

Série 5

1 Création de paires

La création de paire ne peut se produire que dans la matière, c'est-à-dire dans le champ coulombien d'une particule chargée "spectatrice" de ce phénomène. Cette particule chargée ne peut être qu'un noyau de charge Ze ou un électron de charge $-e$ (car ce sont les seules particules chargées présentes dans la matière).

- Montrer que le processus $\gamma \rightarrow e^+e^-$ est cinématiquement impossible dans le vide, quelle que soit l'énergie du photon.
- Dessiner deux diagrammes de Feynman (à l'ordre le plus bas), illustrant le processus de création de paire.
- À grande énergie du photon, quel est le rapport des sections efficaces de création de paire dans le champ des noyaux et dans le champ des électrons ? Comparez le résultat avec la valeur expérimentale pour le carbone (figure 1).
- Déterminer l'énergie de seuil de ce processus, c'est-à-dire l'énergie minimale du photon incident, en fonction de la masse m de l'électron (égale à la masse du positron) et de la masse M de la particule spectatrice. Qu'obtient-on dans les limites $M \gg m$ et $M = m$?

2 Séparation des π et K dans un détecteur Cherenkov

On veut utiliser un détecteur de rayonnement Cherenkov pour distinguer des pions π^+ et des kaons K^+ de quantités de mouvement égales. Ce détecteur utilise comme radiateur du gaz CF_4 et identifie les particules chargées en mesurant l'angle d'émission des photons Cherenkov par rapport à leur direction d'incidence, donné par

$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n},$$

où n est l'indice de réfraction du milieu. Le détecteur a une résolution angulaire σ_θ et on demande que les angles d'émission Cherenkov d'un π^+ et d'un K^+ de même quantité de mouvement soient différents d'au moins $3\sigma_\theta$.

Quelle est la plage de quantités de mouvement pour lesquelles le détecteur parvient à distinguer les kaons des pions ?

On donne les valeurs numériques suivantes :

$$\begin{aligned} n_{CF_4} &= 1.0005 \\ \sigma_\theta &= 0.6 \text{ mrad} \\ m_{\pi^+} &= 139.57 \text{ MeV}/c^2 \\ m_{K^+} &= 493.68 \text{ MeV}/c^2. \end{aligned}$$

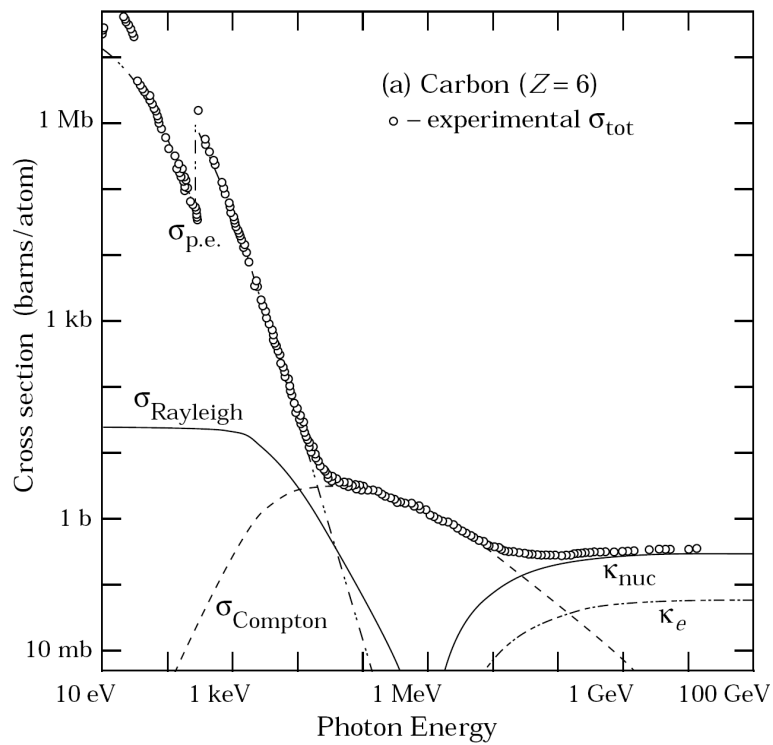


Figure 1: Section efficace totale d'interaction d'un photon dans du carbone ($z = 6$) en fonction de l'énergie du photon, avec les différentes contributions : $\sigma_{\text{p.e.}}$ (section efficace de l'effet photoélectrique), σ_{Rayleigh} (section efficace de la diffusion de Rayleigh), σ_{Compton} (section efficace de l'effet Compton), κ_{nuc} (section efficace de la création de paires dans le champ des noyaux) et κ_e (section efficace de la création de paires dans le champ des électrons).