

**CHERNOBYL:
LA SERIE EXPLICADA**

Charla a cargo del ingeniero nuclear Germán Theler.
Dirigida a estudiantes de escuelas secundarias

VIE 11/10 - 09:30
Museo Municipal Usina del Pueblo

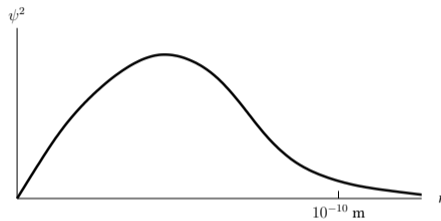
AGENDA DE
**LA CIENCIA,
LA TECNOLOGÍA
Y LA INNOVACIÓN
2019**



Ciudad de **Rafaela**
GOBIERNO MUNICIPAL

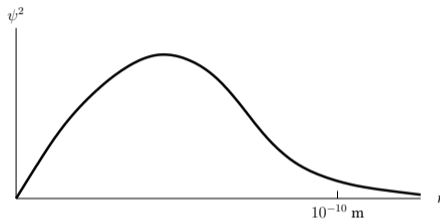
Tamaños característicos

- ▶ Radio de un átomo $\approx 10^{-10}$ m

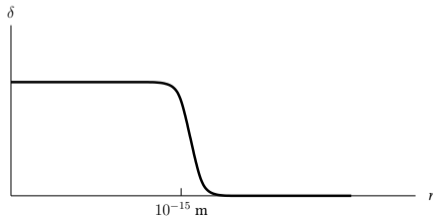


Tamaños característicos

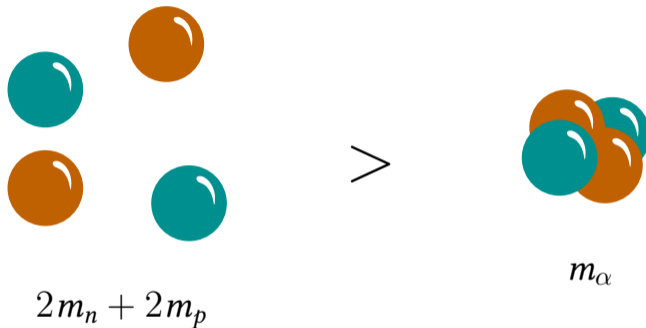
- ▶ Radio de un átomo $\approx 10^{-10}$ m



- ▶ Radio de un núcleo $\approx 10^{-14}$ m



Equivalencia entre masa y energía



$$\Delta E = \Delta mc^2$$

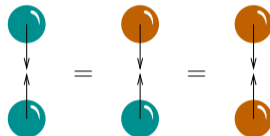
- ▶ Debe existir una **fuerza nuclear** de atracción entre nucleones

Características de la fuerza nuclear

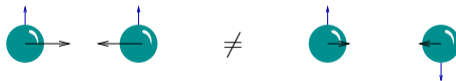
- ▶ Es siempre atractiva



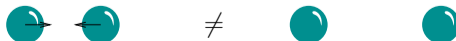
- ▶ No depende de la carga



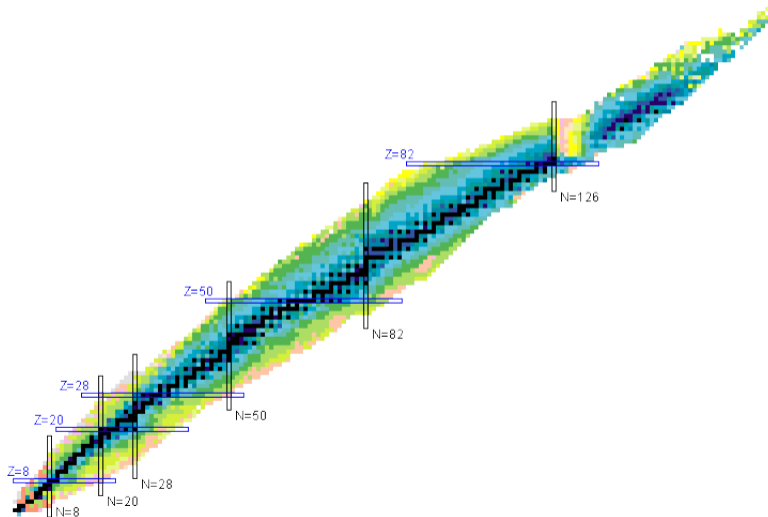
- ▶ Sí depende del spin



- ▶ Tiene un muy corto alcance $\approx 2 \times 10^{-15}$ m

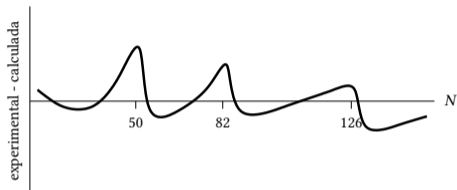


La tabla de los nucleídos

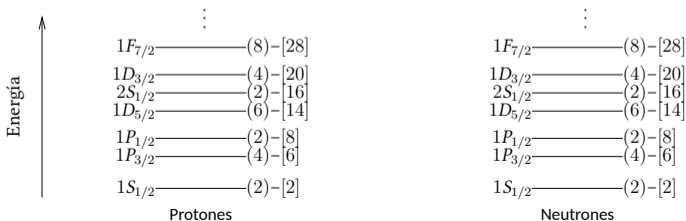


El modelo de capas

- ▶ Energía de unión del último neutrón vs. N

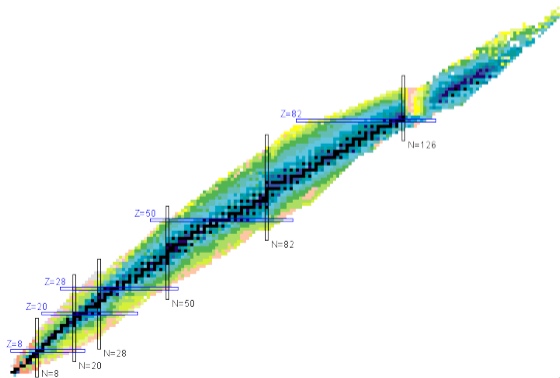


- ▶ Parece que los nucleones se acomodan en capas, diferentes para protones y neutrones por el campo coulombiano



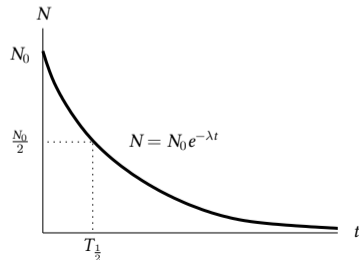
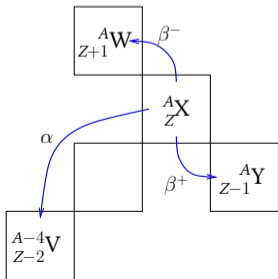
Decaimiento radioactivo

- ▶ Nomenclatura de partículas
 - ▶ α = núcleo de ${}^4_2\text{He}$
 - ▶ β^- = electrón proveniente del núcleo
 - ▶ β^+ = positrón proveniente del núcleo
 - ▶ γ = fotón de energía $h\nu \gtrsim 100 \text{ keV}$



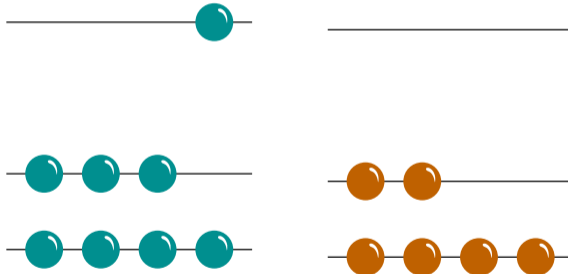
Decaimiento radioactivo

| | | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|---|
| $^{195}_{80}\text{Hg}$ 10.53 H ε | $^{196}_{80}\text{Hg}$ Estable 0.15% | $^{197}_{80}\text{Hg}$ 64.14 H ε | $^{198}_{80}\text{Hg}$ Estable 9.97% | $^{199}_{80}\text{Hg}$ Estable 16.87% | $^{200}_{80}\text{Hg}$ Estable 23.10% | $^{201}_{80}\text{Hg}$ Estable 13.18% |
| $^{194}_{79}\text{Au}$ 38.02 H ε | $^{195}_{79}\text{Au}$ 186.098 D ε | $^{196}_{79}\text{Au}$ 6.1669 D ε | $^{197}_{79}\text{Au}$ Estable 100% | $^{198}_{79}\text{Au}$ 2.6956 D β ⁻ | $^{199}_{79}\text{Au}$ 3.139 D β ⁻ | $^{200}_{79}\text{Au}$ 48.4 M β ⁻ |
| $^{193}_{78}\text{Pt}$ 50 Y ε | $^{194}_{78}\text{Pt}$ Estable 32.967% | $^{195}_{78}\text{Pt}$ Estable 33.832% | $^{196}_{78}\text{Pt}$ Estable 25.242% | $^{197}_{78}\text{Pt}$ 19.8915 H β ⁻ | $^{198}_{78}\text{Pt}$ Estable 7.163% | $^{199}_{78}\text{Pt}$ 30.80 M β ⁻ |



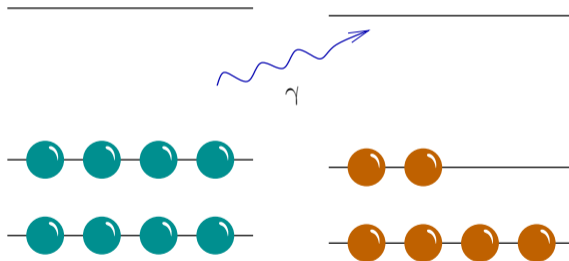
Decaimiento γ

La mayoría de los decaimientos y reacciones nucleares dejan a los núcleos hijos en estados excitados ...



Decaimiento γ

La mayoría de los decaimientos y reacciones nucleares dejan a los núcleos hijos en estados excitados ...



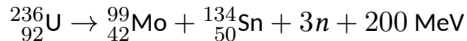
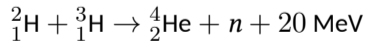
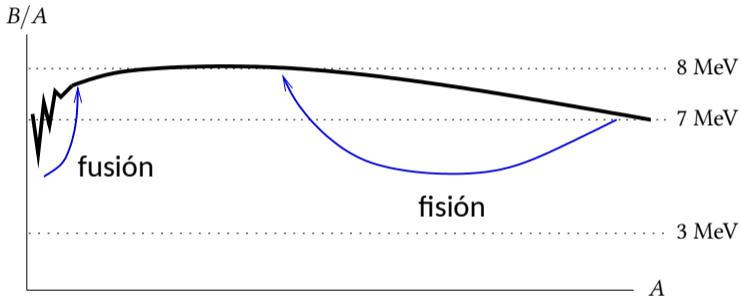
...que se des-excitan emitiendo un fotón γ



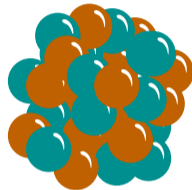
La Fisión

Conservación de masa y energía

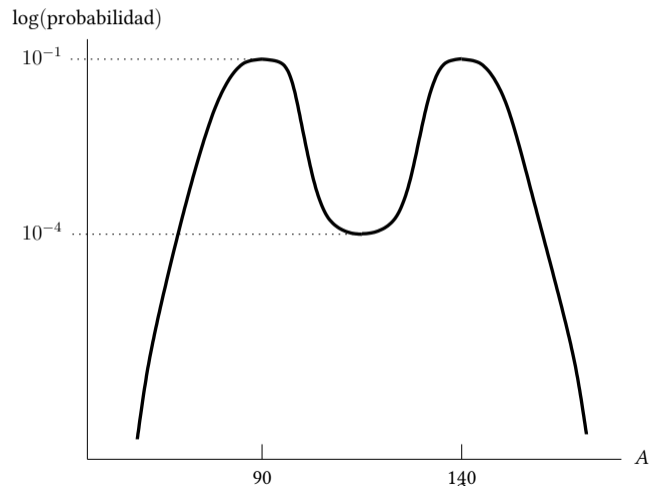
Recordando el resultado de la fórmula semiempírica de masa...



Energía de fisión

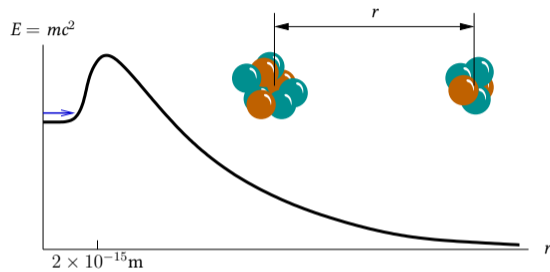


Distribución de los productos de fisión

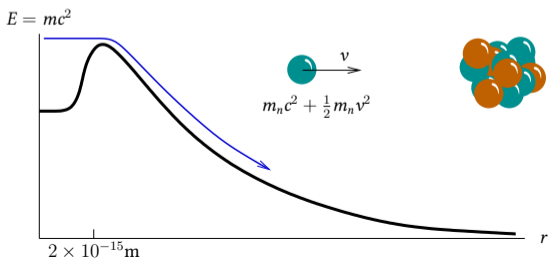
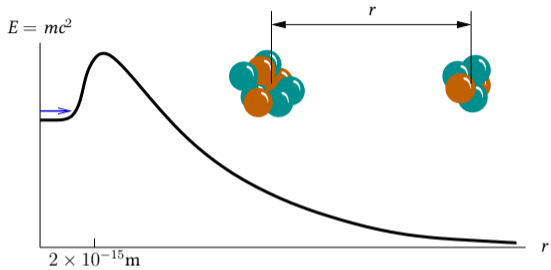


Probabilidad de que aparezcan tres fragmentos $\approx 1 \times 10^{-3}$

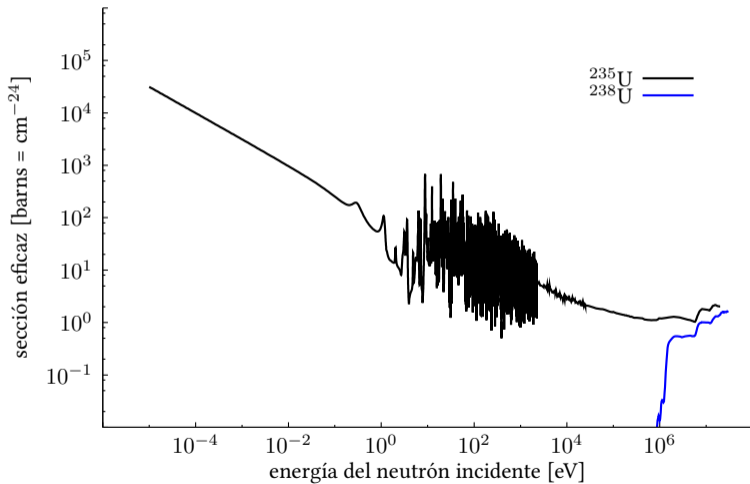
Fisión inducida



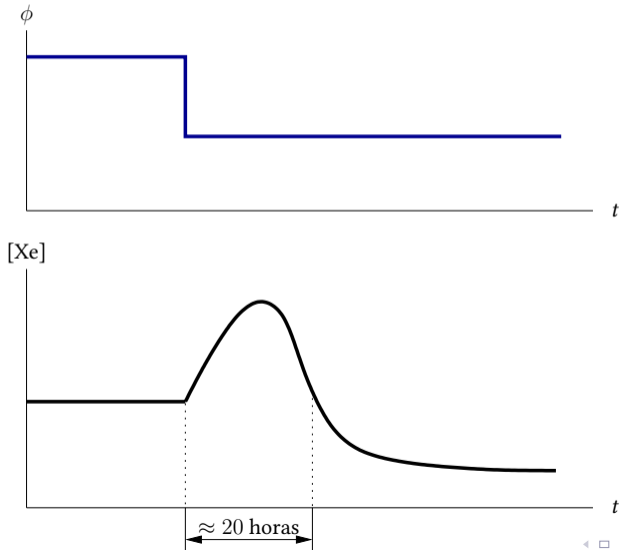
Fisión inducida



Sección eficaz de fisión del uranio

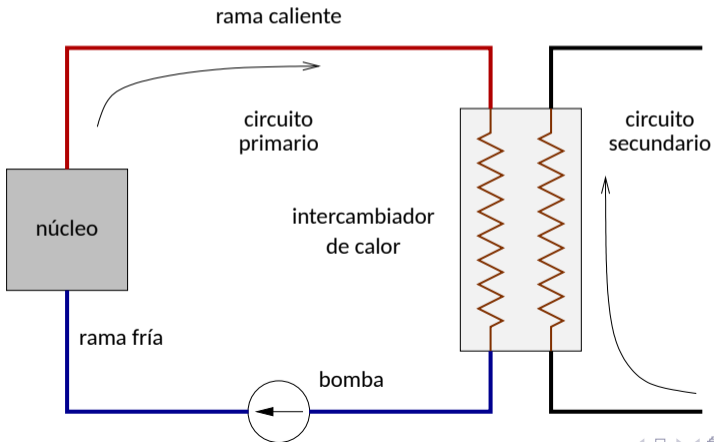


Evolución temporal del Xenón



¿Cómo extraemos la energía de fisión?

$$\text{potencia generada} = 200 \text{ MeV} \int \Sigma_f(\mathbf{r})\phi(\mathbf{r}) d^3\mathbf{r}$$



Potencia de decaimiento

- ▶ En una fisión generamos alrededor de 200 MeV
 - ▶ 165 MeV en energía cinética de los productos de fisión
 - ▶ 7 MeV en γ 's instantáneos
 - ▶ 5 MeV en neutrones instantáneos
 - ▶ 7 MeV en γ 's retardados
 - ▶ 7 MeV en β 's
 - ▶ ~~8 MeV en anti-neutrinos $\bar{\nu}$~~

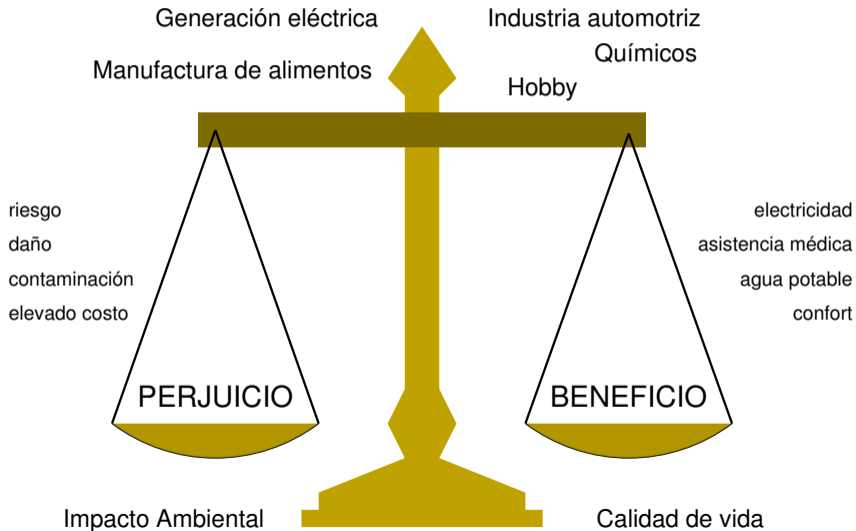
Potencia de decaimiento

- ▶ En una fisión generamos alrededor de 200 MeV
- ▶ Si apagamos el reactor ($\phi = 0$)
 - ▶ ~~165 MeV en energía cinética de los productos de fisión~~
 - ▶ ~~7 MeV en γ 's instantáneos~~
 - ▶ ~~5 MeV en neutrones instantáneos~~
 - ▶ 7 MeV en γ 's retardados
 - ▶ 7 MeV en β 's
 - ▶ ~~8 MeV en anti-neutrinos $\bar{\nu}$~~

Potencia de decaimiento

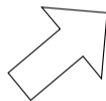
- ▶ En una fisión generamos alrededor de 200 MeV
- ▶ Si apagamos el reactor ($\phi = 0$)
 - ▶ ~~165 MeV en energía cinética de los productos de fisión~~
 - ▶ ~~7 MeV en γ 's instantáneos~~
 - ▶ ~~5 MeV en neutrones instantáneos~~
 - ▶ 7 MeV en γ 's retardados
 - ▶ 7 MeV en β 's
 - ▶ ~~8 MeV en anti-neutrinos $\bar{\nu}$~~
- ▶ Por más que apaguemos el reactor, seguimos generando el 7% de la potencia nominal \Rightarrow tenemos que refrigerar el núcleo aún después de apagarlo

Costos y beneficios



¿Qué es el riesgo?

En forma intuitiva
es un **daño incierto**



¿Cuándo puede ocurrir?



¿Dónde puede ocurrir?

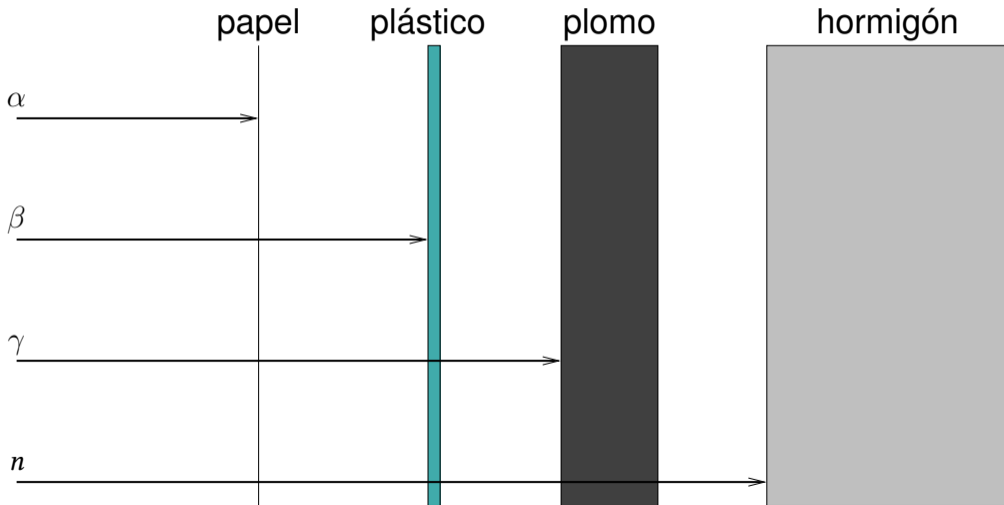


¿De qué magnitud?

Percepción del riesgo

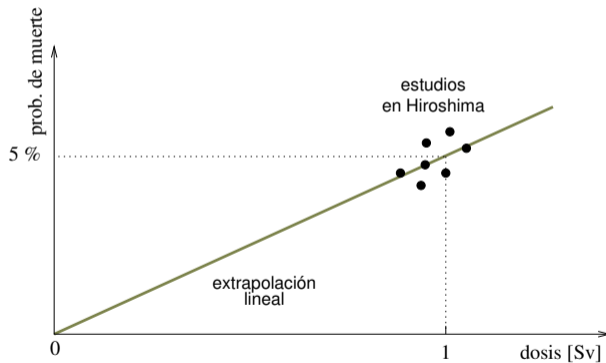


Tipos de radiación



Efectos de la radiación

Efectos estocásticos → existe una probabilidad de daño en función de la dosis



Fuentes de radiación

- ▶ Radiación natural global media ≈ 2.4 mSv/año
 - ▶ radón 1.3 mSv/año
 - ▶ γ 0.46 mSv/año
 - ▶ rayos cósmicos 0.39 mSv/año

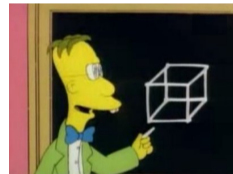
| altura [m] | dosis anual [mSv] |
|------------|-------------------|
| 0 | 0.26 |
| 2000 | 0.88 |
| 6700 | 8.7 |
| 10000 | 44 |
| 15000 | 87 |

- ▶ radiación interna 0.23 mSv/año
- ▶ Radiación artificial ≈ 0.31 mSv/año
 - ▶ exposición médica 0.3 mSv/año
 - ▶ precipitación radioactiva 0.007 mSv/año
 - ▶ exposición ocupacional 0.002 mSv/año
- ▶ 1 radiografía ≈ 0.1 mSv

Resumen



► Física nuclear



Resumen



- ▶ Física nuclear
- ▶ La fisión



Resumen



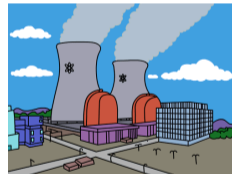
- ▶ Física nuclear
- ▶ La fisión
- ▶ Física de reactores



Resumen



- ▶ Física nuclear
- ▶ La fisión
- ▶ Física de reactores
- ▶ Reactores nucleares



¡Gracias por su atención!

Su pregunta no molesta...

¿Preguntas?