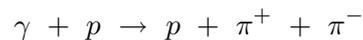


Übungsblatt 1

1.1 Schwellenenergie für Teilchenerzeugung (25 Punkte)

Wie groß muß die Energie eines Photons mindestens sein (“Schwellenenergie”), damit die Reaktion



stattfinden kann? Das Target - Proton sei in Ruhe.

Hinweis: Formulieren Sie zunächst die “Schwellenbedingung” im Schwerpunktsystem (centre-of-mass system) von einlaufendem Photon und Target - Proton. Beim Übergang zum “Laborsystem” (das ist hier das Bezugssystem, in dem das Target - Proton ruht) machen Sie Gebrauch von der Lorentz - Invarianz von Skalarprodukten und damit Quadraten von Vierer - Impulsen.

1.2 Energieverlust von Hadronen und Elektronen in Materie (25 Punkte)

a) Ein Proton mit einem Impuls von $p = 10 \text{ GeV}/c$ fliegt durch eine 0.5 cm dicke Wolfram - Platte. Wie viel Energie deponiert es in der Platte?

Konsultieren Sie zur Lösung die Bethe - Bloch - Formel bzw. deren Graphen (Blatt im Anhang). Prüfen Sie, ob das Proton hier als “MIP” (minimal - ionisierendes Teilchen, “minimum ionizing particle”) angesehen werden kann, und schätzen Sie den mittleren spezifischen Energieverlust ab. Falls Sie auf dem Graphen eine Kurve für Wolfram vermissen, interpolieren Sie grob mit Hilfe der Kernladungszahlen.

b) Schätzen Sie mit einer rein geometrischen Betrachtung den Wirkungsquerschnitt für die starke Wechselwirkung zwischen Proton und Wolfram - Kern ab. Welche Schlußfolgerung ziehen Sie beim Vergleich mit Ihrer Antwort zu Teil a) ?

1.3 Wirkungsquerschnitt und mittlere freie Weglänge (25 Punkte)

Betrachten Sie ein “fixed target” - Experiment: Ein Protonenstrahl von 10^6 Teilchen pro Sekunde trifft auf ein 5 mm dickes ^{12}C - Target. Die Dichte des Targets sei $\rho = 2.265 \text{ g}/\text{cm}^3$. Nehmen Sie für die Proton - Kern - Wechselwirkung einen Wirkungsquerschnitt von $\sigma = 210 \text{ mb}$ an.

a) Wie groß ist die mittlere freie Weglänge im Kohlenstoff?

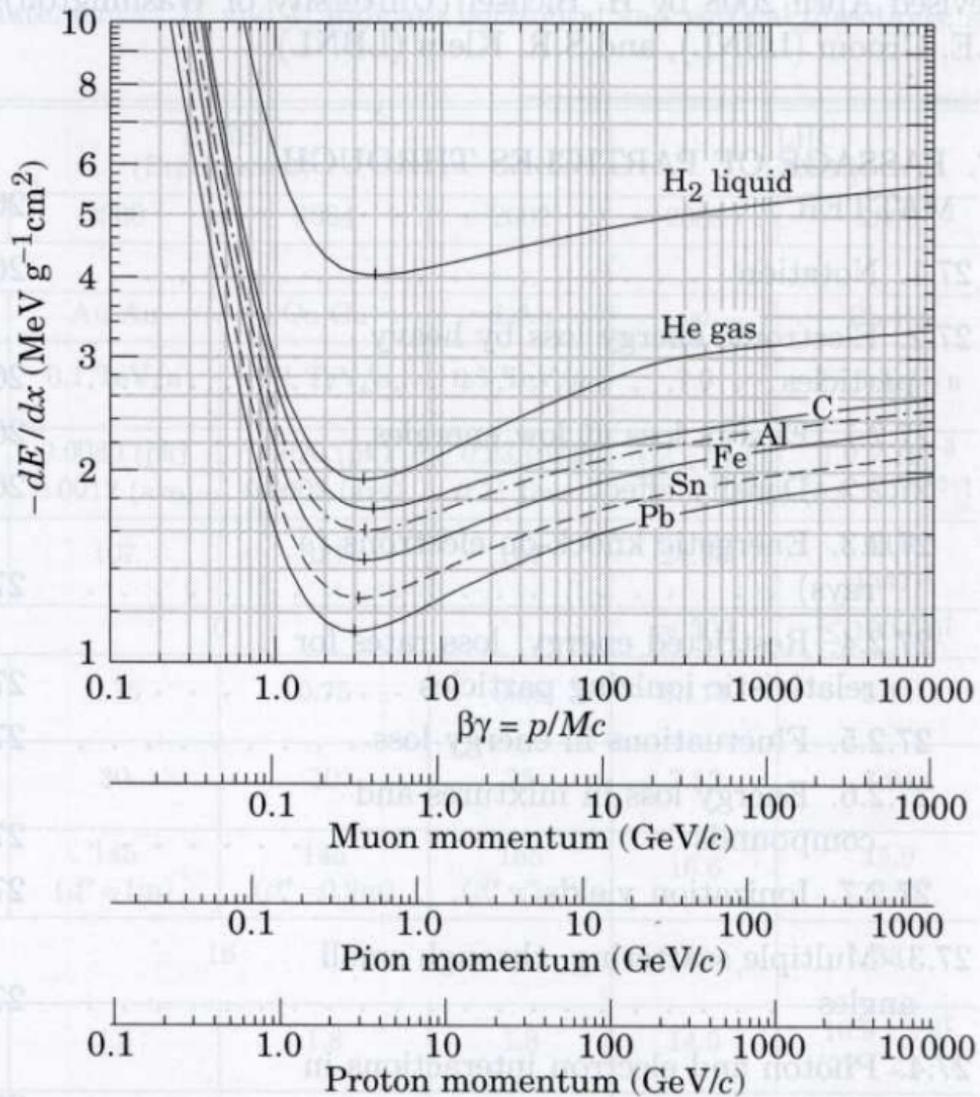
b) Wie hoch ist die Wechselwirkungsrate?

Hinweis: In einem “fixed target” - Experiment ist das Target - Teilchen im Laborsystem in Ruhe. (Gegensatz: “Colliding Beams” - Experimente mit kreisenden Strahlen, z.B. in Speicherringen). Die Einheit des Wirkungsquerschnittes ist $1 \text{ b(arn)} = 10^{-24} \text{ cm}^2 = 100 \text{ fm}^2 = 100 \text{ Quadratfermi.}$

1.4 Absorption von γ - Strahlen in Blei und Aluminium (25 Punkte)

Eine radioaktive Quelle emittiert γ - Strahlen der Energie 1.1 MeV. Die Intensität dieser Strahlen muß durch einen Blei - Behälter um den Faktor 10^4 reduziert werden. Wie dick (in cm) müssen die Wände des Behälters sein? Wie dick müßten die Wände sein, wenn man Aluminium nehmen würde?

Entnehmen Sie die Absorptionskoeffizienten den Graphen auf dem Anhang - Blatt. Beachten Sie den Einfluß der Dichte je nach Darstellung. Welches ist der für die Absorption dominierende Prozeß in den beiden Materialien? Konsultieren Sie wieder die Graphen im Anhang.



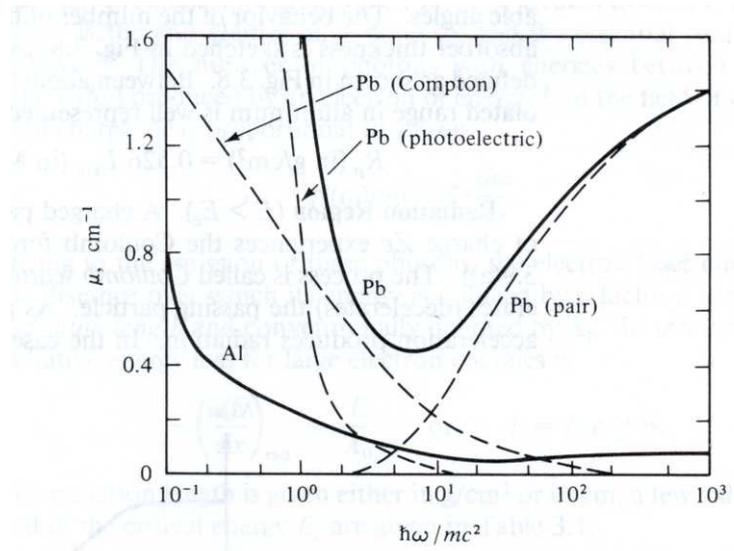
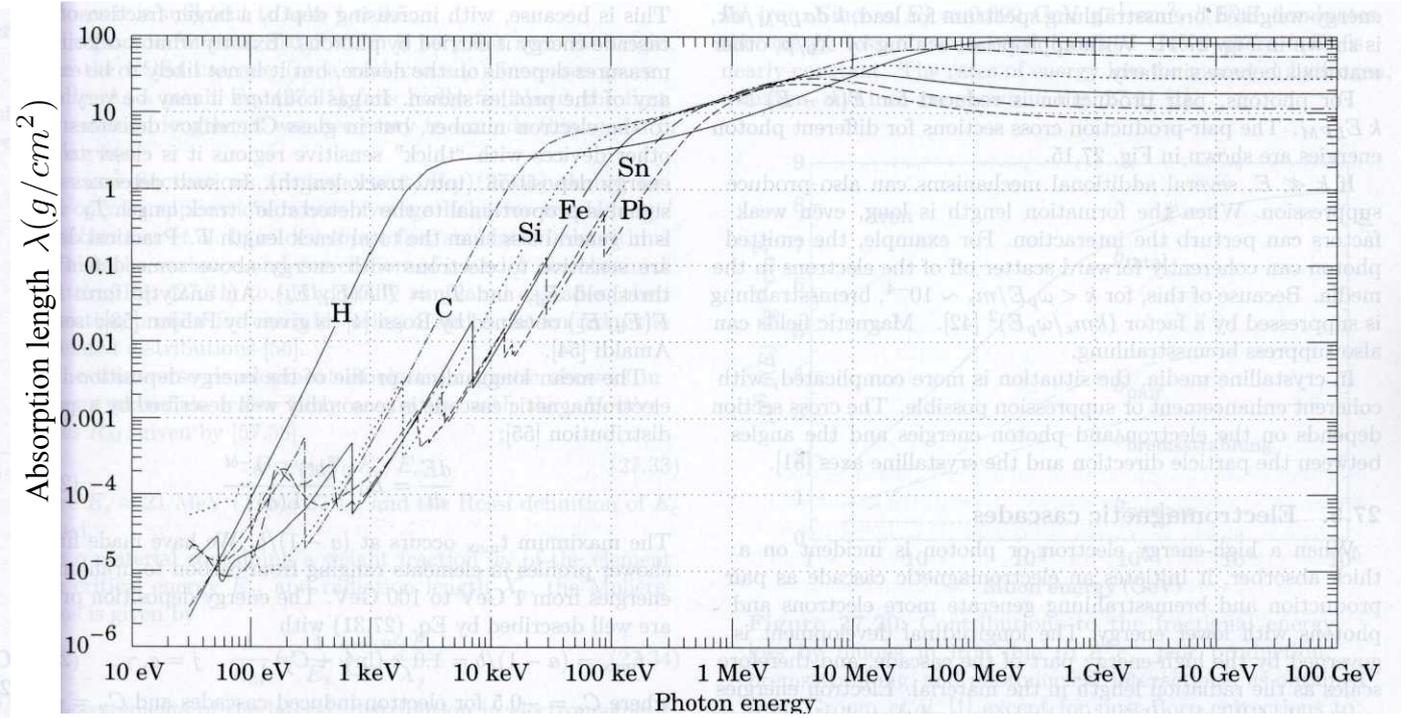
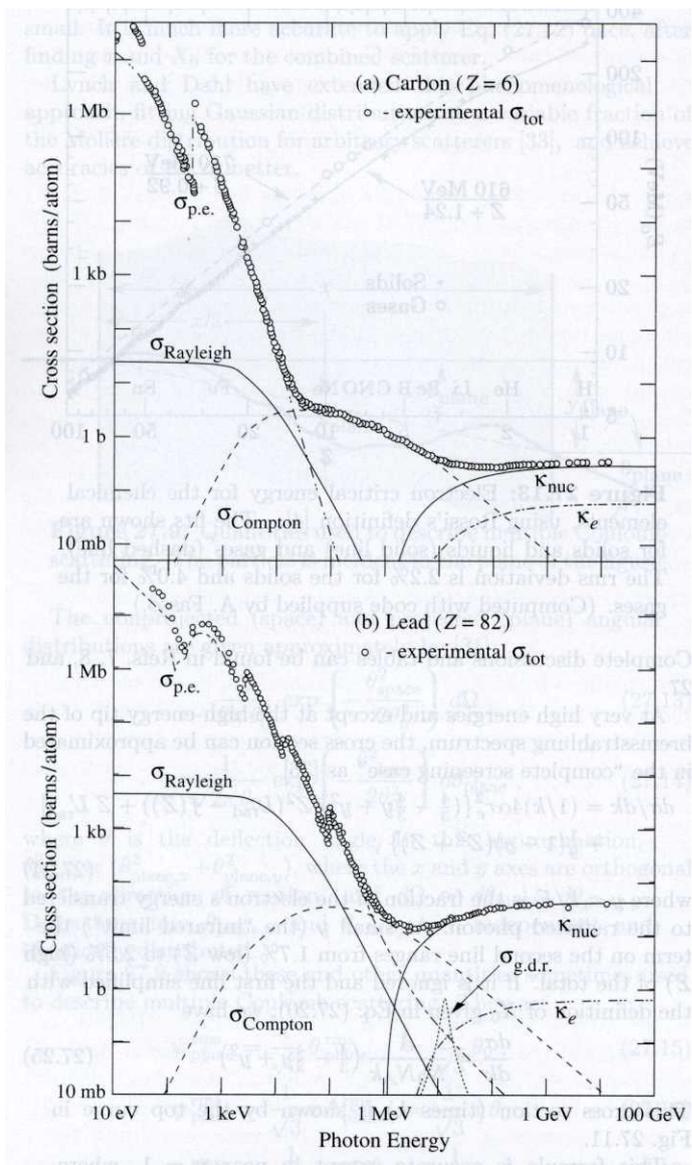


Fig. 3.7. Total absorption coefficients of γ rays by lead and aluminum as a function of energy (solid lines).