

- Los trabajos numéricos deben ser presentados en forma personal durante los días hábiles comprendidos entre el 15 y 21 de noviembre, entre las 09h00 y 17h00. Los estudiantes tendrán que pedir hora.
- Utilice los recursos computacionales que más le acomode.
- Todo trabajo debe incluir un breve resumen describiendo: 1) El problema que se abordó; 2) La estrategia numérica utilizada; 3) Un diagrama de flujo de poco detalle pero ilustrativo; 4) Una figura que sintetice el resultado final; 5) Bibliografía (obligatoria).
- El trabajo es personal y se sugiere comanzarlo desde ya, haciendo consultas anticipadamente.
- Los temas marcados con '[\*]' califican para ser expuestos en la presentación oral al final del semestre.

————— o o o —————

1. A partir de las masas nucleares tabuladas, determinar los núcleos que pueden experimentar decaimiento  $\alpha$ . Demarcar, en el plano  $(Z, N)$ , los casos en que este decaimiento es posible.
2. A partir de las masas nucleares tabuladas, determinar los núcleos que pueden experimentar decaimiento  $\beta^\pm$ . Demarcar, en el plano  $(Z, N)$ , los casos en que estos decaimientos son posibles.
3. Identificar las regiones  $(Z, N)$  donde la fórmula de masas resulta más imprecisa y más adecuada. ¿Como se relacionan tales regiones con los números mágicos?
4. A partir de las masas nucleares identificar el fenómeno de *pairing*, examinar su comportamiento con  $A$  y caracterizarlo.
5. Considere la fórmula de masa sin término de paridad. Obtenga los coeficientes  $a_V$ ,  $a_S$ ,  $a_C$  y  $a_A$  que minimicen  $\chi^2 = \sum_{A,Z} |M_{exp}(A, Z) - M(A, Z)|^2$ .
6. [\*] Dada una densidad de carga  $\rho(r)$ , donde  $Z = 4\pi \int_0^\infty r^2 \rho(r) dr$ , calcular la energía coulombiana:

$$U_C = \frac{1}{2} \int \phi(r) \rho(r) dV .$$

Para ello resulta útil la siguiente expresion para el potencial coulombiano  $\phi(r)$  debido a una distribución de carga esféricamente simétrica:

$$\phi(r) = 4\pi \left[ \frac{1}{r} \int_0^r r'^2 dr' \rho(r') + \int_r^\infty r' dr' \rho(r') \right]$$

La densidad de carga a utilizar tiene la forma

$$\rho(r) = \frac{\rho_o}{1 + \exp[(r - R)/a]}$$

con  $\rho_o$  una constante de normalización,  $R = r_o A^{1/3}$ , y  $a \approx 0.2$  fm. Estudiar la sistematica del resultado en términos de  $(A, Z)$  y contrastar con la expresión  $U_C = a_C Z^2 / A^{1/3}$  encontrada en clases.

7. [\*] Dado el potencial nuclear

$$V(r) = \frac{V_o}{1 + \exp[(r - R)/a]},$$

con  $V_o < 0$ ,  $R = r_o A^{1/3}$ , y  $a \approx 0.2$  fm, determinar los estados ligados permitidos por la ecuación de Schrödinger en el caso de estados S ( $l = 0$ ). Para ello hay que resolver la ecuación

$$-\frac{\hbar^2}{2M} \frac{1}{r} \frac{d^2}{dr^2} [r\psi(r)] + V(r)\psi(r) = E\psi(r) ,$$

buscando los valores de  $E < 0$  que permiten soluciones físicamente aceptables.

8. [\*] Dada la ecuación de Schrödinger unidimensional,

$$-\frac{\hbar^2}{2M} \frac{d^2}{dx^2} \psi(x) + V(x)\psi(x) = E\psi(x),$$

calcular el coeficiente de transmisión para ondas de energía  $E$  incidiendo en el sentido  $\hat{x}$ . Para ello considere un potencial  $V(r)$  no nulo en el rango  $[a, b]$ , y nulo fuera de él. Para comenzar, recurra a cualquier construcción que se le ocurra para  $V(r)$  que cumpla esta condición.

Utilice el resultado anterior y aplíquelo a un potencial coulombiano de un núcleo,

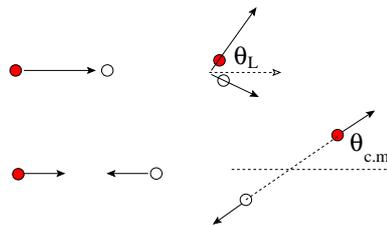
$$V(r) = \begin{cases} 0 & r < a \\ 2(Z-2)e^2/r & a \leq r \leq b \\ 0 & r > b \end{cases}$$

donde  $2(Z-2)e^2/b = E$ . Obtenga el factor de Gamow ( $P = e^{-G}$ ) y compárelo con la aproximación obtenida en clases:

$$G = \frac{2}{\hbar} \int_a^b dr \sqrt{2M(V-E)}.$$

Examine la validez de esta aproximación en función de la energía y carga  $Z$  del núcleo madre.

9. [\*] Si bien las mediciones experimentales de secciones eficaces diferenciales se realizan en el sistema de referencia del Laboratorio (L), su presentación científica se hace en el sistema Centro de Masas (c.m.). Consideremos colisiones elásticas:  $A + B \rightarrow A + B$ . En el sistema de referencia del laboratorio A es el proyectil (energía cinética  $E$  y momentum  $p = \sqrt{2ME}$ ) y B el blanco (en reposo). En el laboratorio se detectará la partícula A, emergiendo a un ángulo  $\theta_L$  con respecto a la dirección del haz. La cinemática se ilustra en la figura siguiente:



La relación entre  $\theta_L$  y  $\theta_{c.m.}$  se obtiene en forma directa aplicando transformación de velocidades entre los sistemas de referencia (hacerlo). Dependiendo de las masas de las partículas y masas del haz, las colisiones elásticas se distribuyen en forma más o menos isotrópica en el Laboratorio. Hay otros casos en que ellas se centran en la dirección del haz, lo que dificulta mucho sus mediciones. Además, cualquier medición que involucre un cambio de momentum en el sistema c.m. mayor que  $4 \text{ fm}^{-1}$  resulta extremadamente difícil. Todo lo anterior redundaría en donde ubicar los detectores para un experimento dado y evaluar si el espacio disponible lo permite. Esto bien pudiera ser parte de una propuesta de medición utilizando un acelerador de investigación.

Considere un haz de nucleones (masa  $M$  y energía  $E$ ) incidiendo sobre un núcleo de masa  $A \times M$ . Analizar y resumir los escenarios de energías bajas ( $E \sim 30 \text{ MeV}$ ) e intermedias ( $E \sim 200 \text{ MeV}$ ), con  $A = 4, 16, 40, 90, 208$ .

10. [\*] Actualmente se hacen estudios donde los haces incidentes son iones pesados de muy corta vida. Ellos inciden sobre blancos de hidrógeno. Considere iones pesados de masa  $A \times M$ , con  $M$  la masa del protón. Se detecta en el laboratorio los iones emergentes. Suponga que la energía del haz es  $30A \text{ MeV}$ . Para el caso de colisiones elásticas interesa cubrir lo más ampliamente posible las mediciones de la sección eficaz en el sistema c.m. Mediante su programa computacional explore la ubicación de los detectores y examine si detectores de  $1 \text{ cm}^2$  de área permiten una resolución angular razonable.