

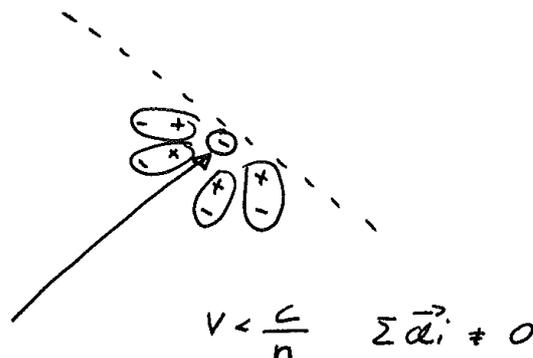
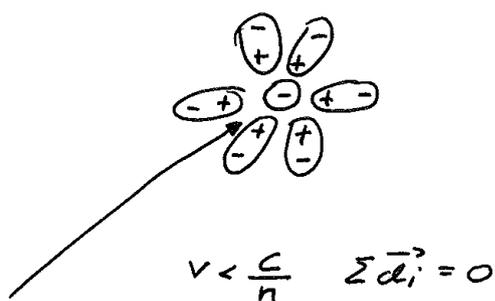
b) Cherenkov Strahlung

geladene Teilchen polarisieren Umgebung. Für Teilchen mit Geschwindigkeit v größer als die Lichtgeschwindigkeit im Medium ($v > \frac{c}{n}$ n = Brechungsindex des Mediums) ist das Teilchen schneller als die eigene EM Welle

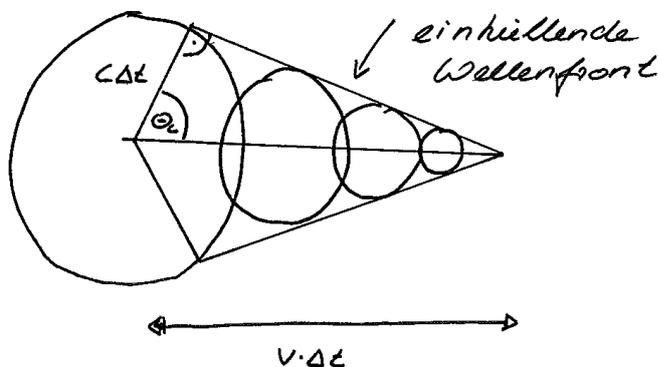
→ Region vor dem Teilchen ist nicht polarisiert

→ Dipolmoment $\vec{d} \neq 0$

→ Strahlung

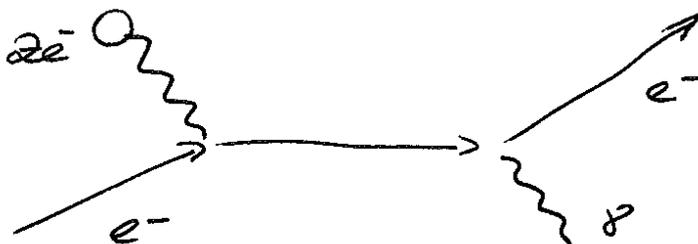


Vereinfachtes Bild von Elementarwellen



c) Energieverlust von Elektronen

Neben Energieverlust durch Ionisation gibt es noch einen weiteren Effekt: Bremsstrahlung



Elektronen werden im Coulombfeld des Kerns beschleunigt und emittieren Bremsstrahlung. Energieverlust wird beschrieben durch charakteristische Größe X_0 (Strahlungslänge)

$$-dE/dx = E/X_0$$

$$E(x) = E_0 e^{-x/X_0}$$

$$X_0 \sim \frac{m^2}{Z^2}$$

Z: Kernladungszahl des Mediums

m: Masse des durchquerenden Teilchens (Elektron)

$$\left(\begin{array}{l} \text{nur relevant für } e^-, \text{ da } e^- \text{ sehr leicht (} m_e = 511 \text{ keV)} \\ \frac{m_e}{m_\mu} \sim \frac{1}{200} \quad \Rightarrow \text{ „} X_0(\mu^-) \text{“} \sim 4 \cdot 10^4 X_0(e^-) \end{array} \right)$$

Typische Werte für X_0 : $X_0(\text{C}) = 18.8 \text{ cm}$; $X_0(\text{Al}) = 8.9 \text{ cm}$; $X_0(\text{Pb}) = 0.6 \text{ cm}$;

$$-\frac{dE}{dx} = \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{ion} + \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{Brems}$$

$$\text{kritische Energie: } \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{ion} = \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{Brems}$$

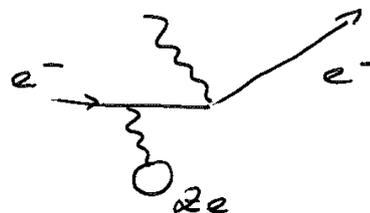
für $Z > 13$: $E_c \sim 650 \text{ MeV}/Z$

(siehe Abb 5.2)

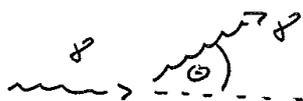
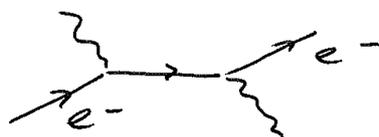
d) WW von Photonen mit Materie

1) Photoeffekt ($E(\gamma) \sim 100 \text{ keV}$)

Photon schlägt gebundene Elektronen aus Atom

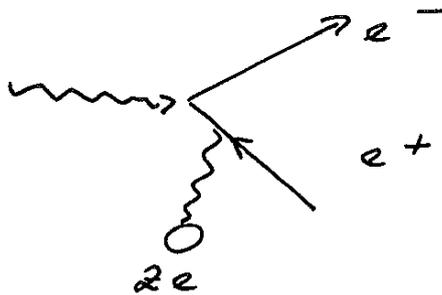


2) Compton-Streuung an quasifreien Elektronen ($E(\gamma) \sim 1 \text{ MeV}$)



$$E_\gamma' = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos\theta)}$$

3) Paarbildung (in der Nähe eines Kerns)



Konversion von freien Elektronen kinematisch nicht möglich.

kinetische Schwelle:

$$E_\gamma > 2m_e + \frac{2(m_e c^2)^2}{m_K c^2}$$

$$\geq 1.02 \text{ MeV}$$

↑
Rückstreuung

Feynman-Graphen für Paarbildung und Bremsstrahlung sehr ähnlich



Energie- bzw. Intensitätsverlust wird in beiden Fällen durch die materialspezifische Strahlungslänge X_0 beschrieben.

Bremsstrahlung: $E(x) = E_0 e^{-x/x_0}$

Intensität/Anzahl der Photonen: $I(x) = I_0 e^{-x/x_0}$ (nur Minderung durch Paarbildung)

Die Kombination von Bremsstrahlung und Paarbildung führt für hochenergetische Elektronen und Photonen zu EM Schauern / Kaskaden

(siehe Abb 5.3, 5.4)

e) WW von Hadronen mit Materie

Neben der Ionisation trägt für hochenergetische Hadronen die „starke WW“ mit dem Absorbermedium zum Energieverlust bei:

Bsp: $p + p \rightarrow p + p + n\pi$
 ↑
 mehrere Pionen

Die entstehenden Sekundärteilchen können selbst wieder „stark“ mit dem Medium ww.

=> Ausbildung einer Kaskade / Schauer

Hadronische Schauer haben größere Fluktuationen in Tiefe, Breite und Teilchenzahl als EM Schauer. Hadronische Schauer können EM Schauer beinhalten.

λ_{had} (hadronische WW Länge) i.d.R $> X_0$ (siehe Abb 5.5)

f) Nachweis von Teilchen in Teilchendetektoren

a) Meßprinzipien, die minimal die Teilchenflugbahn stören

Ionisation => Messung der Teilchenposition z.B. Nebelkammer oder Gasdetektoren/Driftkammern (siehe Abb 5.6)

Cherenkov-Effekt => Messung der Teilchengeschwindigkeit
(zusammen mit Impuls => Masse => Teilchensorte)

b) Meßprinzipien, die Teilchen absorbieren

EM Schauer (Bremsstrahlung, Paarproduktion) => Messung der Elektronen und Photonen Energie im EM Kalorimeter

Hadronische Schauer (inelastische Streuung, starke WW) => Messung der Energie von Hadronen im hadronischen Kalorimeter