCl), rutilo (TiO_2), CdI_2 , CdCl_2 , Cs_2O , perovskita (ABO_3) y silicatos. Estructura de perovskita y su relación con los cupratos superconductores de alta T_c .

IV. Algunos factores que influyen las estructuras cristalinas de sólidos inorgánicos.

Fórmula general, valencias y números de coordinación. Tipo de enlace: covalente, iónico, metálico, molecular. Tamaños atómicos e iónicos. Estructuras iónicas: principios generales. Regla de la valencia electrostática de Pauling. Regla de la relación de radios. Relación de radios de frontera y estructuras distorsionadas. Energía de la red cristalina. Ciclo de Born-Haber y cálculos termoquímicos. Valencia y longitud de enlace: regla de la suma de valencia. Efecto de electrones no-enlazantes. Efecto de electrones d: distorsión de Jahn-Teller, coordinación plana-cuadrada y coordinación tetraédrica. Efecto de par no-enlazante.

V. El enlace químico en sólidos inorgánicos: propiedades electrónicas y teoría de bandas.

Handwritten signature or initials.



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

Metales, aislantes y semiconductores. Estructura electrónica de sólidos: teoría de bandas. Espacio k y zonas de Brillouin. Estructura de bandas de metales, aislantes y semiconductores. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Semiconductores tipo n y p. Semiconductores de valencia controlada. Aplicaciones de semiconductores. Estructura de bandas de sólidos inorgánicos. Color en sólidos inorgánicos.

Otras propiedades eléctricas: efectos Thomson, Peltier y Seebeck. Termocuplas. Efecto Hall. Materiales dieléctricos. Ferroelectricidad, piroelectricidad y piezoelectricidad. Relaciones entre ferroelectricidad, piroelectricidad y piezoelectricidad. Aplicaciones.

VI. *Propiedades magnéticas*

Comportamiento de sustancias en un campo magnético. Efecto de la temperatura: leyes de Curie y Curie-Weiss. Paramagnetismo, ferromagnetismo y antiferromagnetismo. Cálculo de momentos magnéticos. Mecanismos de ordenamiento ferro y antiferromagnético: superintercambio. Ejemplos de materiales magnéticos: metales, aleaciones, óxidos de metales de transición, espinelas, garnets, ilmenitas, perovskitas y magnetoplumbitas. Aplicaciones.

Trabajos de laboratorio:

(a) Difracción de Rayos X.

Experimento de difracción de rayos x en un difractómetro de rayos x.

(b) Autoindexado y refinamiento de parámetros de red. Uso de los programas TREOR90 y FULLPROF.

Alud



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Uso de los programas de computación para el refinamiento de parámetros de red.

(c) Análisis Rietveld

Nociones elementales sobre la metodología para refinar estructuras cristalinas. Se incluye el uso de las bases de datos Inorganic Chemical Structure Database (ICSD) y de las Powder Diffraction Files (PDF)

(d) Uso del programa ATOMS para la representación gráfica de estructuras cristalinas

Entrenamiento en la utilización del programa de computación y aplicación para la visualización de las distintas estructuras estudiadas.

2.3. Duración

OCHENTA (80) horas; las cuales incluyen clases teóricas y de laboratorio.

2.4. Promoción

Asistencia al OCHENTA por ciento (80%) de las clases teórico-prácticas dictadas y aprobación de la evaluación final escrita del curso.

3. RECIENTES AVANCES EN LA RESOLUCIÓN DE ESTRUCTURAS CRISTALINAS A PARTIR DE DIFRACCIÓN DE POLVOS

3.1. Objetivos

La resolución de estructuras cristalinas a partir de difracción de polvos es un área nueva de enorme crecimiento en los últimos años. Como consecuencia de esto, existe una importante carencia de profesionales preparados en esta área; en particular en nuestro país y en Latinoamérica.

Alu



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Por este motivo, la preparación de recursos humanos capaces de trabajar con estas técnicas de tanta actualidad es de enorme importancia en la mayor parte de las áreas de la química: química inorgánica, química orgánica, farmacia, farmacología, entre otras; y en la física de materia condensada.

3.2. Contenidos mínimos

I. Difracción de rayos x

Celda Unidad y sistemas cristalinos. Elementos de simetría. Simetría puntual y grupos puntuales. Simetría espacial y grupos espaciales. Elementos de simetría espacial: centrados en red, ejes tornillo y planos de desplazamiento. Redes de Bravais. Planos cristalinos. Índices de Miller. Espaciamiento interplanar. Ausencias sistemáticas. Multiplicidades. Contenido de la celda unidad y densidad. Cristales y la difracción de rayos x. Ecuación de Bragg. Difracción de rayos x de polvos. Intensidad de los picos de difracción. Dispersión de rayos x por electrones y átomos. Dispersión por una red de átomos regularmente espaciada. Dispersión por un cristal. Ecuación de intensidades. Factores de polarización, de velocidad y de Lorentz, de temperatura isotrópicos y anisotrópicos, de dispersión atómico, de estructura, de multiplicidad y de absorción. Indexado (asignación de índices de Miller) de un patrón de difracción. Refinamiento de los parámetros de la celda unidad. Programas de computación para autoindexado y refinamiento de la celda unidad: TREOR, ITO. Extracción de intensidades de un patrón de difracción de polvos. Generación de una ficha de difracción de las "Powder Diffraction Files".

Alu



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

II. Grupos espaciales

Grupos puntuales, grupos espaciales y estructura cristalina. Operaciones de simetría puntual. Notación internacional y de Schoenflies. Representación de grupos puntuales. Ejemplos de simetría puntual en moléculas: posiciones generales y espaciales. Grupos centrosimétricos y no centrosimétricos. Los 32 grupos puntuales cristalográficos. Desarrollo de los grupos espaciales. Grupos simórficos y no-simórficos. Algunos ejemplos de grupos espaciales: P1 (Triclínico), C2 (Monoclínico), C2/m (Monoclínico), P222₁ (Ortorrómbico), F222 (Ortorrómbico), 14₁ (Tetragonal). Uso de las Tablas Internacionales de Cristalografía. Algunos ejemplos de grupos espaciales y estructuras cristalinas: estructuras de perovskita (Pm3m), rutilo (P4₂/mm) y sal de roca (Fm3m).

III. Radiación sincrotron

Generación de rayos x en una fuente de radiación sincrotron. Comparación de rayos x generados por fuente convencional y por fuente sincrotron. Monocromatización y colimación. Estrategias de colección de datos de difracción de polvos. Algunos ejemplos de fuentes de radiación sincrotron: Laboratorio Nacional de Luz Sincrotron (LNLS) Brasil, European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) Francia, National Synchrotron Light Source (NSLS) USA. Ventajas de la utilización de la radiación sincrotron para la realización de difracción de rayos x de polvos. Difracción de rayos x de alta resolución. Difracción anómala.

AP



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

IV. Refinamiento de estructuras cristalinas a partir de datos de difracción de polvos. Análisis Rietveld

Orígenes del método. Funciones analíticas para la reproducción de los picos de difracción. Parámetros refinables. Factores R. Estrategias de refinamiento. Precisión y exactitud de los resultados obtenidos. Obtención de modelos estructurales de las bases de datos cristalográficas. Uso de las bases de datos cristalográficas ICSD (Inorganic Crystal Structure Database) y CSD (Cambridge Structural Database). Difracción de rayos x vs difracción de neutrones. Programa FULLPROF: MgNb_2O_6 , $\text{Ba}_5\text{Nb}_4\text{O}_{15}$, $\text{Mg}_5\text{Nb}_4\text{O}_{15}$, etc. Programa GSAS. Refinamientos Rietveld de estructuras cristalinas de sólidos moleculares utilizando cuerpos rígidos y restricciones en la variación de longitudes y ángulos de enlace.

V. Métodos de resolución ab-initio de estructuras cristalinas a partir de datos de difracción de polvos

Procedimiento general. Métodos Directos y Método de Patterson. Extracción de intensidades integradas de las reflexiones mediante el método de Le Bail. Programa para la resolución de estructuras cristalinas a partir de datos de difracción de polvos mediante métodos directos: EXPO. Ejemplos. Métodos de optimización global: "Simulated Annealing" y Método del Pivote. Materiales moleculares: parametrización de soluciones de prueba de la estructura cristalina de materiales moleculares. Resolución de la estructura mediante el programa PSSP (Powder Structure Solution Program). Materiales inorgánicos: programa GOSPP

AP



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



(Global Optimization Structure Prediction Program). Ejemplos de resoluciones ab-initio: $\text{BaFeO}_{2.8-5}$, β -Hematina, 2-amino-4,5-dimetoxiacetofenona, 1,4-dimetanolbenceno, etc.

Prácticas:

(a) Difracción de Rayos X.

Experimentos de difracción de rayos x en un difractómetro de rayos x.

(b) Autoindexado y refinamiento de parámetros de red. Uso de los programas TREOR e ITO.

Entrenamiento en la utilización de los programas de computación para la determinación y refinamiento de parámetros de red.

(c) Análisis Rietveld. Uso de los programas FULLPROF y GSAS.

Refinamiento de las estructuras cristalinas mencionadas en los contenidos mínimos. Se incluye el uso de las bases de datos Inorganic Chemical Structure Database (ICSD), Powder Diffraction Files (PDF) y Cambridge Structural Database (CSD)

(d) Resolución ab-initio de estructuras cristalinas a partir de datos de difracción de polvos.

Determinación de posibles grupos espaciales de simetría y extracción de intensidades integradas de las reflexiones mediante el método de Le Bail a través de la utilización de los programas FULLPROF y GSAS. Utilización de programas para el cálculo (CHEM-3D) y optimización (MOPAC) de la geometría molecular. Determinación de estructuras cristalinas moleculares a través de la utilización del programa "Powder Structure Solution



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*



17

Program" (desarrollado por la Dra. Pagola y Dr. P. W. Stephens, SUNY at Stony Brook). Utilización de los programas MOLDRAW y ORTEP-3 para la visualización de los resultados. Determinación de estructuras cristalinas de compuestos inorgánicos a partir de datos de difracción del polvos por métodos de optimización global a través de la utilización del programa GOSPP desarrollado por L. Reinaudi, E. Leiva, P. Serra y R. E. Carbonio. Utilización del programa EXPO (C. Giacovazzo) para la resolución ab initio por métodos directos.

3.3. Duración

OCHENTA (80) horas; las cuales incluyen clases teóricas y prácticas.

3.4. Promoción

Asistencia al OCHENTA por ciento (80%) de las clases teórico-prácticas dictadas y aprobación de la evaluación final escrita del curso.

Alu



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*



18

ORDENANZA N° 931

ANEXO II

**CURSOS DE POSGRADO DE ACTUALIZACION
FACULTAD REGIONAL CORDOBA**

1. PROPIEDADES Y APLICACIONES DE OXIDOS TIPO PEROVSKITA

Docente responsable

- Horacio FALCÓN

Ingeniero Químico. Universidad Tecnológica Nacional.

Doctor en Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Córdoba.

2. QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO

3. RECIENTES AVANCES EN LA RESOLUCIÓN DE ESTRUCTURAS CRISTALINAS A PARTIR DE DIFRACCIÓN DE POLVOS

Docente responsable

- Raúl Ernesto CARBONIO

Licenciado en Físico Química. Universidad Nacional de Córdoba.

Doctor en Físico Química. Universidad Nacional de Córdoba.

Alud
