

Ausgabe: 16.11.2015

Abgabe: 23.11.2015, 10:15 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Paarbildung (3 Punkte)

Die Erzeugung eines $e^+ - e^-$ - Paares aus einem energiereichen Photon, welche als Paarbildung bekannt ist, kann im Vakuum nicht stattfinden. In der Umgebung eines Kerns der Masse $M \gg m_e$ hingegen kann dieser Effekt auftreten.

- Geben Sie die unter Lorentztransformation invariante Energie-Impuls-Beziehung für Viererimpulse p an.
- Weisen Sie mit Hilfe von Viererimpulsen nach, dass eine Paarbildung im Vakuum nicht möglich ist. Welche physikalische Erhaltungsgröße „verhindert“ diese?
- Ermitteln Sie unter Verwendung von Viererimpulsen die Mindestenergie $E_{\gamma, min}$ eines Photons, ab welcher eine Paarbildung in Anwesenheit eines Kernfeldes möglich ist.

Aufgabe 2: Röntgenröhre (3 Punkte)

- Das Spektrum einer Röntgenröhre zeigt eine scharfe Linie bei $\lambda = 0,0721$ nm. Um welche Art von Strahlung handelt es sich dabei? Aus welchem Material besteht die Anode der Röhre?
- Über welche Eigenschaften muss das Material einer Anode und Kathode für den Einsatz in Röntgenröhren verfügen? Nennen Sie jeweils ein Beispiel für in der Praxis gängige Materialien.

Im Betrieb der in Aufgabenteil a) beschriebenen Röntgenröhre besteht zwischen Anode und Kathode ein Potentialunterschied von 30 kV. Außerdem wird ein elektrischer Strom $I = 100$ mA zwischen den Elektroden gemessen. Es werden nur 0,2 % der elektrischen Leistung für die Erzeugung der Röntgenstrahlen aufgebracht.

- Wie viele Elektronen treffen in einer Sekunde auf die Anode?
- Welche Höchstdauer der Röntgenröhre vor dem Schmelzen der Anode ist bei durchgehendem Betrieb möglich, wenn sie bei einer Umgebungstemperatur von $T = 300$ K arbeitet? Vernachlässigen Sie dabei die Wärmeabgabe der Anode. Wie kann das Schmelzen verhindert werden?

[Angaben zur Anode: Masse $m = 85$ g, spezifische Wärme $c = 0,245 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$, Schmelztemperatur $T_S = 2896$ K.]

Aufgabe 3: Kontrast, Absorption und Intensität (3 Punkte)

Bei der Aufnahme von Röntgenbildern entsteht durch Streustrahlung ein etwa gleichmäßiger Hintergrund, der zu einer Kontrastverminderung führt. Eine Möglichkeit der Anhebung des Kontrastes stellt der Einsatz von Streustrahlenrastern dar. Der Anteil gestreuter Strahlung betrage dosisunabhängig 85 %.

- Wie groß ist der Gesamtstrahlungskontrast ohne Raster?
- Bestimmen Sie die relative Kontrastverbesserung bei Verwendung des Streustrahlenrasters mit einer Nutzstrahltransparenz $T_N = 65$ % und Streustrahltransparenz $T_S = 10$ %.

Zur Kontrastanhebung zwischen Blutgefäßen und umliegendem Gewebe wird intravenös Jod appliziert. Unmittelbar nach der Verabreichung betrage der relative Schwächungswert des Kontrastmittels 315 HU.

- Berechnen Sie den Absorptionskoeffizienten μ_B der Blutgefäße direkt nach Kontrastmittelgabe.
- Um welchen Anteil wird die Intensität der Röntgenstrahlung unmittelbar nach Verabreichung des Kontrastmittels beim Durchdringen eines Blutgefäßes mit einem Durchmesser $d = 7,5$ mm geschwächt?

$[\mu_{\text{Blut}} \approx \mu_{\text{Wasser}} = 0,19 \frac{1}{\text{cm}}]$