

0.1 149. Hausaufgabe

0.1.1 Exzerpt von B. S. 512: Paarzerstörung

Eine Form künstlicher Radioaktivität ist die Paarerzeugung. Um diese zu verstehen, ist es einfacher, zunächst den zeitlich umgekehrten Vorgang der Paarzerstörung zu betrachten.

Ein Elektron und ein Positron bewegen sich frontal aufeinander zu; man wähle ein solches Bezugssystem, damit der Gesamtimpuls Null ist. Eine solche Wahl ist zulässig, solange das Bezugssystem, das man wählt, nicht beschleunigt wird.

Beim Auftreffen vernichten sich Elektron und Positron gegenseitig. Dabei müssen nun die verschiedenen Erhaltungssätze berücksichtigt werden. Die Gesamtladung vor der Vernichtung war Null; entweder müsste ein aus der Vernichtung resultierendes Teilchen müsste daher ebenfalls elektrisch ungeladen sein, oder es müssten zwei Teilchen entgegengesetzter Ladung entstehen.

Elektron und Positron tragen beide eine positive Energie. Die Energieerhaltung wird nun durch ein entstehendes γ -Quant erfüllt. Dies impliziert aber eine Verletzung des Impulserhaltungssatzes: γ -Quanten existieren nur, wenn sie sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen – die Bewegung mit Lichtgeschwindigkeit ist ja gerade die Photonen definierende Eigenschaft!

Das γ -Quant trägt also einen Impuls, der von Null verschieden ist. Um die Impulsbilanz auszugleichen, käme zunächst ein Feld in Betracht. Wegen komplizierterer Zusammenhänge, die mit der Unschärferelation für Energie zu tun haben, kann in diesem Fall der zur Ausgleichung der Impulsbilanz nötige entgegengesetzte Impuls nicht über Felder abtransportiert werden; stattdessen muss der Impuls an Materie abgegeben werden.

0.1.2 Exzerpt von B. S. 512: Paarerzeugung

Lässt man den Prozess der Paarzerstörung zeitlich rückwärts ablaufen, so ergibt sich der Prozess der Paarerzeugung: Ein Photon

genügend hoher Energie wandelt sich in ein Elektron und ein Positron um. Wie auch der Paarvernichtungsprozess kann er nur in materiegefülltem Raum stattfinden.

[XXX Unterschiedliche Voraussetzungen: Bei Paarerzeugung nur ein Photon, bei Paarvernichtung zwei Teilchen]

0.1.3 Fragen

- Inwieweit sind die Überlegungen bezüglich Paarzerstörung und -erzeugung auf delokalisierte Teilchen übertragbar?
- Ist die Drehimpulserhaltung bei der Paarzerstörung/-erzeugung erfüllt?
- Ab welcher Materiedichte kann die Paarzerstörung/-erzeugung ablaufen?

Benötigte Zeit: 47 min