

Experimentos en física de partículas y nuclear

Física Nuclear y subnuclear

12 de septiembre de 2023

Dispersión de Compton

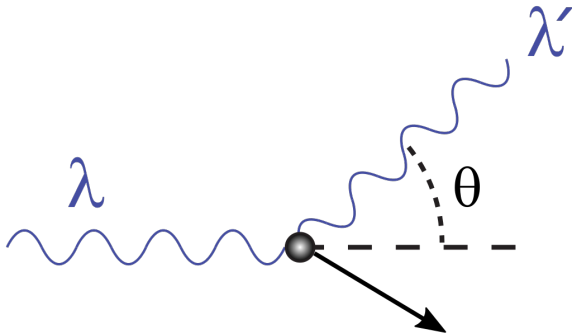


Figura: Dispersión de Compton, el fotón es marcado por $\lambda = 1/\nu$.
Imagen tomada de This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.

Producción de pares

- Fotón crea un par electrón-positrón
- Solo puede suceder dentro del medio
- Conservación de la energía y el momento
- Mínimo de energía de $2m_e c^2$

Camino libre medio para producción de pares

$$X_{pares} = \mu_{pares}^{-1} \approx \frac{9}{7} X_0$$

¿Qué sucede con el positrón después?

Coeficiente de absorción

$$\mu = n\sigma$$

Detectores de ionización

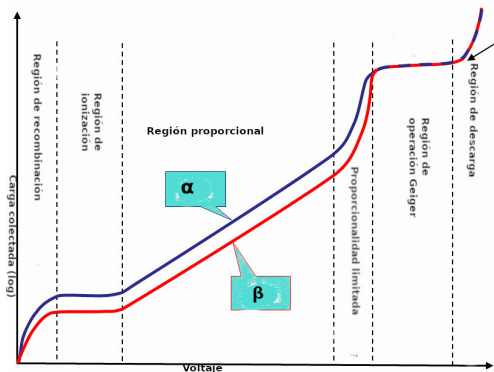


Figura: Regiones de operación de los detectores de ionización. Imagen adaptada de la original de Doug Sim con licencia Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported

Cámaras multilámbricas

- Diseñadas por George Charpak
- Alambres de $10 - 50\mu m$ separados por $2mm$.
- Cátodos a $1cm$ por encima y debajo

Cámara multialámbrica

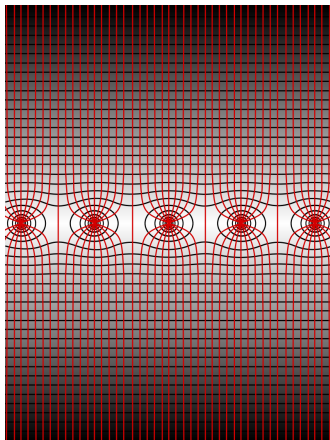


Figura: Líneas de campo en cámara multialámbrica. This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license

Detector Geiger-Muller

- Funciona en el límite
- Produce una descarga por cada partícula que produce una ionización

Detector Geiger-Müller

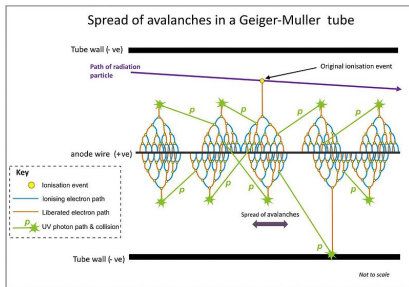


Figura: Detector Geiger-Müller. This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.

Detectores de centelleo

- Excitaciones de los átomos del material
- Al regresar al estado base: emiten un fotón
- Centelladores orgánicos: antraceno, naftaleno
- Centelladores inorgánicos: NaI, CsI dopados

PMT

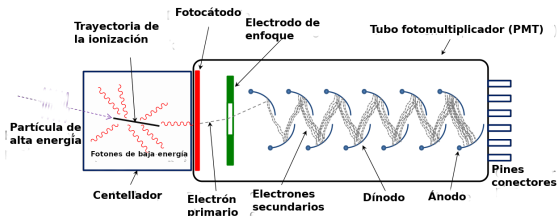


Figura: Tubo fotomultiplicador. Imagen de Wiso con licencia Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported

¿Usos de centelladores?

Calorímetro

- Las partículas depositan toda su energía cinética
- Centelladores, contadores de ionización o proporciones
- Fotones: producción de pares
- Hadrones: procesos fuertes
- Problemáticos: neutrinos y π^0

Aceleradores



Figura: Foto del Tevatrón en Fermilab. Imagen de Fermilab, Reidar Hahn, del dominio público

Partículas nuevas

- De forma natural tenemos poca variedad
- Partículas de mayor masa requiere mayor energía
- ¿Límite?: posiblemente $\hbar c/G_g \approx 1,22 \times 10^{20} \text{eV}/c^2$

Estudios de estructura

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{\hbar}{p}$$

$$\bar{\lambda} \leq d$$

$$p \geq \frac{\hbar}{d}$$

$$\frac{E_{kin}}{m_p c^2} = \frac{1}{2d^2} \left(\frac{\hbar}{m_p c} \right)^2$$

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_p &= \frac{\hbar}{m_p c} = \frac{\hbar c}{m_p c^2} \\ &= \frac{197,3 \text{ MeV fm}}{938 \text{ MeV}} = 0,210 \text{ fm.} \end{aligned}$$

$$E_{kin} = \frac{p^2}{2m_p} = \frac{\hbar^2}{2m_p d^2}$$

$$\frac{E_{kin}}{m_p c^2} = \frac{1}{2} \left(\frac{\bar{\lambda}_p}{d} \right)^2 = 0,02$$

Aceleración

■ $E = Fd = q|E|d = qV$

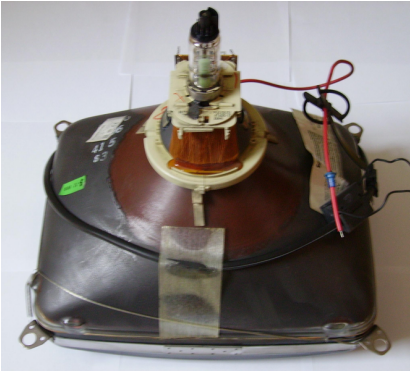


Figura: Foto de un cinescopio de televisión. Imagen de JMPerez commonswiki con licencia Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported

Conceptos útiles

- *Flujo*: la cantidad de partículas que cruzan un área unitaria perpendicular al eje del haz por unidad de tiempo

$$\mathcal{F} = n_i v, \quad (8)$$

$$dN = \mathcal{F} N \sigma d\Omega$$

- *Luminosidad*: la cantidad de eventos por unidad de sección eficaz que tienen lugar en una sección de encuentro del haz por unidad de tiempo

$$\mathcal{L} = \frac{\mathcal{N}_s}{\sigma_{tot}} = \frac{N_1 N_2 f}{A},$$

Generadores electrostáticos

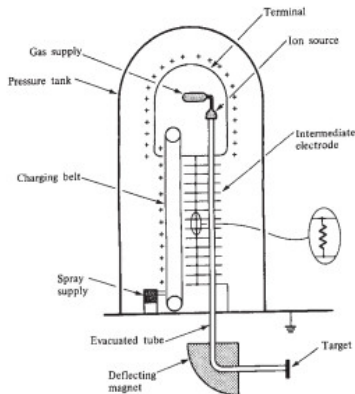


Figura: Esquema de un generador Van de Graff. Tomado con fines educativos de Henley

Van de Graff

- Llega a 30 – 40 MeV
- Más energías con un Van de Graff tandem
- Un tandem en el IFUNAM

Linac

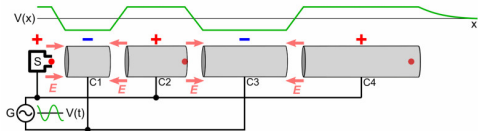


Figura: Esquema de un acelerador lineal. Imagen adaptada de Chetvorno con licencia CC0

Ciclotrón

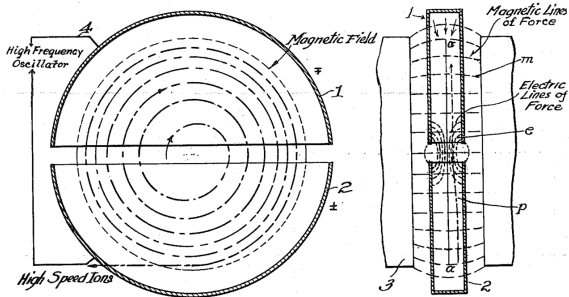


Figura: Esquema de funcionamiento de un ciclotrón. Imagen de Ernest O. Lawrence - U.S. Patent 1,948,384, de dominio público

Áreas por Monte Carlo

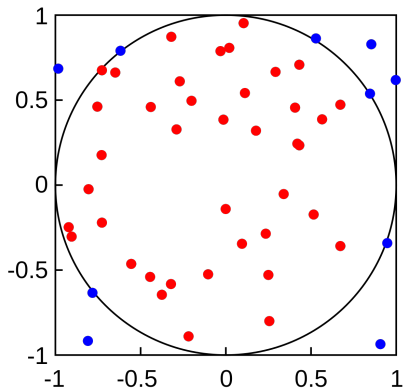


Figura: Ejemplo del cálculo de una área con Montecarlo. Imagen de Mysid Yoderj con licencia Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication

Paso de partículas a través de la materia

- Los valores calculados por pedazos
- Propagación de la partícula por diversos procesos
- Comparación con el experimento