Reporte Semanal

ACORDE MEETING

Emma González Hernández

31 de enero de 2015

- Instalación:
  - AliEn (Instalado)
  - ROOT (Instalado)
  - Geant3 (Instalado)
  - AliRoot Core (Instalado)
  - AliPhysics (Falta)

Sección Eficaz

La colisión o interacción de dos partículas es generalmente descrita en terminos de la sección eficaz (σ).

- Es el área efectiva que regula la probabilidad de algunos eventos de dispersión o absorción.
- Es una medida de la interacción entre partículas lanzadas contra un centro dispersor.
- Es una magnitud escalar que tiene como unidad, unidades de superficie.
- Se suele medir en barns.
    - Es una unidad de superficie.
    - $1b = 10^{-24} cm^2$
    - Su inverso para medir luminosidades.

Luminosidad

- La luminosidad (L) es una medida del número de colisiones que pueden produsirse en un detector por cm^2 y por segundo (el número de partículas por unidad de superficie y por unidad de tiempo en un haz).
- Se mide en unidades inversas de sección eficaz.
- El número de sucesos por segundo (N_{ev}) para un determinado resultado viene dado por

$$N_{evento/sec} = L \cdot \sigma_{evento} \tag{1}$$

Ecuación de Bethe-Bloch

En cada colisión la energía es intercambiada entre el blanco y la partícula incidente pero la energía antes y despues de la colisión debe conservarse.

- Colisión elástica
  - Si ninguna de esta energía es transferida al blanco.
- Colisión inelástica
  - Si una parte de la energía cinética incidente es impartida en el blanco del átomo.

difieren en la distribución de energía después de la colisión.

Cálculo de Bohr. El caso clásico.

- Las fluctuaciones en la pérdida total de energía son pequeñas y se puede describir el proceso con la pérdida media de energía por unidad de longitud $\rightarrow$ "potencial de frenado" $\rightarrow \frac{dE}{dx}$.
- Una partícula pesada, de masa M y carga ze, incide con velocidad v.

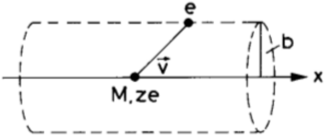
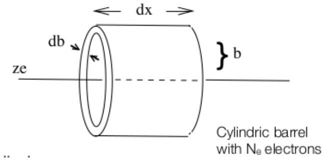


Figura : Interaccion de una partícula pesada cargada cun un electrón de un átomo dentro de un medio.

- Hay un electrón, libre y en reposo, a una distancia b de la trayectoria de la partícula.
- El campo eléctrico actuando sobre el electrón puede ser tomado en su posición inicial. La partícula no se desvía, ya que $M >> m$.
- Calculemos la energía que gana el electrón:

$$\Delta p = \int_0^\infty F dt = e \int_0^\infty E_\perp dt = e \int_\infty^\infty E_\perp \frac{dt}{dx} dx = e \int_\infty^\infty E_\perp \frac{dx}{v} \tag{2}$$

Ecuación de Bethe-Bloch



- Por simetría consideramos solo la componente de E a lo largo de la perpendicular a la trayectoria de la partícula.
- Calculamos $E_\perp$ usando el teorema de Gauss:

$$\int_{\infty}^{\infty} E_\perp 2\Pi b dx = 4\pi z e \Rightarrow \int_{\infty}^{\infty} E_\perp dx = \frac{2ze}{b} \qquad (3)$$

tal que

$$\Delta p = \frac{2ze^2}{bv} \qquad (4)$$

Ecuación de Bethe-Bloch

- Energía transferida de un electrón por parámetro de impacto b:

$$\Delta E(b) = \frac{(\Delta p)^2}{2m_e} = \frac{2z^2e^4}{m_e v^2 b^2} \tag{5}$$

- Si n es la densidad de electrones, entonces la perdida de energía, por los electrones situados a una distancia entre b y $b + db$ en un espesor dx es:

$$-dE(b) = \Delta E(b) ndv = \frac{(\Delta p)^2}{2m_e}(2\Pi nbdbdx) = \frac{4\Pi nz^2e^4}{m_e v^2}\frac{db}{b}dx \tag{6}$$

Ecuación de Bethe-Bloch

- Veamos que para $b \longrightarrow \infty$, no es cierto que el campo actúe un tiempo muy corto. Y para $b \longrightarrow 0$, la transferencia de energía diverge.
- Sean $[b_{min}, b_{max}]$ los valores para los que vale nuestro calculo $\Delta E(b)$, entonces

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\Pi n z^2 e^4}{m_e v^2} \left(\int_{b_{min}}^{b_{max}} \frac{db}{b} \right) = \frac{4\Pi n z^2 e^4}{m_e v^2} \ln \left(\frac{b_{max}}{b_{min}} \right) \tag{7}$$

Ecuación de Bethe-Bloch

- Clásicamente, la máxima energía transferible es en un choque frontal donde el electrón obtiene una energí $\frac{1}{2}m(2v)^2$.
- Si tenemos en cuenta relatividad, $2mv^2 \longrightarrow 2\gamma^2 m_e v^2$ donde $\gamma^2 = \frac{1}{1-\beta^2}$, $\beta = \frac{v}{c}$
- Así que

$$\Delta E(b_{min}) = \frac{2z^2e^4}{m_e v^2 b_{min}^2} = 2\gamma^2 m_e v^2 \Rightarrow b_{min} = \frac{ze^4}{\gamma m_e v^2} \qquad (8)$$

- Para b_{max}, recordemos que los electrones están ligados a los átomos, orbitando con frecuencia ν.
- Para que el electrón absorba energía, la perturbación no debe ser adiabática, la partícula debe pasar cerca del electrón un tiempo corto comparado con $1/\nu$.

Ecuación de Bethe-Bloch

- Para nuestra colisión un tiempo típico es $t = \frac{b}{v}$, relativísticamente esto es $t = \frac{b}{v\gamma}$.
- Así que $\frac{b}{v\gamma} \leqslant \tau = \frac{1}{\overline{v}}$ (tiempoo de colisión), donde $\overline{v}$: frecuencia media promediada sobre todos los estados ligados.

$$b_{max} = \frac{\gamma v}{\overline{v}} \tag{9}$$

- *Fórmula de clásica de Bohr*

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\Pi n z^2 e^4}{m_e v^2} n \ln\left(\frac{\gamma^2 m_e v^3}{z e^4 \overline{v}}\right) \tag{10}$$

Fórmula de Bethe-Bloch

- En el cálculo, se parametriza la energía transferida en término de momento transferido más que en parámetro de impacto.

$$-\frac{dE}{dx} = 2\Pi N_A r_e^2 m_e c^2 \rho \frac{Z}{A}\frac{z^2}{\beta^2}\left[\ln\left(\frac{2m_e\gamma^2 v^2 W_{max}}{I^2}\right) - 2\beta^2\right] \quad (11)$$

Ecuación Bethe-Bloch

donde

- I: Potencial medio de excitación (promediada $h\overline{v}$).
- W_{max}: Máxima energía transferida en una de la partícula incidente a los electrones atómicos.

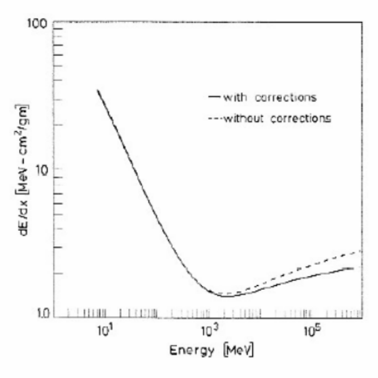
- Se le agregan dos correcciones.
  - Corrección de efecto densidad δ
  - Corrección de efecto capa C

$$-\frac{dE}{dx} = 2\Pi N_A r_e^2 m_e c^2 \rho \frac{Z}{A} \frac{z^2}{\beta^2} \left[\ln\left(\frac{2 m_e \gamma^2 v^2 W_{max}}{I^2} \right) - 2\beta^2 - \delta - \frac{2C}{Z} \right] \tag{12}$$

Ecuación Bethe-Bloch

- Corrección de efecto densidad δ:
  - El campo eléctrico de la partícula tiende a polarizar los átomos a su paso y eso disminuye el campo eléctrico que perciben los electrones más alejados.
  - Disminuye las colisiones con electrones lejanos.
  - Cuando la velocidad se incrementa ($b_{max} \sim v$) ya que se incrementa la contribución de electrones lejanos.
  - La dependencia con la densidad aparece cuando la polarización sea mayor en materiales condensados.
- Corrección de efecto capa C:
  - Efectos que aparecen cuando la velocidad de la partícula incidente es comparable o menor que la velocidad de los electrones ligados.

Ecuación de Bethe-Bloch



- Comparación de la fórmula de Bethe – Bloch con y si correcciones de capa y densidad. Cálculo hecho para el Cu.

Ecuación de Bethe-Bloch

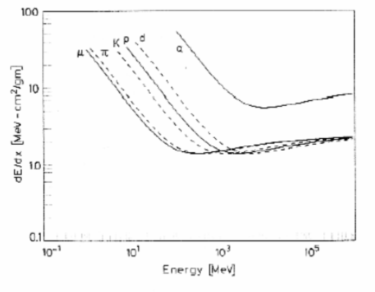


Figura : Dependencia de dE/dx como una función de la energía cinética para diferentes partículas.

- A energías no relativistas, dE/dx está dominada por el factor $1/\beta^2$ y decrece con la velocidad hasta cerca de $v = 0{,}96c$, donde hay un mínimo.
- Hay una ionización mínima en este punto.

Ecuación Bethe-Bloch

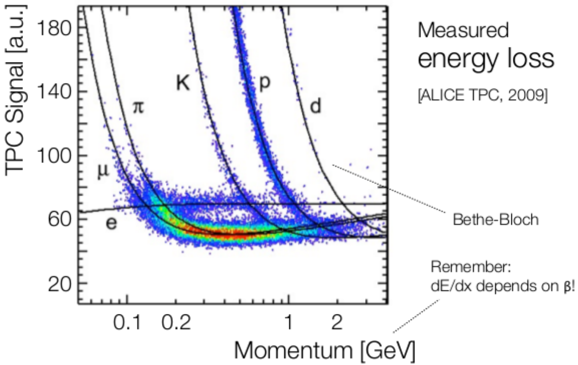
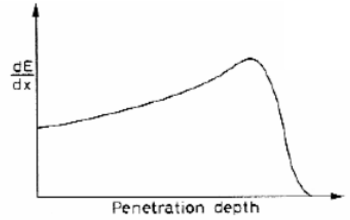


Figura : dE/dx e Identificación de Partículas

Ecuación Bethe-Bloch

- **Curva de Bragg**



- Curva de Bragg mostrando la variación de dE/dx como una función de la profundidad de penetración de la partícula en la materia.
- De la dependencia de dE/dx con la energía, la velocidad de pérdida de energía de la partícula cambiará cuando la energía de la partícula cambie.

Ecuación Bethe-Bloch

- La pérdida de energía por unidad de longitud es mayor al principio del recorrido que al final del mismo.
- Al final, la partícula comienza a capturar electrones y dE/dx cae.
- Este comportamiento es usado en aplicaciones médicas donde interesa depositar una gran dosis de radiación a una determinada profundidad con mínima destrucción en tejidos circundantes.