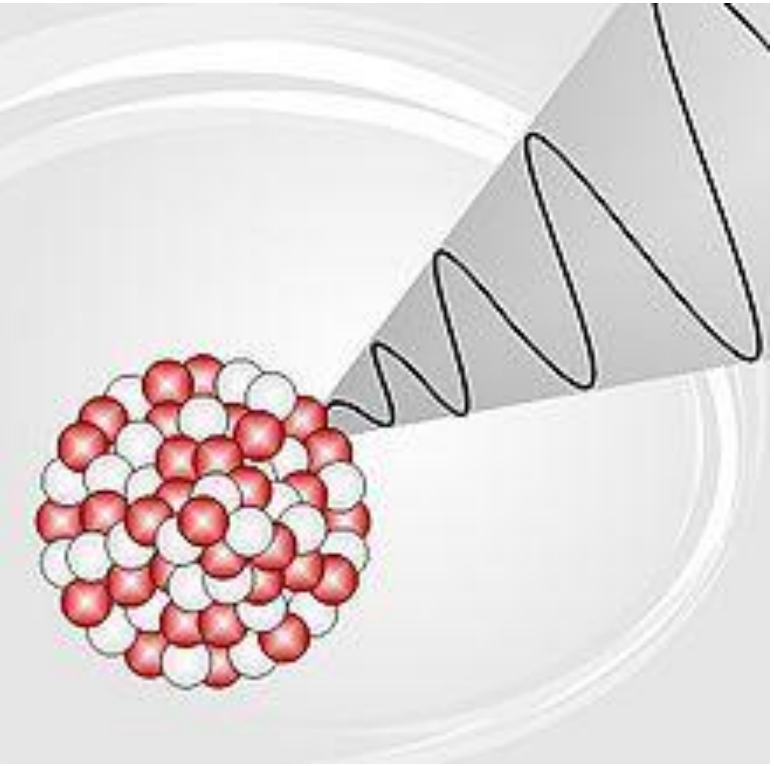
TRANSPORTE DE RAYOS GAMMA A TRAVÉS DE UN MEDIO MATERIAL

OBJETIVOS

Buscamos poder definir los coeficientes de :

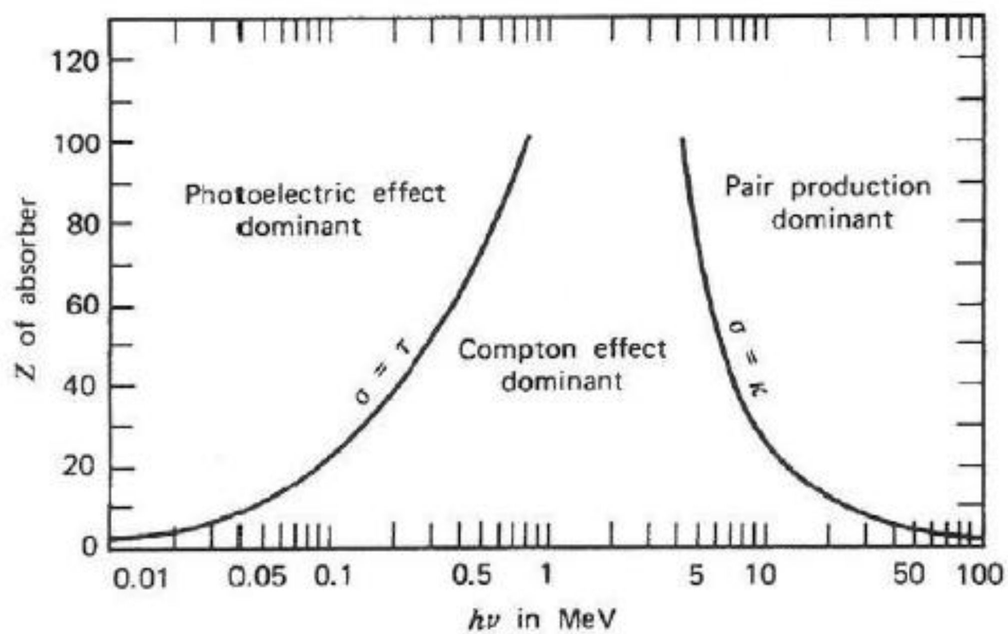
- Absorción
- Retrodispersión
- Transmisión



INTRODUCCIÓN Y BASE TEÓRICA

- La radiación gamma, o rayos gamma (γ) es un tipo de radiación electromagnética, y por tanto está constituida por fotones, producida generalmente por elementos radiactivos o procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón.

- Rayos de alta energía.
- Poder de penetración mayor que la radiación alfa y la beta.
- Tres principales procesos físicos:
  - Efecto fotoeléctrico
  - Efecto Compton
  - Creación de pares

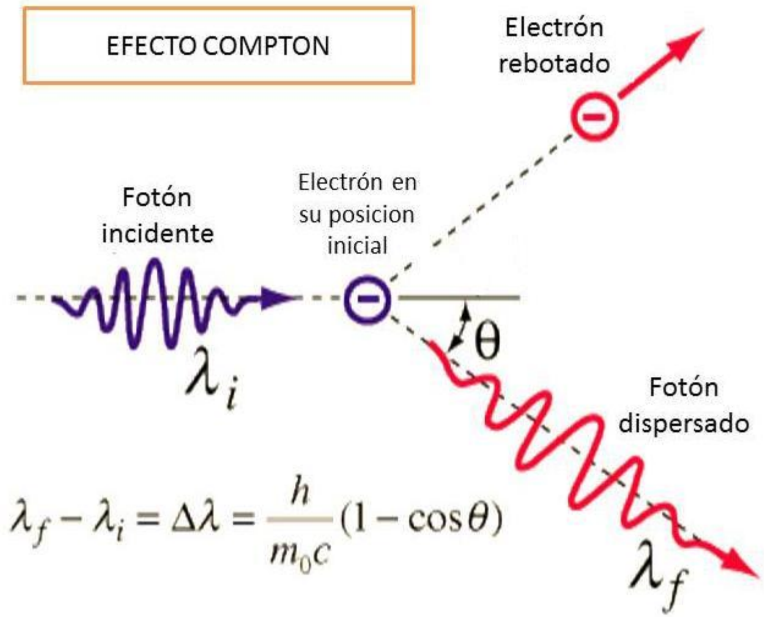


SCATTERING COMPTON

- Proceso por el cual un fotón cambia de dirección y energía al interaccionar con un electrón atómico (considerado libre)

$$E = \frac{E_0}{1 + \gamma(1 - \cos\theta)}$$

$$\gamma = \frac{E_0}{m_e c^2}$$



- **Klein-Nishina**: fórmula de la sección eficaz diferencial, da la distribución de probabilidad de θ.

$$\frac{d\sigma_{KN}}{d\Omega} = \frac{r_e^2}{2} \frac{1}{[1+\gamma(1-\cos\theta)]^2} \left[1 + (\cos\theta)^2 + \frac{\gamma^2(1-\cos\theta)^2}{1+\gamma(1-\cos\theta)} \right]$$

- Que integrada a todo el ángulo sólido Ω da una sección eficaz total:

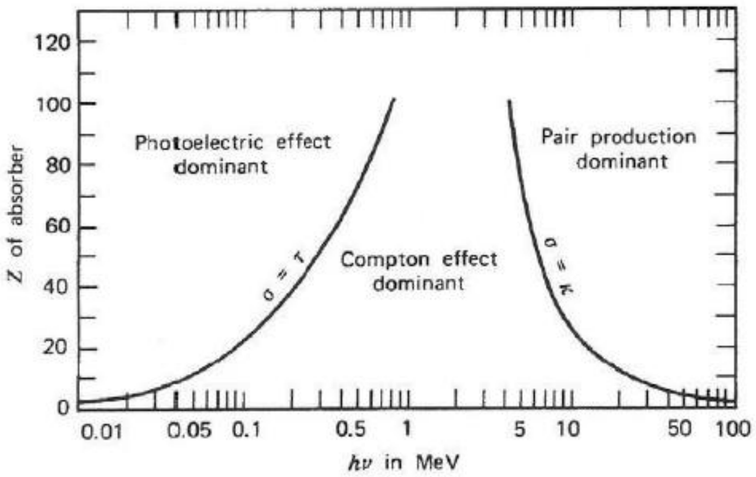
$$\sigma_{KN} = 2\pi r_e^2 \left[\frac{1+\gamma}{\gamma^2} \left(\frac{2(1+\gamma)}{1+2\gamma} - \frac{\ln(1+2\gamma)}{\gamma} \right) + \frac{\ln(1+2\gamma)}{2\gamma} - \frac{1+3\gamma}{(1+2\gamma)^2} \right]$$

- La sección eficaz para la dispersión incoherente para un átomo:

$$\boxed{\sigma = Z\sigma_{KN}}$$

EFECTO FOTOELÉCTRICO

- σ_{PE} no puede ser expresada por una simple fórmula analítica.



Z	1-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90
E_{umbral} (MeV)	0.06	0.15	0.2	0.25	0.3	0.5	0.6	0.7

SIMULACIÓN POR MONTE CARLO

- Densidad de probabilidad:

$$P(s)\,ds = \frac{1}{\lambda} e^{-s/\lambda} ds$$

- Donde "n" es la densidad de electrones

$$n = \frac{\rho N_A Z}{M_a}$$

- Y por tanto la distribución de probabilidad:

$$F(s) = \frac{1}{\lambda}\int_0^{\infty} e^{-s/\lambda} ds = 1 - e^{-s/\lambda} \xrightarrow[\text{Igualando a "r"}]{} s = -\lambda \ln(r) = -\frac{\ln(r)}{n\sigma}$$

- **<u>Ángulo acimutal</u>**: distribución homogénea

$$\phi = 2\pi r$$

- Sin embargo, el **<u>ángulo polar</u>** θ sigue la siguiente distribución de probabilidad:

$$p(\theta)\, d\theta = \frac{d\sigma_{KN}}{d\Omega} 2\pi \sin\theta \, d\theta$$

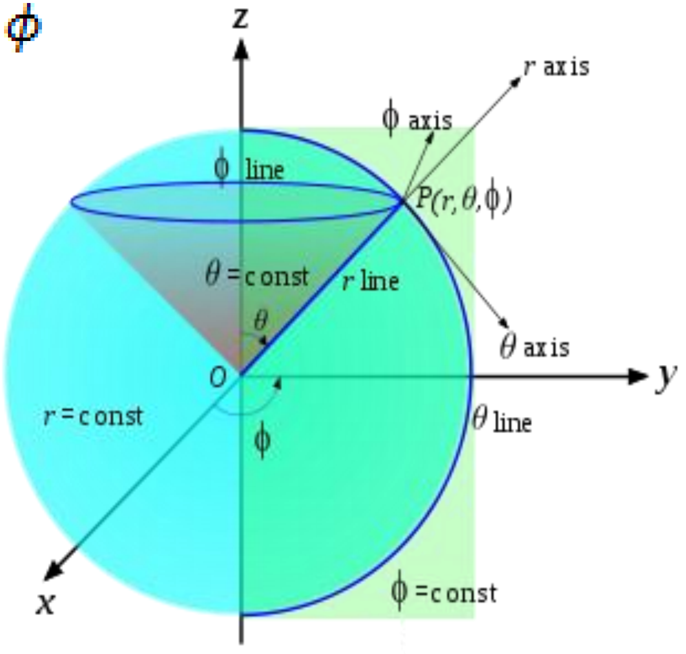
$$\Downarrow$$

Método de aceptación-negación

- **Sistema de referencia del laboratorio**

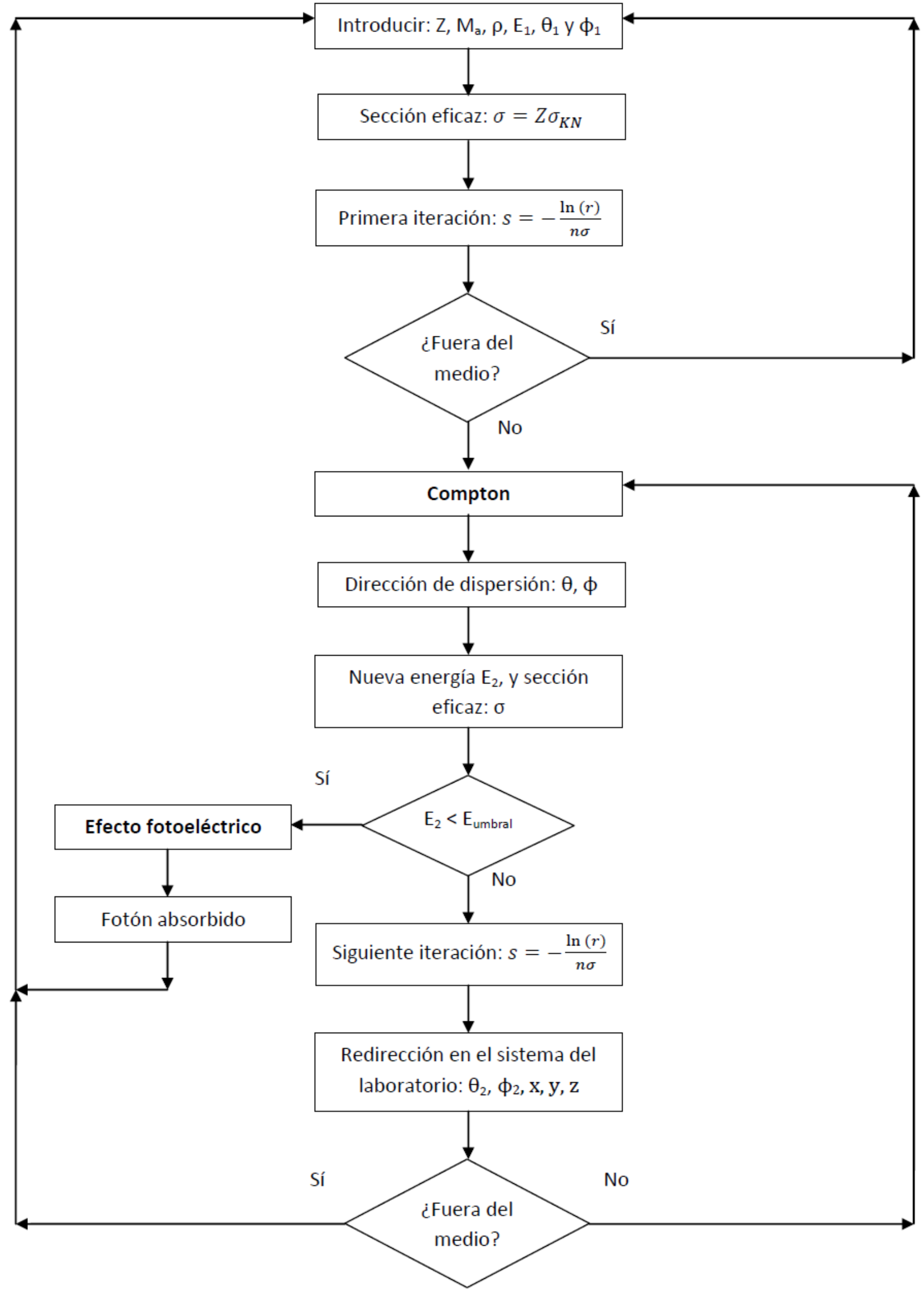
$$\cos\theta_{n+1} = \cos\theta_n \cos\theta + \sin\theta_n \sin\theta \sin\phi$$

$$\sin(\phi_{n+1} - \phi_n) = \frac{\sin\theta \sin\phi}{\sin\theta_{n+1}}$$



$$x = s \sin\theta_n \cos\phi_n \quad ; \quad y = s \sin\theta_n \sin\phi_n \quad ; \quad z = s \cos\theta_n$$

ALGORITMO



Introducir: Z, M_a, ρ, E_1, θ_1 y ϕ_1
Sección eficaz: $\sigma = Z\sigma_{KN}$
Primera iteración: $s = -\frac{\ln(r)}{n\sigma}$
¿Fuera del medio?
Sí
No
Compton
Dirección de dispersión: θ, ϕ
Nueva energía E_2, y sección eficaz: σ
Sí
$E_2 < E_{umbral}$
No
Efecto fotoeléctrico
Fotón absorbido
Siguiente iteración: $s = -\frac{\ln(r)}{n\sigma}$
Redirección en el sistema del laboratorio: θ_2, ϕ_2, x, y, z
Sí
No
¿Fuera del medio?

CONCLUSIONES

- Aproximación válida para la E_0 escogida.
- La simulación no está programada para Z mayor de 90.
- Los materiales de átomos más pesados tendrán en general un coeficiente de absorción mayor.

- Para un haz de 10000 fotones

Fe: Z=26 ; Ma=55.85 gr/mol ; ρ=7.87 gr/cm^3

Sn: Z=50 ; Ma=118.19 gr/mol ; ρ=7.31 gr/cm^3