

PROGRAMA DE CAPACITACION

PROYECTO TANDAR

INFORME

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO
GERENCIA DE INVESTIGACIONES
DEPARTAMENTO DE FISICA
NOVIEMBRE 1981

PROGRAMA DE CAPACITACION DEL PROYECTO TANDAR

INFORME

1. INTRODUCCION
2. BASES DEL PROGRAMA
3. SELECCION DE ASPIRANTES
4. PARTICIPACION DE ESTUDIANTES DE BARILOCHE
5. CURSOS DE POSTGRADO
6. TRABAJOS DE INVESTIGACION
7. PERFECCIONAMIENTO EN EL EXTERIOR
8. CONCLUSIONES

ANEXOS:

- A.1 PROPUESTA ORIGINAL DEL PROGRAMA
- A.2 EXAMENES DE FISICA PARA LA SELECCION DE ASPIRANTES
- A.3 PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE POSTGRADO
- A.4 TRABAJOS DE INVESTIGACION DESARROLLADOS POR LOS
ESTUDIANTES DEL PROGRAMA DE CAPACITACION
- A.5 TESIS DOCTORALES
- A.6 PERSONALIA

1. INTRODUCCION

A fines de 1976 la Comisión Nacional de Energía Atómica puso en marcha el proyecto de instalación del acelerador electrostático de 20 MV y su infraestructura de apoyo (Proyecto TANDAR). El conjunto de los físicos nucleares de la CNEA había bregado durante muchos años para que se concretara este equipamiento apropiado para un trabajo científico de buen nivel y el grupo estaba dimensionado como para aceptar el desafío que significaba llevar adelante el proyecto. Pero hacia el futuro debía crecer para hacer una utilización adecuada de las nuevas facilidades. Para salvar este déficit en el personal científico se elaboró un Programa de Capacitación de físicos nucleares. El objetivo del Programa era seleccionar, capacitar en el mejor nivel e incorporar al plantel permanente a un conjunto de físicos jóvenes en un número que se estimó de acuerdo a la previsión de las necesidades del Departamento de Física para el momento en que funcionara el nuevo acelerador (1982/83).

2. BASES DEL PROGRAMA

El Programa de Capacitación se estructuró sobre las siguientes bases:

- a) Cada nueva promoción de físicos se incorporaría a través del régimen de Becas Internas, que resultaba ser el que mejor se adaptaba a los propósitos del Programa por no tratarse de posiciones estables del plantel, estar perfec-

tamente delimitadas en el tiempo y ser por otra parte prorrogables de acuerdo al rendimiento de los becarios. Este régimen permite además la incorporación de alumnos aventajados del último año de la carrera ampliando la base de selección de candidatos.

- b) La selección de los aspirantes a ingresar en el Programa debía ser muy rigurosa, optando eventualmente por dejar vacantes algunas de las becas concursadas.
- c) Se necesitaba organizar Cursos de Postgrado con materias de especialización en Física Nuclear y con un régimen de aprobación que asegurase el máximo aprovechamiento de los estudios.
- d) De acuerdo con los responsables de las líneas de investigación se debía prever la gradual incorporación de los nuevos físicos a los diferentes grupos de trabajo.
- e) La plena responsabilidad y autoridad para la ejecución del Programa residía en un Comité de Capacitación de tres miembros que designaría el Departamento de Física y el Proyecto TANDAR. Anualmente este Comité sometería a consideración del Departamento y el Proyecto su programa para el año y daría cuenta de lo realizado en el período precedente.
- d) El Programa de Capacitación debía tener, como parte del Proyecto TANDAR, el mismo carácter prioritario que la instalación del acelerador.

En el Anexo 1 se agrega la copia del Programa elaborado en Octubre de 1976.

3. SELECCION DE ASPIRANTES

Para la selección de aspirantes se organizaron concursos que se realizaron en los meses de diciembre de los años 1976, 1977 y 1979. De esa manera se pudieron completar los trámites para que las designaciones de los nuevos becarios se hicieran con tiempo para empezar las actividades en los meses de abril de los años 1977, 1978 y 1980, respectivamente.

Los llamados a concursos se difundieron enviando los correspondientes avisos a los Departamentos de Física de las Universidades Nacionales, a los Institutos Científicos y Tecnológicos (INTI, CITEFA, etc.) y por informaciones en la secciones especializadas de diarios de la Capital Federal.

Para la selección se utilizaron principalmente tres elementos de juicio:

- i) estudio de los antecedentes de cada candidato, fundamentalmente de su rendimiento en la carrera universitaria y de las referencias ofrecidas;
- ii) exámen general de física;
- iii) entrevistas personales con aquellos que aprobaron el exámen.

Los exámenes de física se elaboraron en la base de:

- a) cubrir los principales temas de la carrera de Licenciado;
- b) atender en las preguntas y en la posterior evaluación de las respuestas más a lo conceptual que a lo formal; y
- c) procurar que el tiempo total demandado por el exámen no superase las tres horas.

Se considera que los exámenes constituyeron un elemento válido para discriminar sobre los conocimientos de física de los candidatos porque en los tres concursos ocurrió que: a) no hubo

ningún problema que fuese respondido por todos; b) no hubo ningún problema que no fuese resuelto por algún aspirante y c) la frecuencia de respuestas estuvo en relación directa con la mayor o menor dificultad estimada a priori para cada problema.

Como Anexo 2 al presente Informe se adjuntan los respectivos listados de las preguntas que integraron los tres exámenes tomados.

4. PARTICIPACION DE ESTUDIANTES DE BARILOCHE

Se puso interés especial en la participación en el Programa de alumnos del Instituto de Física Balseiro que cursaban el último año de sus estudios de Licenciado. Los resultados fueron muy positivos.

Las materias correspondientes al primer semestre de los Cursos de Postgrado sirvieron como materias optativas del Plan de Estudios del Instituto de Física y los Trabajos Especiales se realizaron bajo la dirección de profesionales del Departamento de Física.

En estas condiciones participaron dos alumnos de la Vigésima Promoción (1977), dos de la Vigésimoprimera (1978) y uno de la Vigésimotercera (1980). Hasta la finalización de sus estudios ellos mantuvieron las Becas como alumnos del Instituto y luego se incorporaron al plantel del Departamento de Física.

5. CURSOS DE POSTGRADO

Los Cursos de Postgrado han constituido una parte esencial del Programa de Capacitación. Estaban destinados a dar una formación especializada en Física Nuclear, pero fundamentalmente debían ser el instrumento idóneo para determinar el nivel académico de todo el Programa y la dedicación que se esperaba de los becarios. El régimen de promoción para cada materia exigía la asistencia a las clases teóricas, resolución de series de problemas semanales, exámenes parciales y un examen final. Las primeras materias estaban destinadas i) a dar una visión global e ilustrada del panorama actual de la física nuclear de bajas energías (Complementos de Física Nuclear); ii) a dar una buena base en la mecánica cuántica de muchos cuerpos para los estudios posteriores de la teoría de estructura nuclear (Introducción a la Teoría de la Estructura Nuclear); y iii) a familiarizarse con el instrumental y los métodos de trabajo en el laboratorio (Instrumentación Nuclear y Laboratorio de Física Nuclear).

De esta manera y desde el comienzo el objetivo se fue cumpliendo dentro de lo previsto: la intensidad y el nivel de los cursos hizo necesario un gran rendimiento individual complementado por un eficiente trabajo en equipo y una dedicación total a las tareas que superó ampliamente las exigencias formales de horarios.

Finalmente, los cursos de Teoría de la Estructura Nuclear y Reacciones Nucleares completaron la formación especializada con estudios avanzados sobre la descripción y análisis teórico de los fenómenos nucleares más importantes

y actuales. En estas últimas materias de postgrado se les planteó a los becarios además, la solución de problemas que equivalían a temas cortos de investigación y que los llevaron a aprender el uso de algunos códigos de computación para cálculos de modelos y análisis de reacciones.

En la Tabla se resumen los cursos dictados y el Anexo 3 contiene los respectivos programas de las materias.

M A T E R I A	D O C E N T E S		
	I	II	III
COMPLEMENTOS DE FISICA NUCLEAR	J. Testoni G. Dussel	G. Dussel	M. Mariscotti E. Ventura
INTRODUCCION A LA TEORIA DE LA ESTRUCTURA NUCLEAR	M. Saraceno R. Perazzo	M. Saraceno R. Perazzo-S. Reich	M. Saraceno H. Sofia-J. Dukelsky
INSTRUMENTACION NUCLEAR	A. Filevich-D. Camín	A. Ceballos-G. García Bermúdez- M. Pérez-J. J. Rossi	A. Filevich-D. Camín-A. Proto
TEORIA DE LA ESTRUCTURA NUCLEAR	D. Bes G. Dussel-S. Reich-R. Perazzo	S. Reich-R. Perazzo-A. Kreiner	D. Bes-G. Dussel
REACCIONES NUCLEARES	O. Dragún-A. Ferrero	D. Bes-E. Maqueda	O. Dragún-A. Ferrero-E. Maqueda A. Gattone

6. TRABAJOS DE INVESTIGACION

La iniciación en la investigación fue el otro elemento básico del Programa de Capacitación. Con tal fin los estudiantes fueron incorporándose a partir del segundo semestre a grupos de trabajo en física nuclear de la CNEA. De esta manera se logró que fueran aprendiendo a colaborar con los investigadores formados, y en diferente grado según las personas y el tema, fueran aportando ideas originales para la solución de los problemas experimentales o teóricos en juego.

Como se explicará en el párrafo siguiente de este Informe, el tiempo dedicado a esta tarea fue corto para que en muchos casos se lograsen resultados finales de los trabajos emprendidos y varias de esas investigaciones han sido completadas luego por el personal más antiguo del Departamento. En el Anexo 4 se da una lista de los trabajos de investigación realizados, qué estudiantes participaron en los mismos y quiénes estuvieron a cargo de la supervisión.

En tres casos los trabajos de investigación fueron continuados para constituirse en los temas de tesis de los estudiantes involucrados (ver Anexo 5).

7. PERFECCIONAMIENTO EN EL EXTERIOR

En la propuesta original del Programa (Anexo 1) se preveía que las tesis doctorales fueran realizadas en la CNEA bajo la dirección del personal antiguo del Departamento

de Física. Varias circunstancias contribuyeron a variar esta previsión y pensar en cambio en posibilitar que los estudiantes viajaran al exterior, a medida de que completaran su formación básica en física nuclear.

Para este cambio de la previsión original se tuvo en cuenta:

- a) Que resultaba preferible que el perfeccionamiento en el exterior -necesario para una buena formación profesional- se realizase antes y no después de que estuviera en funcionamiento el acelerador. De esta manera se podría tener en 1982/83 de regreso en el país al grueso de los nuevos físicos habiendo recibido una especialización adecuada para el mejor aprovechamiento de la nueva instalación.
- b) Que el nivel de los estudiantes era muy bueno y aseguraba una eficiente utilización de su estadía en el exterior.
- c) Que la relación del peso con las monedas extranjeras valorizaba en el exterior los sueldos percibidos en la CNEA los que, sumados a las becas o estipendios pagados por las instituciones huéspedes posibilitaban los traslados sin erogaciones extraordinarias.

Se procuró entonces establecer contactos con laboratorios de buen nivel y que desarrollaran programas de investigación similares a los que se encararían en el Departamento de Física en el futuro inmediato. Además se trató de cubrir una gama bastante amplia en cuanto a temas y escuelas. Como resultado, se lograron ofertas de becas o posiciones de trabajo de doce instituciones a las que se trasladaron los participantes del Programa para completar su perfeccionamiento

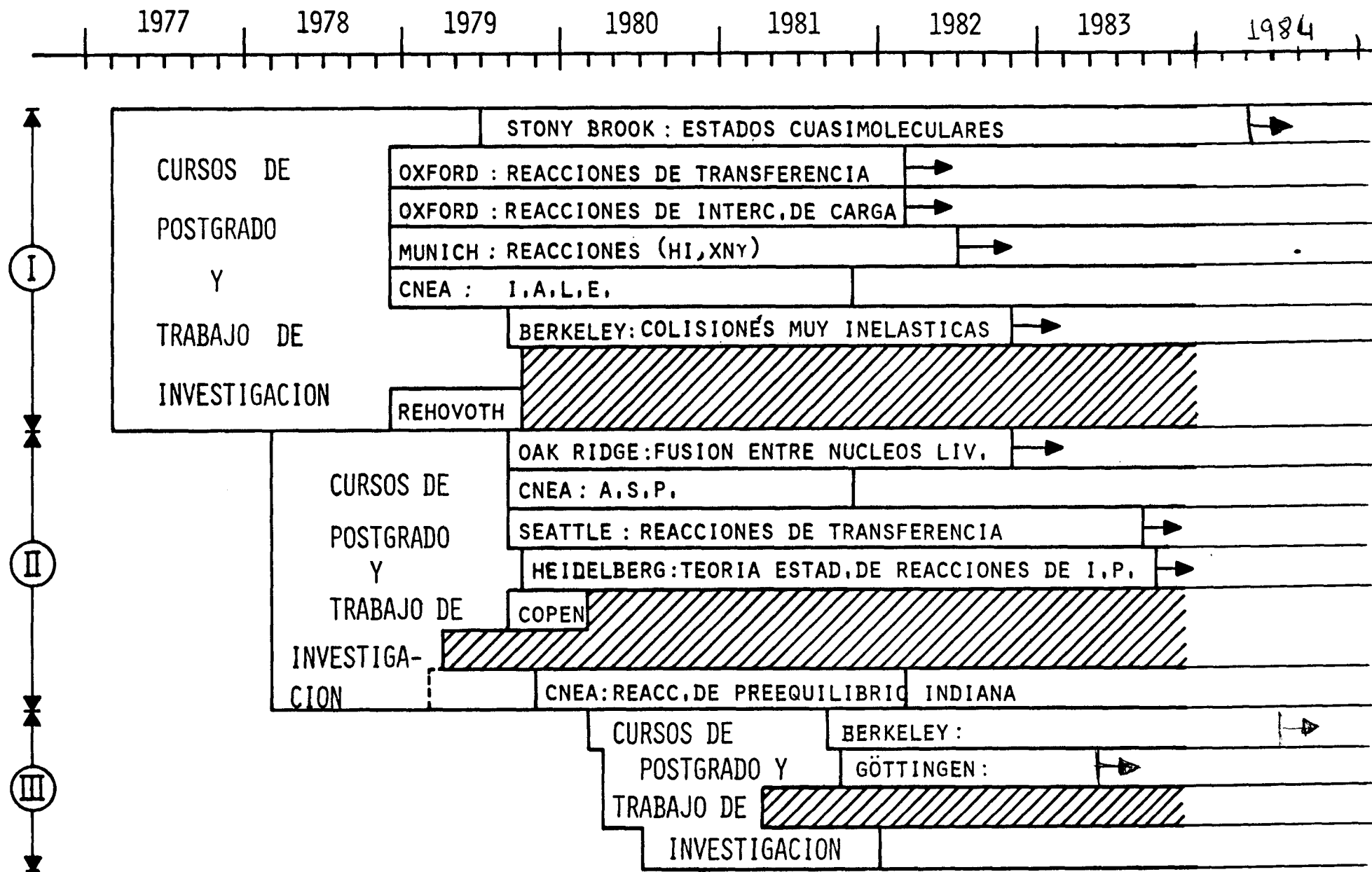
y obtener la graduación doctoral. El resultado ha sido en general excelente. Los informes enviados por los supervisores son muy buenos y la mayoría de los trabajos realizados han sido ya objeto de publicaciones, presentaciones a conferencias, etc.. Sólomente en dos casos, y por razones ajenas a la capacitación previa, no se lograron los progresos esperados y se optó por desvincularlos del Programa.

8. CONCLUSIONES

Es posible en este momento, y después de cinco años de iniciado, hacer una evaluación del Programa.

En forma paralela a la realización de las obras del Proyecto TANDAR se vio también crecer un grupo de nuevos investigadores en física nuclear. El carácter prioritario que tuvo desde sus inicios esta tarea fue mantenido a lo largo del tiempo. El Programa no se podría haber llevado a cabo sin la colaboración permanente de todos los miembros del Departamento de Física y, en particular, de la División de Física Nuclear Teórica, que lo asumieron como uno de los modos específicos de participación en el Proyecto TANDAR. Se ha logrado una experiencia valiosa en cuanto al funcionamiento de un programa de postgrado. En lo que hace particularmente al sistema de incorporación, también la experiencia es valiosa y es elocuente el éxito medido por el rendimiento de la mayoría de los seleccionados.

La figura que sigue sintetiza la tarea cumplida:



De acuerdo a lo previsto en 1976, el Departamento de Física contará en los próximos dos años con catorce nuevos físicos nucleares con una formación que se compara favorablemente con la de cualquier buen laboratorio del mundo. En ellos se cifra en buena medida la esperanza de un eficiente aprovechamiento de las facilidades aportadas por el Proyecto TANDAR.

Estos catorce investigadores engrosarán de una manera importante el capital humano del Departamento de Física y constituyen un acervo de valor incalculable.

ANEXO 1.

PROPUESTA INICIAL DEL PROGRAMA DE CAPACITACION
(OCTUBRE DE 1976).

P R O G R A M A D E C A P A C I T A C I O N

<i>Objetivo</i>	El objetivo de este programa es la capacitación de personal científico (físicos nucleares) a fin de lograr una utilización adecuada de las facilidades experimentales cuya instalación está prevista en el Proyecto de reequipamiento para Física Nuclear.
<i>Prioridad</i>	El programa es parte del Proyecto y su cumplimiento debe tener idéntico carácter prioritario que la instalación del acelerador.
<i>Estructura</i>	El programa ha sido estructurado en dos partes, una de iniciación en la investigación científica de nuevo personal y otra de perfeccionamiento. Ambas partes del programa estarán necesariamente correlacionadas y no pueden entenderse como aisladas.
<i>Programa de Perfeccionamiento</i>	El programa de perfeccionamiento debe lograr que los investigadores que integran el plantel del Departamento, y que vayan a usufructuar de la nueva instalación experimental, se familiaricen con las técnicas, procedimientos y modalidades que permitan su utilización adecuada. La descripción en detalle de esta parte del programa depende de las investigaciones en curso y de aquéllas planeadas para un futuro próximo y por lo tanto sólo podrá ser elaborada tras una consulta con los responsables y ejecutores de los programas de investigación. Debido a la relación existente entre esta parte del programa y el de iniciación, y al rol esencial que el personal formado debe cumplir para la ejecución de este último, es importante que las consultas que permitan fijar los parámetros más significativos del programa de perfeccionamiento queden concluídas antes de fines de diciembre de 1976.
<i>Programa de Iniciación</i>	El programa de iniciación se cumplirá en tres (3) semestres y por el momento se preve repetirlo dos veces, comenzando en los primeros semestres de 1977 y 1978 (en adelante se denominarán "Primer" y "Segundo Curso". respectivamente). Cada curso progresará de una mayor intensidad en el estudio de materias a una mayor participación en la investigación. En el primer semestre de un Curso se dictarán tres materias: Física Nuclear, Mecánica Cuántica y Laboratorio de Nuclear. En el segundo semestre se deberá comenzar con Trabajos Especiales o de Seminario y se dictarán como materias Instrumentación Nuclear y Estructura Nuclear. En el último semestre del Curso, se intensifica el Trabajo de Seminario o Trabajo Especial y se dictará la materia Reacciones Nucleares.
<i>Materias</i>	El contenido de cada materia, su modalidad de dictado y aprobación se fijarán en detalle cuando se haya designado al responsable respectivo. En el Anexo 1 se adelanta un posible programa resumido.
<i>Becarios</i>	Para cada uno de los Cursos se procurará una selección rigurosa de aspirantes. Los mismos deberán ser por lo menos alumnos regulares del último año de la Licenciatura en Física. En la selección se tendrán en cuenta sus calificaciones durante la carrera y los resultados de un examen ad hoc.

Los aspirantes que resulten seleccionados gozarán de una Beca cuyo monto se adecua a la condición de estudiante y a las exigencias que se les impondrá para el aprovechamiento de la capacitación. Las Becas tendrán una duración de seis meses y para su renovación se tendrá en cuenta el rendimiento durante el semestre anterior. En el Anexo 2 se indican los números previstos de estudiantes a incorporar en cada Curso y en el Anexo 3 el costo en Becas para estudiantes, del programa de capacitación.

*Reconoci-
miento Uni-
versitario
de Materias*

Los estudiantes becados tendrán obligación de concurrir a todas las clases que se dicten así como a seminarios, cursillos y clubes de revistas organizados en la División Física Nuclear. Se gestionará ante las autoridades de las universidades a las que pertenezcan los estudiantes que participan del programa el reconocimiento de las materias dictadas en el mismo, a los fines de la promoción en las respectivas carreras. Esto implica que dentro de ciertos límites, la asistencia a los cursos deberá estar abierta a alumnos no becados.

Locales

Se proveerán locales apropiados para el desarrollo del programa en sus distintas etapas. Cuando los becarios inicien sus trabajos especiales contarán con escritorio en el local destinado para seminaristas. Al incorporarse a grupos de investigación se les asegurará un espacio equivalente al que posea el personal estable.

Subcomité

El Departamento de Física y el Comité encargado de la instalación del acelerador electrostático designarán un Subcomité de Capacitación Profesional integrado por tres miembros. El Subcomité someterá anualmente a consideración del Departamento de Física y del Comité el programa de capacitación detallando las materias a dictarse, sus responsables, el número de trabajos especiales o de seminarios previstos y la necesidad de directores para dichos trabajos, el plan de ingreso de becarios y de incorporación a las líneas de investigación en marcha, así como toda otra característica cuyo cumplimiento implique un compromiso de las tres partes (Departamento, Comité y Subcomité). Una vez aprobado el programa anual será responsabilidad del Subcomité el cumplimiento del mismo, del que deberá dar cuenta al final del año.

Dentro del programa anual aprobado, el Subcomité tendrá atribuciones para seleccionar a los aspirantes a becas, decidir sobre su renovación, aprobar las modalidades de promoción de las materias y resolver en todo lo que hace a los becarios y a los Cursos.

Los responsables de las materias y los directores de trabajos especiales de seminario asumen una responsabilidad cuyo control se encomienda al Subcomité. El Departamento, el Comité y el Subcomité deberán acordar cualquier modificación de las actividades previstas para los responsables de materias o directores de trabajo que afecten su capacidad para cumplir con la grave responsabilidad asumida.

NUMERO DE
PERSONAS

Primer Curso
Segundo Curso
Tercer Curso
Seminarios
Incorporan
Grupos de
Investigac.

AÑOS

77

78

79

80

A N E X O I

PROGRAMA TENTATIVO RESUMIDO DE MATERIAS

1.- FISICA NUCLEAR:

Se procurará consolidar los conocimientos de Física Nuclear adquiridos en la materia de la licenciatura. Se ampliarán con un estudio de las fuerzas nucleares, la estructura del núcleo, decaimientos nucleares y procesos de reacciones. Se pondrá énfasis en la descripción de los métodos experimentales que permiten observar los distintos fenómenos nucleares, su análisis y sus consecuencias para la descripción teórica del núcleo.

2.- MECANICA CUANTICA:

Consolidados los conceptos de la licenciatura de la mecánica cuántica de una partícula se avanzará en la teoría de muchos cuerpos, pasando por el álgebra de impulsos angulares, segunda cuantificación, campos autoconsistentes, cuasipartículas, aproximación de fases al azar, etc.

3.- LABORATORIO DE NUCLEAR:

Se procura con esta materia lograr que los estudiantes tengan oportunidad de demostrar su habilidad para la realización de experimentos simples de física nuclear, que les exijan un montaje, puesta a punto, medición y evaluación de los resultados por encima de lo habitual en los trabajos prácticos de las materias de la licenciatura.

4.- INSTRUMENTACION NUCLEAR:

Abarcará los temas electrónica nuclear, detectores semiconductores, aceleradores electrostáticos y analizadores magnéticos.

5.- ESTRUCTURA NUCLEAR:

Se estudiarán los distintos modelos de estructura nuclear.

6.- REACCIONES NUCLEARES:

Se estudiarán reacciones directas y de núcleo compuesto incluyendo reacciones con iones pesados.

ESTUDIANTES PREVISTOS EN CADA CURSO

AÑO 1977

Primer Semestre:

- Dos estudiantes del último año del Instituto de Física "Dr. José A. Balseiro" realizarán sus Trabajos Especiales.
Se los podrá eximir de la realización de las materias si acreditan un conocimiento previo adecuado.
- Dos seminaristas, que actualmente realizan su trabajo en el laboratorio serían invitados, si su aprovechamiento se considera apropiado, a incorporarse al Primer Curso.
- Se deben seleccionar cuatro aspirantes más, para completar la dotación deseable del Primer Curso.

Segundo Semestre:

- Los dos estudiantes del Instituto de Física "Dr. José A. Balseiro" terminan sus Trabajos Especiales y deben cursar las dos materias del semestre.
- Los dos seminaristas actuales deberían incorporarse a líneas de investigación de la División, además de cursar las dos materias.
- Los cuatro becarios seleccionados para el semestre anterior empiezan a realizar los Trabajos Especiales o de Seminario y cursan las dos materias.

AÑO 1978

Primer Semestre:

- Los dos estudiantes egresados del I.F. "J.A.B." se incorporan a líneas de investigación de la División y cursan la materia del semestre.
- Los dos seminaristas de 1976 continúan trabajando en programas de investigación de la División y cursan la materia.
- Los cuatro becarios seleccionados para comenzar el Primer Curso en 1977 completan sus trabajos de Seminario y cursan la materia.
- Se seleccionan seis aspirantes para el Segundo Curso que se inicia con el dictado de las 3 materias previstas.

Segundo Semestre:

- El Primer Curso ha finalizado y un máximo de ocho físicos se han incorporado a las actividades normales de la División Física Nuclear.
- Los seis estudiantes del Segundo Curso realizan su Segundo Semestre.

AÑO 1979

Primer Semestre:

- Los seis estudiantes del Segundo Curso completan los 3 semestres.

Segundo Semestre:

- Finalizado el Segundo Curso otra promoción con un número máximo de seis físicos nucleares se incorpora a las actividades normales de la División Física Nuclear.

El número de estudiantes previsto en cada momento es el máximo compatible con la capacidad de dirección de seminarios, dictado de materias, continuidad de las tareas de investigación y administrativas, etc.

Por otra parte dicho número es el mínimo deseable para contar con el personal que permita hacer un uso adecuado de la facilidad a instalar. Las selecciones semestrales podrán disminuir el número de estudiantes indicado arriba. La presencia de estudiantes no becados al dictarse las materias puede aportar nuevos miembros a los cursos, en caso de que así lo aconsejen los responsables de las materias. Se suplirían de esta manera las posibles deserciones por selección o propia decisión.

El gráfico adjunto permite visualizar lo indicado anteriormente. De allí resulta que el número máximo de seminarios a atender será de seis. También resulta que para el Primer Semestre de 1977 se debe prever lugar para 2 seminaristas, que se incrementa a 6 en Julio de ese año. En ese mismo momento se debe asegurar lugar para 2 físicos que se agregarán a los grupos de investigación. A principios de 1978 se deberá proveer oficina a otros 2 físicos y en Julio de ese año a 4 mas. Para mediados de 1979 se necesitará contar con local de oficinas para otros 6 físicos más.

A N E X O 3

COSTO, EN BECAS PARA ESTUDIANTES, DEL PROGRAMA DE CAPACITACION

Año 1977: $\$26.600 \times 12 \text{ meses} \times 6 \text{ becarios} = \$1.915.200$

Año 1978: $\$26.600 \times 6 \text{ meses} \times 6 \text{ becarios} = \$ 957.600$
+ $\$26.600 \times 12 \text{ meses} \times 6 \text{ becarios} = \$1.915.200$

\$2.872.800

Año 1979: $\$26.600 \times 6 \text{ meses} \times 6 \text{ becarios} = \957.600

Costo Total: \$5.745.600

El cálculo se hizo en base al estipendio actual de las becas A1. Si los becarios no fuesen licenciados, las sumas involucradas serán menores en \$5.700 por becario y por mes, hasta tanto no se gradúen.

**ANEXO 2. EXAMENES DE FISICA PARA LA SELECCION
DE ASPIRANTES.**

Diciembre 28 de 1976.

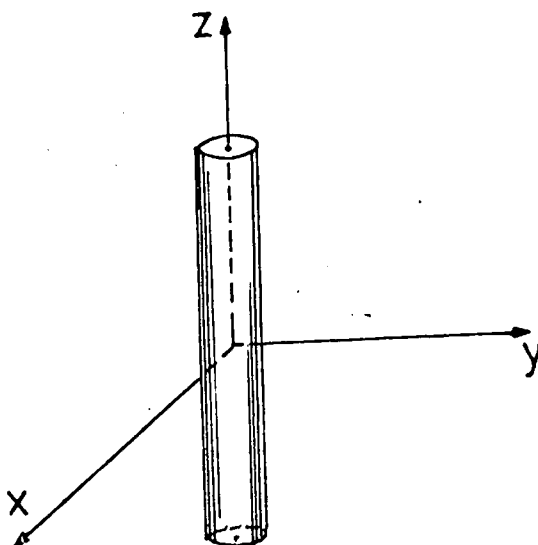
DEPARTAMENTO DE FISICA
Subcomité de Capacitación.

Esta evaluación consta de 16 preguntas de distinto grado de dificultad.

El propósito es doble: por un lado ayudará en la selección de los becarios y por otro servirá para establecer el nivel de los cursos a dictarse.

No pierda mucho tiempo con una pregunta particular. Si no la puede resolver de entrada siga con las demás. Siempre puede volver a probar más tarde.

- 1) El cilindro de la figura es un sólido macizo de densidad uniforme.



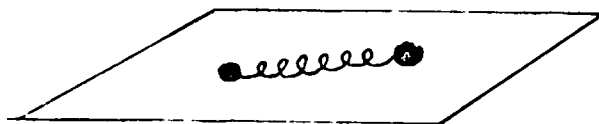
Sin calcular nada, ordene de mayor a menor los momentos de inercia respecto de los ejes $\underline{x}$, $\underline{y}$ y $\underline{z}$.

- 2) Estime la magnitud de las variaciones diarias de g (aceleración de la gravedad) debidas a la influencia de la luna en un punto de la superficie terrestre. Use el hecho que en la luna un objeto pesa aproximadamente 5 veces menos que en la tierra.

$$\text{Distancia tierra-luna} = 3.8 \times 10^8 \text{ m.}$$

$$\text{Radio de la luna} = 1.7 \times 10^6 \text{ m.}$$

- 3) a) Cuál es el lagrangiano de un péndulo ideal (plano) de longitud l y masa m ?
 b) A partir de este lagrangiano escriba las ecuaciones de movimiento.
 c) Cuál es el hamiltoniano de este sistema?
- 4) Dos masas iguales conectadas por un resorte se mueven en un plano:
- a) Cuántos grados de libertad tiene el sistema?
 b) Cuántos modos normales tiene?
 c) Describa brevemente el movimiento de las masas en cada modo.

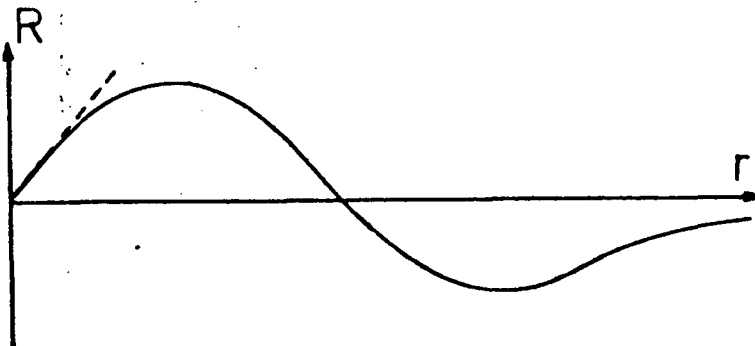


- 5) a) Explique brevemente el concepto de sección eficaz de dispersión para un sistema clásico y uno cuántico.
- b) Un haz de 3×10^{10} partículas/seg incide sobre un blanco de densidad 6×10^{23} partícula/cm³ y espesor 2μ . Cuántas partículas son dispersadas si la sección eficaz es 10^{-24} cm².
- 6)Cuál es la energía del estado fundamental de un oscilador cuántico de frecuencia ω .
Cómo explicaría este resultado en términos del principio de incerteza de Heisenberg.
- 7) Los estados estacionarios del átomo de hidrógeno se pueden escribir como

$$\psi_{N\ell m}(r, \theta, \phi) = R_{N\ell}(r) Y_{\ell m}(\theta, \phi)$$

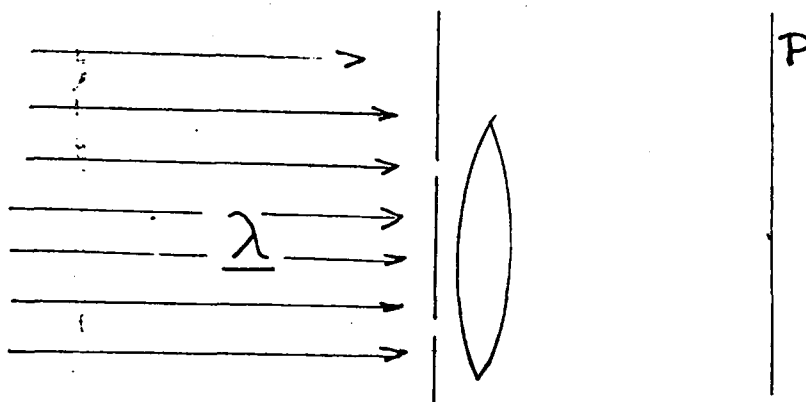
y los autovalores correspondientes son $E_N = -\frac{R_y}{N^2}$.

La figura muestra $R_{N\ell}(r)$ para un cierto estado



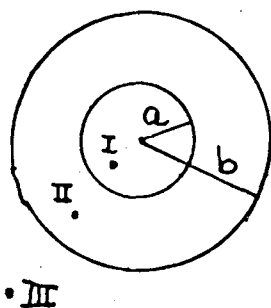
- a). Cuánto valen N y ℓ ?
- b)Cuál es la energía de este estado?
- c)Cuál es su paridad?
- 8) Una partícula de masa m está en una caja tridimensional de forma complicada y, tiene una energía E y una función de onda normalizada $\psi(\mathbf{r})$. Si se duplican las dimensiones lineales de la caja tendrá energía E' y función de onda $\psi'(\mathbf{r})$. Cuánto valen E' y $\psi'(\mathbf{r})$ en función de E y $\psi(\mathbf{r})$.
- 9) En una transformación termodinámica se pasa de un estado caracterizado por las variables $p_1 V_1$ a otro $p_2 V_2$. Diga cuáles de las siguientes magnitudes están completamente determinadas y cuáles dependen de cómo se haga la transformación:

- a) Trabajo realizado.
 - b) Calor absorbido.
 - c) Variación de la entropía.
 - d) Variación de entalpía.
 - e) Variación de la energía interna.
 - f) Calor específico.
- 10) En la experiencia de Joule-Thompson un gas ideal se expande libremente desde un volumen V_1 hasta un volumen $V_2 = 2V_1$:
- a) Qué se deduce del hecho que la temperatura se mantiene constante?
 - b) Es la transformación reversible?
 - c) Del hecho que $\Delta Q = 0$ es lícito deducir que $S = \frac{\Delta Q}{T}$ es cero? Explique.
 - d) Cómo cambia su respuesta al punto a) si se considera un gas real.
- 11) Una pantalla opaca tiene dos rendijas de 0.01 mm de ancho separadas por 0.1 mm. Se ilumina la pantalla desde el infinito con radiación electromagnética de longitud de onda λ como indica la figura



La pantalla P se encuentra en el foco de la lente. Haga un gráfico esquemático de la intensidad de la radiación recogida en la pantalla P cuando λ vale:

- a) $\lambda = 0.01 \text{ mm}$
 - b) $\lambda = 0.1 \mu$
- 12) Dos cáscaras esféricas conductoras concéntricas tienen una carga Q en cada una de ellas



Calcule el campo eléctrico en los puntos I, II, III situados a distancia r_I , r_{II} y r_{III} del centro.

13) Dar el orden de magnitud de las siguientes cantidades:

- Diámetro de un átomo de Helio.
- Diámetro del núcleo de un átomo de Helio.
- Separación entre los átomos en un metal.
- Diferencia de presión entre el interior y el exterior de un avión comercial volando a 10.000 m de altura.
- Volúmen de los océanos.

Haga las suposiciones que considere necesarias y razonables para sus estimaciones.

14) Calcular la velocidad en unidades de c de las partículas en los siguientes casos:

- Un electrón de energía 1 MeV.
- Un protón de energía 10 MeV.
- Un fotón de energía 1 MeV.
- Un neutrino de energía 1 MeV.

La energía en reposo del electrón es de 511 keV.

15) Los procesos por los cuales un rayo γ interactúa con la materia son:

- Efecto fotoeléctrico.
- Producción de pares.
- Efecto Compton.

a) Describa brevemente en qué consiste cada proceso.

b) Diga cualitativamente en que rangos de energía es importante cada proceso.

c)Cuál es la mínima energía del rayo γ necesaria para crear un par.

16) Las ecuaciones de Maxwell en el vacío son las siguientes:

$$1) \quad \vec{\nabla} \times \vec{B} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + 4\pi \vec{J}$$

$$2) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 4\pi\rho$$

$$3) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

$$4) \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

a) Diga brevemente cuál es el significado físico de cada ecuación.

b) A partir de ellas demuestre que en una zona sin cargas ni corrientes los campos $\vec{E}$ y $\vec{B}$ satisfacen la ecuación de ondas.

16 de Diciembre de 1977

DEPARTAMENTO DE FISICA
Comité de Capacitación

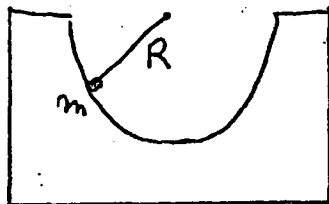
EXAMEN DE SELECCION DE BECARIOS

Esta evaluación consta de 13 preguntas de distinto grado de dificultad. El propósito es doble: por un lado ayudará en la selección de los becarios y por otro servirá para establecer el nivel de los cursos a dictarse.

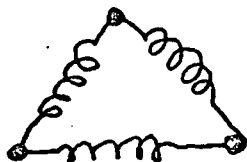
No pierda demasiado tiempo con un problema particular. Si no lo puede resolver de entrada siga con los demás. Siempre puede volver a probar más tarde.

- 1) Un péndulo físico de acero de forma complicada oscila con frecuencia ω . Con qué frecuencia oscilará una réplica de madera cuatro veces menor?
(Escala 1: 1/4) Densidad acero = 7.8 gm/cm^3
Densidad madera = $0,8 \text{ gm/cm}^3$

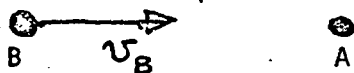
- 2) Una bolita de masa m puede deslizarse sin fricción dentro de un casquete esférico



- a) Cuál es el lagrangiano del sistema?
b) Cuáles son las ecuaciones de movimiento?
c) Demuestre que para pequeñas oscilaciones alrededor de la posición de equilibrio el movimiento es armónico, ¿Cuál es su frecuencia?
Suponga que el movimiento se realiza en un plano vertical.
- 3) Tres masas iguales se mueven en un plano conectadas por tres resortes iguales como se indica en la figura



- a) Cuántos grados de libertad tiene el sistema?
b) Cuántos modos normales tiene el sistema?
c) Cuántas frecuencias de vibración distintas hay?
d) Describa cualitativamente el movimiento de las masas en cada modo.
- 4) Un objeto A en reposo, con masa en reposo m , es chocado frontalmente por un objeto B de la misma masa en reposo y velocidad $v_B = \sqrt{\frac{3}{4}} c$. Las dos masas se juntan en un solo objeto C. Cuál es la energía total, el momento y la masa en reposo del objeto C.



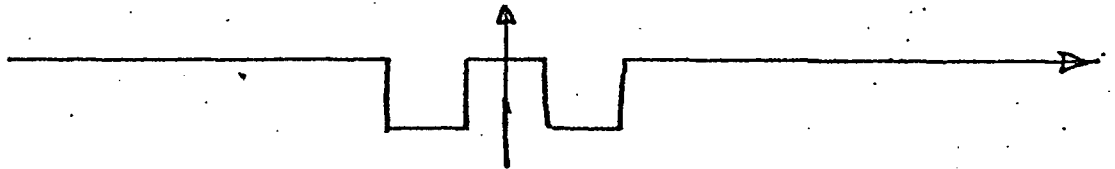
- 5) Suponga que la retina de su ojo está compuesta por elementos de resolución perfecta y que el cristalino es una lente perfecta (sin aberraciones). Estime la resolución angular de su ojo en radianes.

- 6) El calor específico molar de los sólidos a alta temperatura es constante (Ley de Dulong y Petit). Explique este hecho y deduzca cual es el valor de esta constante. Diga porqué esta ley no es válida a bajas temperaturas.
- 7) Una máquina térmica opera entre dos fuentes a temperaturas T_1 y T_2 ($T_1 > T_2$).
- Cuál es su eficiencia si la máquina opera con un gas ideal recorriendo un ciclo de Carnot?
 - Cuál es su eficiencia si la máquina opera con un gas real recorriendo un ciclo reversible?
 - Cuál es su eficiencia si la máquina opera con un gas ideal pero en alguna parte del ciclo hay un proceso irreversible?
 - Si la máquina es una caja negra (de la cual no se sabe nada) cuál es su máxima eficiencia?
- 8) Dar el orden de magnitud de las siguientes cantidades:
- La energía de ligadura del electrón 1S en el átomo de hidrógeno.
 - La energía de ligadura del electrón 1S en un átomo de uranio.
 - La energía de ligadura de un electrón ^{en un} de metal.
 - La energía de ligadura de un nucleón en un núcleo.
 - El peso en g de un cm^3 de materia nuclear.
 - El número de átomos en un cm^3 de agua

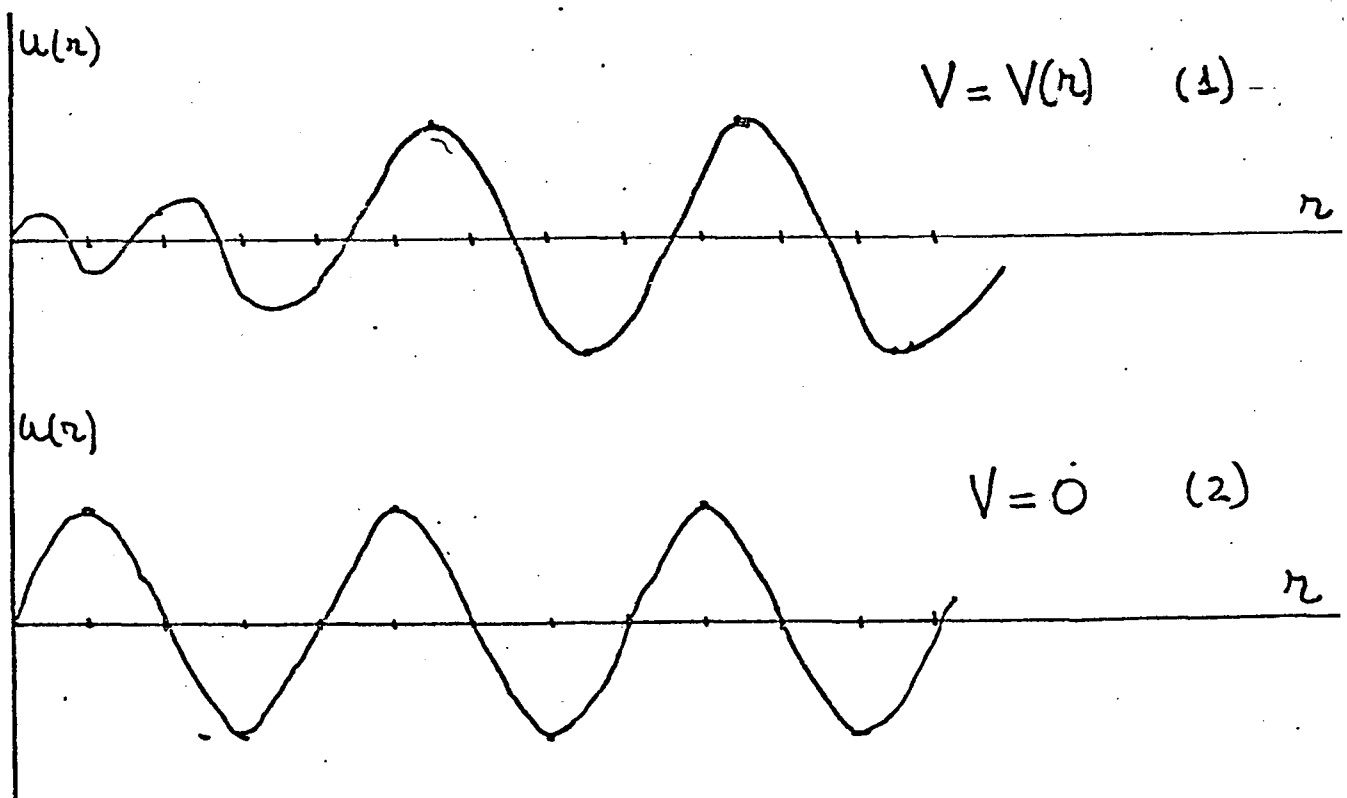
Haga las suposiciones que considere necesarias y razonables.

- 9) Diga cual de las siguientes afirmaciones es verdadera o falsa. En caso de duda explique.
- El campo magnético $\vec{H}$ de un imán permanente se puede derivar de un potencial escalar.
 - Una esfera conductora en el vacío tiene capacidad infinita.
 - El campo eléctrico en el interior de un conductor depende de la carga en su superficie.
 - En electrodinámica el campo eléctrico es conservativo.
 - La velocidad más alta de propagación de señales en un medio es la velocidad de la luz en ese medio.
 - Una corriente en un conductor perfecto no disipa energía.
 - Las ecuaciones de Maxwell son invariantes frente a transformaciones de Galileo.
 - Un electrón moviéndose con velocidad $\vec{v}$ constante irradia ondas electromagnéticas.

- i) La experiencia de Michelson-Morley probó que la velocidad de la luz es independiente de la velocidad del receptor.
- j) Las ecuaciones de Maxwell implican que la carga debe estar cuantificada.
- 10) Una esfera conductora se coloca en un campo eléctrico uniforme.
- Cuál es la ecuación satisfecha por el potencial $\phi(x,y,z)$ fuera del conductor?
 - Cuales son las condiciones de contorno en este caso?
 - Cuál es el potencial adentro de la esfera?
 - Si tiene ganas y tiempo resuelva en forma completa.
- 11) Dibuje cualitativamente las funciones de onda de los dos primeros estados estacionarios del siguiente pozo de potencial. Justifique.



- 12) La figura (1) muestra la función de onda radial $u(r) = rR(r)$ para una onda S a una energía E en un potencial central $V(r)$. La figura (2) muestra la misma función pero cuando el potencial es cero. La escala en el eje r es la misma en ambos casos.
- El potencial es atractivo o repulsivo? ¿Porqué?
 - Cuál es el rango aproximado? ¿Porqué?
 - Cuál es el corrimiento de fase de la onda S para este potencial a energía E ?



- 13) Que propiedad de un potencial central determina que la sección eficaz total de dispersión sea finita o infinita en mecánica clásica.
- Si tiene tiempo trate de contestar esta pregunta en mecánica cuántica.

5 de Diciembre de 1979

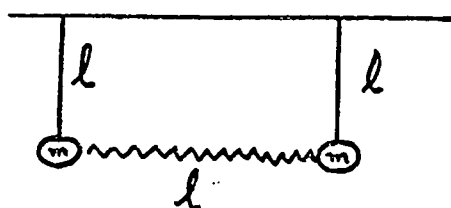
DEPARTAMENTO DE FISICA
PROYECTO TANDAR
Comité de Capacitación

EXAMEN DE SELECCION DE BECARIOS

Esta evaluación consta de 10 preguntas de distinto grado de dificultad. El propósito es doble: por un lado ayudará en la selección de los becarios y por otro servirá para establecer el nivel de los cursos a dictarse.

No pierda demasiado tiempo con un problema particular. Si no lo puede resolver de entrada siga con los demás. Siempre puede volver a probar más tarde.

- 1) Dos péndulos de masa m y longitud l están acoplados por un resorte de constante k . La longitud del resorte no estirado es también l .



- a) Describa el movimiento de los péndulos en los modos normales de oscilación.
b) Encuentre la frecuencia de estos modos.

(Suponga que el movimiento de los péndulos se realiza en un plano)

- 2) En una región S del espacio, libre de carga, hay un campo eléctrico creado por fuentes exteriores a S . Demuestre que una carga no puede estar en equilibrio estable en el interior de S .
- 3) Describa brevemente dos experiencias con las que se pueda determinar el valor numérico de la constante de Planck.
- 4) Una autofunción de la energía para una partícula de masa m moviéndose en un potencial de una dimensión $V(x)$ es

$$\Psi(x) = \frac{1}{\cosh \lambda x}$$

- a) Suponiendo que el potencial es tal que $V(\pm\infty) = 0$; ¿cuál es el autovalor de energía correspondiente a $\Psi(x)$?
- b) Cuál es el potencial $V(x)$
- c) Demuestre que $\Psi(x)$ es el estado de menor energía en el potencial $V(x)$

- 5) Si el fotón tuviera una masa μ , pequeña pero no nula, el potencial para el átomo de hidrógeno sería

$$V(r) = -\frac{e^2}{r} e^{-r/\lambda}$$

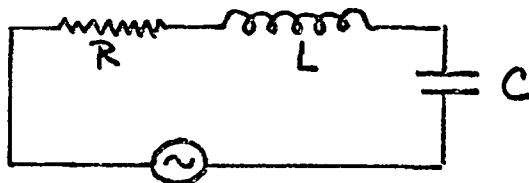
donde $\lambda = h/\mu c$

Suponiendo λ muy grande calcule cuál sería la corrección a primer orden de los niveles de energía del átomo de hidrógeno.

- 6) Una placa circular está en equilibrio térmico. En una mitad de su perímetro se mantiene una temperatura de 75°C y en la otra mitad de 25°C . ¿Cuál es la temperatura en el centro?.

- 7) Un gas ideal está contenido en un recipiente cerrado por un pistón vertical sin rozamiento de masa m y área A . Demuestre que una medida de la frecuencia de las pequeñas oscilaciones del pistón permite determinar el cociente $C_p/C_v = \gamma$ del gas. ¿Qué suposiciones hay que hacer para obtener este resultado?.

- 8) ¿Cuál es la frecuencia de resonancia del circuito



¿Qué parámetro mide el ancho de la resonancia?

- 9) Efecto Cerenkov. Una partícula se mueve con velocidad $\vec{v}$ en un medio con índice de refracción n . ¿Cuál es la condición para que haya radiación Cerenkov y en qué dirección se detectará con respecto a la velocidad $\vec{v}$?.

- 10) a) El núcleo del estaño ($Z=50$) tiene un gran número de isótopos mientras que sus vecinos no. ¿Cómo se explica este hecho?
- b) Explique brevemente por qué la conductividad térmica y eléctrica en un metal deben estar relacionadas.
- c) ¿Por qué el calor específico del oxígeno gaseoso es mayor que el del helio gaseoso?

ANEXO 3. PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE POSTGRADO.

COMPLEMENTOS DE FISICA NUCLEAR

DURACION: cuatro meses a razón de dos clases teóricas semanales de dos horas y media cada una.

CONDICIONES PARA APROBAR EL CURSO: Entrega regular de series de problemas; dos exámenes parciales aprobados; entrega de carpeta de problemas; examen final aprobado.

PROGRAMA:

Tema 1.- PROPIEDADES BASICAS DEL NUCLEO ATOMICO

Repaso de mecánica cuántica y física moderna.
Constitución, masa, carga, tamaño, distribución de carga, energías, fuerzas, momentos cinéticos y electromagnéticos del núcleo atómico.

Tema 2.- EL PROBLEMA DE UNA PARTICULA EN UN POZO DE POTENCIAL

Partícula en un pozo de potencial unidimensional.
Partícula en un pozo de potencial tridimensional.
Modelo orbital. Suma de momentos angulares. Paridad.

Tema 3.- LAS FUERZAS NUCLEARES

Estado ligado de dos nucleones. Energía de ligadura y tamaño del deuterón. Espin del sistema de dos nucleones. Efectos del principio de exclusión de Pauli. Momentos eléctricos y magnéticos del deuterón. Fuerzas tensoriales. Fuerzas estáticas y dinámicas. Fuerzas de intercambio. Referencia a la teoría mesónica de las fuerzas nucleares. Dispersión nucleón-nucleón. Potenciales fenomenológicos.

Tema 4.- EL MODELO DE CAPAS

Orbitas nucleares. El potencial del modelo de capas. El potencial espin-órbita. Masa efectiva. Orbitas permitidas y llenado de las órbitas. Energía de separación. Espaciamiento energético entre capas. Núcleos no esféricos.

- Tema 5.- LA ESTRUCTURA DE LOS NUCLEOS ESFERICOS PAR-PAR
Colisiones. La interacción de apareamiento. El espectro de los núcleos par-par. Estados coherentes. Cuasi-partículas. Número de ocupación. Vibraciones colectivas de los núcleos esféricos par-par. Acoplamiento angular de partículas e ionones.
- Tema 6.- LA ESTRUCTURA DE LOS NUCLEOS IMPARES Y NO ESFERICOS
Núcleos esféricos con A impar. Estados de cuasi-partícula simple. Núcleos esféricos impar-impar. Espín isobárico y estados análogos. Núcleos deformados y Modelo de capas. Estados rotacionales y núcleos deformados par-par. Vibraciones colectivas.
- Tema 7.- MASA, ENERGÍAS Y MOMENTOS MAGNETICOS DE LOS NUCLEOS
Masas y energías de ligadura de los núcleos. Fórmula semiempírica de masas. Momentos dipolares magnéticos. Momentos cuadrupolares eléctricos.
- Tema 8.- TRANSFORMACIONES NUCLEARES
Decaimientos electromagnéticos. Decaimiento beta. Emisión de nucleones. Leyes de decaimiento. Reacciones nucleares. Propiedades básicas de las reacciones nucleares. Sección eficaz. Tabla de nucleídos.
- Tema 9.- EMISION DE NUCLEONES
Reflexión y transmisión de ondas en interfases. Decaimiento de nucleones con $l=0$. Barrera coulombiana. Barrera centrífuga. Anchos reducidos. Emisión de partículas alfa. Fisión nuclear.
- Tema 10.- DECAIMIENTO BETA
Probabilidad de decaimiento. Espectro energético de los electrones emitidos. Influencia del momento angular. Reglas de selección. Elementos de matriz del decaimiento beta. Ritmo de decaimiento. Captura electrónica.

Tema 11.- EMISION DE RAYOS GAMMA

Radiación multipolar en sistemas cuánticos. Transiciones electromagnéticas. Transiciones magnéticas. Reglas de selección. Correlaciones angulares. Isomerismo. Conversión interna.

Tema 12.- REACCIONES NUCLEARES. REACCIONES DIRECTAS

Mecanismo de reacción directa. Distribución angular de las partículas emitidas en reacciones directas. Estudios de estructura nuclear mediante reacciones de transferencia. Excitación coulombiana.

INTRODUCCION A LA TEORIA DE LA ESTRUCTURA NUCLEAR

DURACION: El curso tiene una duración de cuatro meses a razón de dos clases teóricas semanales de dos horas y media cada una.

REGIMEN DE PROMOCION: Un examen parcial escrito y un examen final oral. Resolución y entrega de series semanales de problemas.

PROGRAMA:

Tema 1.- SIMETRIAS Y LEYES DE CONSERVACION

Repaso de la formulación en un espacio de Hilbert abstracto de la mecánica cuántica. Notación de bras y kets de Dirac. Cambios de base; operadores unitarios y hermíticos. Traslaciones finitas e infinitesimales; operador p . Traslaciones temporales-Hamiltoniano y leyes de conservación. Paridad. Rotaciones infinitesimales; momento angular. Tensores esféricos; operadores tensoriales irreducibles. Acoplamiento de momentos angulares; símbolos $3j$, $6j$ y $9j$. Teorema de Wigner Eckart. Rotaciones finitas; ángulos de Euler; matrices. Matrices D como autofunciones de J ; trompo simétrico.

Tema 2.- SISTEMAS DE MUCHAS PARTICULAS

Solución de Heisenberg del oscilador armónico. Postulado de simetrización para sistemas de partículas indistinguibles. Operadores de creación y destrucción para bosones y fermiones. Representación de operadores de uno y dos cuerpos en el espacio de Fock; "segunda cuantificación".

Tema 3.- CAMPO DE RADIACION Y TRANSICIONES ELECTROMAGNETICAS

Campo electromagnético libre; formulación canónica de las ecuaciones de Maxwell. Reglas de cuantificación del campo. Expansión multipolar; momentos electromagnéticos. Probabilidades de transición; $B(\sigma\lambda, I_i, I_f)$.

Transiciones de una partícula; Unidades de Weisskopf.

Tema 4.- DESCRIPCION MICROSCOPICA DE FENOMENOS COLECTIVOS
Método de Hartree-Fock independiente del tiempo.
Variación de determinantes; Teorema de Thouless.
Hartree-Fock dependiente del tiempo; matriz densidad
de una y dos partículas. Aproximación de fases al
azar (R.P.A.); modos colectivos. Cuasi-partículas;
transformación de Bogouliubov-Valatin. Método de
B.C.S. Momentos de inercia; fórmula de Inglis.

INSTRUMENTACION NUCLEAR

DURACION: Tres horas semanales de clases teóricas,
durante cinco meses.

REGIMEN DE PROMOCION: Exámen final aprobado.

PROGRAMA:

Tema 1.- DETECTORES

Detectores de centelleo, proporcionales y semiconductores. Características generales. Mecanismo de generación del pulso. Resolución. Eficiencia. Fabricación de detectores Ge(Li). Detectores de partículas cargadas.

Tema 2.- ACELERADORES

Aceleradores de partículas. Aceleradores lineales Van de Graaf y Tandem. Ciclotrones. Ciclotrón Isócrono.

Tema 3.- ELECTRONICA

Electrónica asociada a la detección de diferentes partículas. Preamplificadores, amplificadores, convertidor ADC y multicanal. Electrónica asociada a la espectroscopía temporal para la determinación de vidas medias y coincidencias entre eventos (constant fraction, TAC, etc.).

TEORIA DE LA ESTRUCTURA NUCLEAR

DURACION: Cuatro horas semanales.

REGIMEN DE PROMOCION: Entrega y aprobación de los informes de los respectivos grupos de trabajo.

PROGRAMA:

Tema 1.- MODELO NUCLEAR DE CAPAS

1.a) Teoría:

Descripción del formalismo. Elección de la base. Restricciones al espacio de Hilbert. Determinación de parámetros efectivos en el Hamiltoniano y en operadores de un cuerpo. Energías de partícula independiente. Comparación de las predicciones del modelo con resultados experimentales concernientes a energías, transiciones electromagnéticas y transferencia de 1 y 2 partículas.

1.b) Prácticas:

Grupo I: Cálculo del espectro de 2 partículas en la capa s-d para estados con $T=0$, usando distintas interacciones. Análisis de las transiciones electromagnéticas y comparación con los resultados experimentales.

Grupo II: Cálculo del espectro del ^{18}O , usando distintas interacciones. Determinación de energías y elementos de matriz cuadrupolar. Empleo de funciones de onda del ^{19}O para predecir intensidades de reacciones de transferencia de una partícula a distintos niveles. Comparación con resultados experimentales.

Grupo III: Cálculo del espectro del ^{19}O , usando la interacción de Kuo-Brown. Normalización de las funciones de onda correspondientes a tres partículas. Empleo de las funciones de onda del ^{18}O para predecir las intensidades de las reacciones de transferencia de una partícula a distintos niveles. Comparación con resultados experimentales.

Producción y redacción de una propuesta de experiencia no realizada hasta la fecha, con el objeto de verificar alguna magnitud predicha en el cálculo respectivo (cada uno de los tres grupos por separado).

Tema 2.- MOVIMIENTOS COLECTIVOS VIBRACIONALES

2.a) Teoría:

Análisis de la evidencia empírica en la zona del Pb. Estados colectivos de partícula-agujero, de partícula-partícula y de agujero-agujero. Aproximación de fases al azar (RPA). Modos elementales de excitación. Superposición de los mismos y principio de Pauli. Teoría de campos nucleares (NFT). Correcciones diagramáticas a la RPA.

2.b) Prácticas:

Grupo I: Corrección de las propiedades de los estados de partícula independiente en la zona del ^{208}Pb debido a la interacción con bosones de partícula-agujero.

Grupo II: Corrección de las propiedades de los estados de partícula independiente en la zona del ^{208}Pb debido a la interacción con fonones de apareamiento.

Grupo III: Cálculo de los momentos cuadrupolar eléctrico y dipolar magnético del primer estado 2^+ en los isótopos pares del Sn.

Tema 3.- MOVIMIENTOS COLECTIVOS ROTACIONALES

3.a) Teoría: Formulación del modelo rotacional. Grados de libertad de rotación. Deformaciones y simetría. Modelo de partícula independiente de Nilsson. Determinación de los momentos de inercia mediante el modelo de "cranking". Línea yrast de excitación.

REACCIONES NUCLEARES

ABRIL-AGOSTO 1978

HORARIO: Miércoles y viernes 10 a 12 hs.

CONDICIONES PARA APROBAR EL CURSO:

- 1) Realización, discusión y entrega de los trabajos prácticos consistentes en:
 - a) Construcción de un programa de computadora para el cálculo de cinemáticas y ensanchamientos cinemáticos, aplicado a diversos ejemplos de reacciones entre iones pesados y livianos.
 - b) Construcción de un programa para calcular corrimientos de fase y secciones eficaces para el caso de un potencial real Saxon-Wood.
 - c) Exposición oral del Tema 2.- del programa que se adjunta.
- 2) Exposición final sobre los resultados obtenidos utilizando los códigos SEEK(*) y DWUCKBA(**) en el análisis de casos concretos de dispersión elástica y transferencia de dos nucleones, respectivamente.

PROGRAMA:

Tema 1.- AUTOVALORES CONTINUOS. INTRODUCCION

Barrera de potencial en una dimensión. Coeficientes de transmisión y reflexión. Colisiones en tres dimensiones. Coordenadas en sistemas laboratorio y centro de masa. Cinemática. Dispersión por potenciales esféricamente simétricos. Ondas parciales y corrimiento de fases. Dispersión por un pozo cuadrado. Resonancias. Teorema óptico. Sección eficaz total.

Tema 2.- PAQUETES DE ONDAS

Dispersión de un paquete de ondas. Función de Green en teoría de dispersiones elásticas. Aproximación de Born. Corrimientos de fase y funciones de Green.

Tema 3.- DISPERSION COULOMBIANA

Difusión coulombiana de dos partículas puntuales cargadas. Coordenadas parabólicas. Fórmula de Rutherford. Coordenadas esféricas. Desarrollo en ondas parciales. Corrimientos de fase coulombianos. Dispersión de partículas con carga extendida por un potencial combinado: nuclear (real) y coulombiano. Corrimientos de fase nucleares.

Tema 4.- MECANISMOS DE REACCION

Núcleo compuesto, procesos de pre-equilibrio; reacciones directas. Discusión cualitativa de los aspectos teóricos y experimentales de los mecanismos directo y de núcleo compuesto. Identificación del mecanismo: distribución angular y función de excitación. Tiempos de reacción. Dependencia en la energía. Canales de reacción. Consideraciones energéticas y Q de la reacción. Función de onda total en un modelo dinámico: " Ψ open" y " Ψ closed". Interferencias entre mecanismos directos y compuestos.

Tema 5.- DISPERSION ELASTICA DIRECTA. MODELO OPTICO

Fundamentos del modelo óptico. Potencial complejo. Ecuación de continuidad. Significado del término imaginario puro. Efectos coulombianos. Términos spin-órbita. Corrimientos de fase complejos. Métodos numéricos. Ambigüedades en la determinación de los parámetros característicos del potencial óptico. Valores típicos en el caso de proyectiles livianos.

Tema 6.- REACCIONES NUCLEARES DIRECTAS CON PROYECTILES LIVIANOS

Función de onda estacionaria asintótica considerando proyectil y blanco con estructura. Introducción de paquetes de onda y propiedades de los paquetes salientes. Sección eficaz. Amplitud de transición. Proyección de la función de onda total en un canal. Función de Green de onda plana. Potencial promedio distorsionado. Función de Green de ondas esféricas distorsionadas.

Transformación de Gell-Mann, Goldberger. Aproximación de Born de ondas distorsionadas (DWBA). Alcance de su validez.

- Tema 7.- DISPERSION INELASTICA Y REACCIONES CON TRANSFERENCIA DE UNO Y MAS NUCLEONES EN LA APROXIMACION DWBA. Ondas distorsionadas entrantes y salientes. Factor de forma. Amplitud de transición considerando rango finito en el potencial responsable de la transición. Aproximación de rango cero. Factores espectroscópicos. Aplicación a casos (d,p) y (t,p). Potenciales ópticos característicos.
- Tema 8.- FORMALISMO DE CANALES ACOPLADOS; DISPERSION INELASTICA Factor de forma para núcleos descritos en forma colectiva (rotacionales y vibracionales). Formalismo de canales acoplados (cc). Potencial diagonal y de acoplamiento, Hamiltoniano y ecuaciones acopladas resultantes. Programa JUPITOR (***). Aplicación al caso ^{24}Mg (d,d') ^{24}Mg .
- Tema 9.- CANALES ACOPLADOS Y REACCIONES DE TRANSFERENCIA Nociones sobre el formalismo de canales acoplados de reacción (CRC). Formalismo de canales acoplados en la aproximación de Born (CCBA). Procesos en dos etapas y su influencia en el estudio de transiciones "prohibidas" por DWBA. Programa MARS (****). Aplicación a la reacción $^{22}\text{Ne}(p,t)^{20}\text{Ne}$.
- Tema 10.- DESCRIPCION CLASICA DE COLISIONES ENTRE IONES PESADOS Dispersión elástica. Función de deflexión clásica y sección eficaz. Potenciales de interacción para el caso de iones pesados. Efecto de la carga extendida. Dependencia de la energía de la función de deflexión para un potencial fijo. Dispersión de "rainbow", "glory" y "orbiting". Ejemplos de estos efectos para ciertos casos de dispersión elástica de iones pesados.

- (*) Program SEEK, Nuclear Optical Model Calculations;
M.Melkanoff, T.Sawadea and J.Raynal.
- (**) El programa DWUCKBA, es una variación del código DWUCK,
de P.D.Kunz, University of Colorado.
- (***) Computer program JUPITOR-1 for coupled channel cal-
culations; T.Tamura, ORNL-4152.
- (****) Computer program MARS; coupled channel Born approxima-
tion for transfer reactions; T.Tamura and T.Udagawa
(no publicado).

REACCIONES NUCLEARES

ABRIL-AGOSTO 1979

HORARIO: Miércoles y viernes de 10 a 12 hs.

CONDICIONES PARA APROBAR EL CURSO:

- 1) Realización, discusión y entrega de los trabajos prácticos consistentes en:
 - a) Construcción de un programa de computadora para el cálculo de cinemática y ensanchamiento cinemático, aplicado a diversos ejemplos de reacciones entre iones pesados y livianos.
 - b) Construcción de un programa para calcular la función deflexión en la aproximación semiclásica de la dispersión elástica entre iones pesados.
 - c) Exposición oral del Tema 2.- del programa que se adjunta.
- 2) Exposición final sobre los resultados obtenidos utilizando los códigos ABACUS (*), DWUCKBA(**), MARS (***), JUPITOR (****) y CHUCK (*****) en el análisis de casos concretos de dispersión elástica y transferencia de uno o dos nucleones, con o sin excitaciones intermedias.

PROGRAMA:

- Tema 1.- TEORIA CLASICA DE COLISIONES ENTRE IONES PESADOS
Dispersión elástica. Sección eficaz y función de deflexión clásica. Potenciales de interacción entre iones pesados. Dispersión de arco iris, de gloria y en espiral; aplicación a la dispersión elástica de iones pesados. Limitaciones debidas a efectos cuánticos y a absorción.
- Tema 2.- COLISIONES PROFUNDAMENTE INELASTICAS
Situación experimental. Descripción fenomenológica; fricción. Derivación microscópica de las fuerzas de fricción. Procedimientos numéricos de cálculo. Sección eficaz experimental y función de deflexión. Limitaciones debidas a fluctuaciones.

- Tema 3.- PROPIEDADES BASICAS DE LAS REACCIONES ENTRE IONES PESADOS. FORMACION DE NUCLEOS COMPUESTOS
Canales y valores Q; Valores Q en contacto. Balance de energía en la formación del núcleo compuesto. Choque rasante y secciones eficaces de reacción. Descomposición cualitativa de la sección eficaz total. Momento angular crítico e inestabilidad frente a fisión espontánea. Fisión espontánea y formación de núcleo compuesto.
- Tema 4.- DENSIDAD DE NIVELES Y EL NUCLEO COMPUESTO
Densidades de niveles nucleares. Niveles yrast, y formación del núcleo compuesto. Resultados experimentales en la formación del núcleo compuesto. Efectos del canal de entrada.
- Tema 5.- ELEMENTOS DE LA TEORIA DE LA DISPERSION NUCLEAR
Dispersión elástica. Procesos inelásticos.
- Tema 6.- DISPERSION ELASTICA.
Teoría semiclásica de la Dispersión Elástica:
Derivación de la amplitud semiclásica de dispersión. Dispersión de arco iris, gloria y espiral. Aplicación y generalización de la aproximación semiclásica. Modelo óptico para la dispersión elástica. Parámetros del potencial del modelo óptico y redundancias. Dispersión elástica de $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$. Modelo de difracción de corte abrupto: Consideraciones cualitativas.
Revisión de la difracción de Fresnel; dispersión coulombiana y difracción de Fresnel. Diagramas de difracción de Frahn. Derivación de Frahn de la difracción de Fresnel a partir del modelo de absorción fuerte. Refracción de arco iris versus difracción de Fresnel. Modelo de corte suave: Tratamiento general del modelo de corte suave. Modelo de absorción fuerte. Polos de Regge: definición y propiedades. Modelo de difracción y polos de Regge.- Identificación de los polos de Regge.- Interpretación dinámica de los polos de Regge.

Tema 7.- EXCITACION COULOMBIANA

Consideraciones cualitativas. Teoría de perturbaciones a primer orden. Excitación eléctrica; discusión. Simetrización de secciones eficaces. Resumen de las aproximaciones. Efectos de orden superior. Ecuaciones acopladas. Efecto de reorientación. Excitación doble E2. Polarización dipolar eléctrica. Diagrama ilustrativo del mecanismo de excitación Coulombiana múltiple. Correcciones cuánticas. Métodos de detección de excitación Coulombiana: medida directa del espectro de partículas dispersadas. Detección de rayos gamma de desexcitación.

Tema 8.- DISPERSION INELASTICA Y REACCIONES DE TRANSFERENCIA

Consideraciones clásicas. Descripción semiclásica. Canales acoplados y DWBA. Canales acoplados para la dispersión inelástica. Potencial óptico en el formalismo de canales acoplados. Aproximación de Born de ondas distorsionadas (DWBA). Dispersión de partículas alfa por núcleos deformados. Generalización del formalismo de canales acoplados a reacciones de transferencia. Transferencia elástica. DWBA y efectos de retroceso. Modelo del corrimiento de fase parametrizado en la DWBA para reacciones inelásticas y de transferencia (modelo de corte suave y modelo de polos de Regge).

Tema 9.- TEORIA ESTADISTICA

El modelo estadístico. Decaimiento precompuesto. Resultados experimentales; modelos de pre-equilibrio. Fundamentos teóricos. Teoría del transporte de choques profundamente inelásticos.

- (*) Program ABACUS, Nuclear Optical Model Calculations; E.H.Auerbach. Informal report BNL (1977).
- (**) El programa DWUCKBA, es una variación del código DWUCK, de P.D.Kunz, University of Colorado.
- (***) Computer program MARS; coupled channel Born approximation for transfer reactions; T.Tamura and T.Udagawa (no publicado).

- (****) Computer program JUPITOR-1 for coupled channel calculations; T.Tamura, ORNL-4152.
- (*****) Computer program CHUCK; coupled channel for transfer reactions; P.D.Kunz, University of Colorado.

**ANEXO 4. TRABAJOS DE INVESTIGACION DESARROLLADOS
POR LOS ESTUDIANTES DEL PROGRAMA DE
CAPACITACION EN LA CNEA,
(TEMAS, PARTICIPANTES Y SUPERVISORES),**

- 1) Modificación y montaje de una nueva fuente de iones en la facilidad I.A.L.E. (H.Huck, J.Dukelsky; Supervisor: J.J.Rossi).
- 2) Facilidad de correlaciones angulares para mediciones en línea. (E.R.Duering y H.Huck; Supervisor: E.Ventura).
- 3) Lentes de enfoque no axialmente simétrico para el haz de un separador de masas (E.R.Duering; Supervisor: D.Otero).
- 4) Niveles y mezclas multipolares de transiciones en ^{94}Mo (C.Alonso Arias; Supervisor: G.García Bermúdez).
- 5) Atrapamiento de vacancias en plata templada (C.Alonso Arias y J.Fernández Niello; Supervisor: G.García Bermúdez).
- 6) Correlaciones angulares en cascadas gamma-gamma en ^{138}Ba (E.R.Duering y H.Huck; Supervisor:).
- 7) Estados de alto momento angular en ^{78}Br via reacciones ($\alpha, xnyp$). (D.Abriola, M.C.Berisso y J.Fernández Niello; Supervisor: G.García Bermúdez).
- 8) Medición de electrones de conversión en línea (M.Debray; Supervisor: A.J.Kreiner).
- 9) Momentos angulares y paridades de los primeros niveles del ^{138}Cs (E.R.Duering; Supervisor: D.Otero).
- 10) Esquema de niveles del ^{140}Cs (E.R.Duering; Supervisor: A.N.Proto).
- 11) La aproximación de fases al azar para fermiones renormalizados (M.E.Spina; Supervisor: G.G.Dussel).
- 12) Cuantificación semiclásica del modelo de Lipkin en ecuaciones de Hartree-Fock dependientes del tiempo (J.M.Carcione; Supervisor: M.Saraceno).

- 13) Análisis de reacciones (p, α) en regimen de preequilibrio (A.Pacheco; Supervisor: A.Ferrero).
- 14) Estudio de los núcleos $^{142,144}\text{Eu}$ mediante la reacción ^{144}Sm (α ,xn y p). (A.Etchegoyen y A.Pacheco; Supervisor: M.A.J.Mariscotti).
- 15) Estudio del núcleo ^{188}Ir mediante la reacción $^{187}\text{Re}(\alpha,3n)$ (J.M.Carcione, D.Digregorio y A.Pacheco; Supervisor: A.J.Kreiner).
- 16) Estudio del Núcleo ^{100}Rh (Salvador Gil; Supervisor: G.García Bermúdez).
- 17) Estudio de isótopos del Talio (C.Alonso Arias; Supervisor: A.J.Kreiner).
- 18) Estudio de los esquemas de niveles del ^{79}Kr y $^{97,98}\text{Rh}$ por medio de reacciones (α ,xn). (A.O.Macchiavelli; Supervisor: M.Behar).
- 19) Estudios de la reacción (p,d) en regimen de preequilibrio (A.Gattone; Supervisor: A.Ferrero).
- 20) Cálculo de niveles y probabilidades de transición en ^{79}Kr con el modelo de Nilsson (A.O.Macchiavelli; Supervisor: L.Szybisz).
- 21) Medición de vidas medias en $^{129,131}\text{Sn}$ y esquema de niveles de $^{129,131}\text{Sb}$ (R.Pakula; Supervisor: J.J.Rossi).
- 22) Descripción de estados deformados de núcleos como condensado de bosones (J.Dukelsky; Supervisor: G.G.Dussel).
- 23) Estados vibracionales en núcleos esféricos (J.Dukelsky; Supervisor: G.G.Dussel).

ANEXO 5.

TESIS DOCTORALES.

• (TEMAS, DIRECTORES Y LABORATORIOS).

Daniel Abriola: Resonancias en Reacciones con Iones Pesados.
A-12 Director: R.L.Mc Grath
68- NO S.U.N.Y., Stony Brook

María C. Berisso: Reacciones de Transferencia de Varios
A-12 (III) Nucleones con Iones Pesados.
CNEA Director: D.Sinclair
Oxford

Daniel Digregorio: Estudio de Reacciones de Fusión con
AC-11 (II) Iones Pesados.
CNEA Director: J.Gómez del Campo
O.R.N.L.

Jorge Dukelsky: Aproximación de la Serie Principal.
A-13 (II) Director: G.G.Dussel
CNEA C.N.E.A.

Alberto Etchegoyen: Reacciones de Intercambio de Cargas.
A-12 (III) Director: P.S.Fisher
CNEA Oxford

Aníbal Gattone: Contribución de Procesos de una y dos
4-13 NO Etapas a la Región de Preequilibrio.
Univ. Indiana J.S.A. Director: A.M.J.Ferrero
48- C.N.E.A.

Jorge Fernández Niello: Niveles de Alto Momento Angular en ²¹⁸Ra.
4-12 (III) Director: F.Riess
CNEA Munich

Salvador Gil: NO Reacciones de Fusión y Fisión con
AC-11 Iones Pesados.
48- Director: R.Vandenbosch
41-737 Universidad de Washington, Seattle.

Hugo A. Huck: Estructura de Núcleos Cercanos al Doble
A-12 (II) Mágico ¹³²Sn.
CNEA Director: J.J.Rossi
C.N.E.A.

Alberto Pacheco: Momento Angular en Reacciones con Iones
Pesados.
Director: L.G. Moretto
Berkeley

A-10
NEA (TH)

María E. Spina: Teoría de Transporte en Colisiones de
Iones Pesados.
Director: H.A. Weidenmüller
Heidelberg

AC-13 NO

(2/83 - 4/83)

MARIO DEBRAY

A-13 NO
(10/83)

OSUALDO A MACCHIARELLI

(10/83) A-13 NO

ANEXO 6.

PERSONALIA.

PARTICIPANTES DEL PROGRAMA DE CAPACITACION DEL PROYECTO TANDAR:

Daniel Hugo Abriola: C.N.E.A. (mayo 1977 - mayo 1979)
Stony Brook (desde junio 1979)

Claudio Enrique Acuña: C.N.E.A (mayo 1978 - febrero 1979)

Cecilia Alonso Arias: C.N.E.A (marzo 1977 - septiembre 1979)

María Cristina Berisso: C.N.E.A (mayo 1977 - setiembre 1978)
Oxford (desde octubre 1978)

José María Carcione: C.N.E.A (mayo 1978 - agosto 1979)
Copenhague (setiembre 1979 - febrero 1980)

Mario Debray: C.N.E.A (noviembre 1980 - octubre 1981)
Göttingen (desde octubre 1981)

Daniel Digregorio: C.N.E.A (marzo 1978 - agosto 1979)
Oak Ridge (desde setiembre 1979)

Edgardo Raúl Duering: C.N.E.A (marzo 1978 - agosto 1979)
Rehovoth (octubre 1978 - diciembre 1979)

Jorge Dukelsky: C.N.E.A (desde marzo 1978)

Alberto Etchegoyen: C.N.E.A. (marzo 1977 - setiembre 1978)
Oxford (desde octubre 1978)

Alejandro José Fendrik: C.N.E.A (desde agosto 1980)

Aníbal Gattone: C.N.E.A (desde marzo 1979)

Jorge O. Fernández Niello: C.N.E.A (marzo 1977 - setiembre 1978)
Múnich (desde octubre 1978)

Salvador Gil: C.N.E.A. (marzo 1978 - agosto 1979)
Seattle (desde setiembre 1979)

Hugo A. Huck: C.N.E.A. (desde marzo 1977,
graduado como Doctor en setiembre 1981)

Osvaldo A. Macchiavelli: C.N.E.A. (marzo 1980 - setiembre 1981)
Berkeley (desde setiembre 1981)

Alberto Jorge Pacheco: C.N.E.A (marzo 1977 - agosto 1979)
Berkeley (desde setiembre 1979)

Ricardo A. Pakula: C.N.E.A (mayo 1980 - mayo 1981)

María Elena Spina: C.N.E.A (marzo 1978 - setiembre 1979)
Heidelberg (desde octubre 1979)

PARTICIPARON EN EL COMITE DE CAPACITACION DEL PROYECTO TANDAR:

Guillermo G. Dussel (octubre 1977 - setiembre 1978)

Gerardo G. Bermúdez (octubre 1976 - agosto 1980)

Ernesto E. Maqueda (octubre 1976 - setiembre 1977 y
desde noviembre 1978)

Silvia L. Reich (desde abril 1981)

Marcos Saraceno (octubre 1976 - enero 1981)