

Práctica de Laboratorio **Breve introducción a la utilización de LISE++**

Tutora: Anabel Morales

El objetivo de esta práctica es introducir al alumnado en el uso de reacciones en cinemática inversa para la producción de haces radioactivos, así como en cálculos de transmisión y pureza de los núcleos deseados usando el código LISE++. LISE++, desarrollado por O. Tarasov y D. Bazin en MSU, es un código que permite configurar los parámetros del separador de fragmentos y optimizarlo para producir, seleccionar y transmitir un núcleo exótico o un "cocktail" de estos hasta un plano focal final, donde típicamente se realiza el experimento correspondiente (medida de su desintegración beta, excitación-desexcitación gamma, medida de emisión de partículas, etc.) Se considera en particular el caso de reacciones de fragmentación en combinación con el separador de fragmentos FRS de la instalación GSI-FAIR (Alemania).

Nota: Antes de seguir leyendo, comprueba en indico (<https://indico.ific.uv.es/event/6462/>) si hay una versión actualizada de esta práctica.

Bibliografía

1. H.Geissel et al., "The GSI projectile fragment separator (FRS): a versatile magnetic system for relativistic heavy ions", Nucl. Instrum. Methods B 70 (1992) 286-297.
- 2.- O.B.Tarasov, D.Bazin "LISE++: Radioactive beam production with in-flight separators" Nucl. Instrum. Methods B 266 (2008) 4657-4664
- 3.- O.B.Tarasov, D.Bazin "LISE++ : design your own spectrometer" Nucl. Phys. A746 (2004) 411-414
- 4.- Additional documentation can be found online at:
<http://groups.nscl.msu.edu/lise/lise.html>
<https://www-win.gsi.de/frs/index.htm>
<https://www-win.gsi.de/frs-setup/>

Materiales

El alumnado necesitará disponer del siguiente material:

1. Ordenador, preferiblemente con entorno de trabajo Windows y acceso a internet
2. Carpeta de trabajo para realizar la práctica ([web del curso](#))

Comienzo:

Haz doble click en el fichero de inicio: **LISE_beginning.lpp**

SESIÓN 1. PRODUCCIÓN de un isótopo radioactivo de interés.

Busca la mejor combinación {haz primario - target} para optimizar la producción de ^{96}Cd :

1. Comprueba la producción y la transmisión de ^{96}Cd usando un haz primario de ^{124}Xe (@750MeV/u) [beam intensity: 5E9 p/s] con 4g/cm² $^{\text{nat}}\text{Pb}$ target de producción → debería dar 1.69E-3 pps con una transmisión de en torno al 70%;
2. Busca el espesor óptimo para el target de producción siguiendo **Calculations → Optimization → Optimum Target**. Calcula las nuevas tasas de producción y toma nota de ellas.
3. El área experimental donde se encuentra el blanco de producción es una zona “caliente” y solo hay un cierto número de blancos disponibles por control remoto. Elige el blanco más apropiado para producir ^{96}Cd de los que hay actualmente accesibles en GSI y vuelve a calcular las tasas de producción:

<https://www-windows.gsi.de/frs-setup/> →Target 2 →List

4. ¿Cómo cambia la **transmisión a medida que cambiamos la energía del haz** primario (0.1 – 1 GeV/u) para un mismo espesor del target? Toma varios puntos para dibujar posteriormente una gráfica.
5. Manteniendo la energía inicial del haz (750 MeV/u), encontrar la **mejor combinación de haz primario y de blanco disponibles**. Podéis ver la lista de haces disponibles aquí:

https://www.gsi.de/en/work/accelerator_operations/accelerators

Una vez hayas encontrado la mejor combinación de haz primario y blanco, guarda un nuevo fichero de configuración con el nombre “APELLIDOS_NOMBRE_LISE_part1.lpp”. Dejaremos esta combinación fija para el resto de la práctica.

SESIÓN 2: Transmisión del haz radiactivo hasta S4. AJUSTA los slits para asegurar el correcto funcionamiento de los detectores de tracking

Generalmente es necesario acotar las tasas totales de conteo en los planos focales intermedio (S2) y final (S4), debido a que los detectores de tracking pueden verse deteriorados por la dosis de radiación recibida (los centelleadores en S2 no deben superar conteos de 3 MHz), o en algunos casos puede aumentar excesivamente el tiempo muerto de la medida o verse reducida la eficiencia por problemas de apilamiento de pulsos (pile-up) en la cámara de ionización que se emplea para la medida del número atómico de los iones (Z). Esto último implica limitaciones de 10 kHz en S4.

6. Inspecciona ahora las **tasas totales de conteo** en el plano focal central del FRS (S2). Para ello haz una modificación temporal del diseño del espectrómetro insertando una *Faraday-Cup* en este punto para obtener las tasas totales locales. Para calcular las tasas totales, uno debe utilizar el botón de “All nuclei” en la barra de menú superior de LISE++. Lee el valor de las tasas totales en la parte inferior de la ventana de LISE++ (“Sum=...”).

7.1 ¿Cuáles son los principales contaminantes en S2? Dibuja la distribución espacial (X) y guarda la gráfica correspondiente.

7.2 Haz lo mismo para el plano focal final (S4). → Aprovecha la dispersión que sufren los contaminantes tras cada dipolo magnético para eliminarlos del haz cortándolos con las “slits”.

8. Obtén las nuevas distribuciones espaciales después de haber “purificado” el haz con las *slits*. Compáralas con las anteriores. ¿Qué tasas de conteo totales alcanzas ahora en S2 y S4?

9. Dibuja la energía depositada en la cámara de ionización frente al tiempo de vuelo medido entre los dos centelleadores: ΔE -TOF. ¿Puedes distinguir los diferentes isótopos?

10. Guarda el fichero de configuración con el nombre "APELLIDOS_NOMBRE_LISE_part2.lpp". Retomaremos este fichero para la última parte de la práctica.

SESIÓN 3. DEGRADADORES. Identificación y Separación en modo acromático y en modo monoenergético.

11. Para mejorar la separación de los diferentes elementos (Z), puede resultar útil emplear el **degradador (Wedge) en S2**. Juega con varios espesores entorno al 50% del rango del fragmento de interés. Guarda el fichero de estadística de transmisión de ^{96}Cd para cada espesor con el nombre "APELLIDOS_NOMBRE_S2deg_X_11.txt", donde X es el porcentaje del rango que has elegido. Cuando termines, elige un espesor para tener un compromiso razonable entre separación en la identificación y transmisión del fragmento de interés.

Acromático ^{96}Cd en S4: Obtener un haz puro de ^{96}Cd en el último plano focal del FRS (S4). Nivel de pureza en el que los contaminantes están unos 2 órdenes de magnitud por debajo del isótopo de interés.

12. Cambia el ángulo del wedge utilizando la opción "Calculate Angle" en la ventana que se abre al hacer click sobre el set-up del wedge. Ajustando este ángulo, uno puede elegir entre modo acromático y modo monoenergético.

Para empezar, selecciona el ángulo calculado para un **Wedge Acromático**. El bloque en el plano de dispersión debe ser las slits en S4, que es donde queremos dispersión máxima en X para poder cortar de modo eficiente los contaminantes.

Nota: si el cálculo del ángulo para el degradador no funciona, antes de hacer click en "Calculate Angle", haz click en "Set the spectrometer after this block using changes".

→ Ajusta los campos magnéticos del espectrómetro  y calcula de nuevo la tasa de producción en S4 y las tasas de los contaminantes.

→ Ajusta los slits en la segunda mitad del FRS para eliminar contaminantes.

→ Dibuja la distribución espacial (X) y la distribución en energía (E) en S4 para este modo acromático. Guarda la distribución en X como "APELLIDOS_NOMBRE_X_12" y la distribución en E como "APELLIDOS_NOMBRE_E_12".

13. Dibuja el PID: Z vs. A/Q. ¿Cómo se distinguen los diferentes fragmentos? ¿Cuáles son los principales contaminantes? Guarda el gráfico como "APELLIDOS_NOMBRE_PID_13"

Guarda el fichero de configuración con el nombre "APELLIDOS_NOMBRE_LISE_part3_achro.lpp".

Monoenergético ^{96}Cd en S4

14. Una vez hayas optimizado la configuración del FRS para ^{96}Cd acromático, intenta configurarlo ahora para modo monoenergético.

→ Calcula el ángulo monoenergético para el degradador en S2 y aplícalo. Ajusta los campos magnéticos y calcula de nuevo las tasas de producción en la zona de interés.

→ Dibuja la distribución espacial (X) y la distribución en energía del haz en el último plano focal. Guarda los gráficos como "APELLIDOS_NOMBRE_X_14" y la distribución en E como "APELLIDOS_NOMBRE_E_14".

15. Dibuja el PID: Z vs. A/Q. ¿Cómo se distinguen los diferentes fragmentos? ¿Cuáles son los principales contaminantes? Guarda el gráfico como "APELLIDOS_NOMBRE_PID_15"

Guarda el fichero de configuración con el nombre "APELLIDOS_NOMBRE_LISE_part3_mono.lpp".

16 (Opcional). Añadir una lámina de Si detrás del centelleador 41. Elige un espesor suficiente para implantar los iones de ^{96}Cd en el centro de dicha lámina. Ve a “Plot Options” y cambia el detector del rango a la lámina de silicio que acabas de insertar. Dibuja la posición (2D-pots → Plot X-Range) y guarda la gráfica como “APELLIDOS_NOMBRE_RangeMono_16”. Abre el fichero de configuración “APELLIDOS_NOMBRE_LISE_part3_achro.lpp” y repite el proceso. Guarda la gráfica como “APELLIDOS_NOMBRE_RangeAchrom_16”.