

11. Übung zur Struktur der Materie WS 2018/19

Ausgabe: 21.12.2018
Abgabe: bis 07.01.2019 10:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter
 Dr. J. Weingarten

Aufgabe 1: Teilchenzoo

4 Punkte

Die Particle Data Group (PDG) ist eine internationale Zusammenarbeit, in welcher umfassende Informationen der Teilchenphysik zusammengefasst werden. Besonders nützlich ist die interaktive Website <http://pdglive.lbl.gov/Viewer.action>, das „pdgLive“.

Tabelle 1: Teilchenklassifikation

Teilchen	Boson	Fermion	Eichboson	Lepton	Hadron	Meson	Baryon	Quarkinhalt
n	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja	u,d,d
π^0								
p								
K^\pm								
Λ								
W^\pm								
ν_τ								
J/ψ								
Ξ_c^0								
B_s^0								
Z^0								
Δ^{++}								

- Machen Sie sich mit dem pdgLive vertraut.
- Kreuzen Sie in Tabelle 1 die zutreffenden Klassifikationen an und geben sie ggf. den Quarkinhalt an.

Aufgabe 2: Zerfälle und Feynman-Diagramme

5 Punkte

- Entscheiden Sie, welche der folgenden Zerfälle oder Reaktionen erlaubt und welche verboten sind. Begründen Sie Ihre Antwort!
 Skizzieren Sie außerdem für die erlaubten Prozesse jeweils ein Feynman-Diagramm.
 - $e^- \rightarrow \tau^- + \nu_e + \bar{\nu}_\tau$
 - $e^+ + e^- \rightarrow \tau^- + \tau^+$
 - $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$
 - $\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$
 - $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
 - $e^+ + e^- \rightarrow J/\psi$
- Zeichnen Sie alle Feynman-Diagramme in führender Ordnung für die Reaktion $e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^-$.

Aufgabe 3: Schwerpunktsenergie**5 Punkte**

- a) In einem Collider-Experiment werden zwei Teilchenstrahlen der Energien E_a und E_b zur Kollision gebracht. Bei einem Fixed-Target-Experiment trifft ein Teilchenstrahl der Energie E auf ein ruhendes Target der Masse M .
Leiten Sie für beide Situation einen Ausdruck für die Schwerpunktsenergie in Abhängigkeit der jeweiligen Strahlenenergien her.
- b) In einem Collider-Experiment werden nun Elektronen der Energie $E_a = 8 \text{ GeV}$ mit Positronen der Energie $E_b = 4,2 \text{ GeV}$ frontal zur Kollision gebracht. Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie.
- c) In einem Fixed-Target-Experiment soll ein beschleunigtes Proton mit einem ruhenden Proton kollidieren. Welche Energie E muss das beschleunigte Proton haben, damit die Schwerpunktsenergie $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ beträgt.

Aufgabe 4: Paarbildung und β -Zerfall**6 Punkte**

- a) Zeigen Sie mittels Viererimpulserhaltung, dass die Paarbildung im Vakuum

$$\gamma \rightarrow e^+ + e^-$$

nicht möglich ist.

- b) Betrachten Sie nun den gleichen Prozess in Anwesenheit eines anfangs ruhenden Atomkerns χ der Masse m_χ

$$\gamma + \chi \rightarrow e^+ + e^- + \chi \quad .$$

Leiten Sie einen Ausdruck für die minimale Photonenenergie E_γ , bei welcher die Paarbildung stattfinden kann, in Abhängigkeit der Elektronenmasse m_e und der Kernmasse m_χ her.

Hinweis: Sie können dabei annehmen, dass der Impulsübertrag des Photons auf den Atomkern minimal ist.

- c) Berechnen Sie die Energien E_p und E_e der Zerfallsprodukte des hypothetischen β -Zerfalls

$$n \rightarrow p + e^- \quad .$$

Vergleichen Sie das Energiespektrum der Elektronen mit einem realen Energiespektrum eines β -Zerfalls, wie es in Abbildung 1 skizziert ist. Was können Sie daraus schlussfolgern?

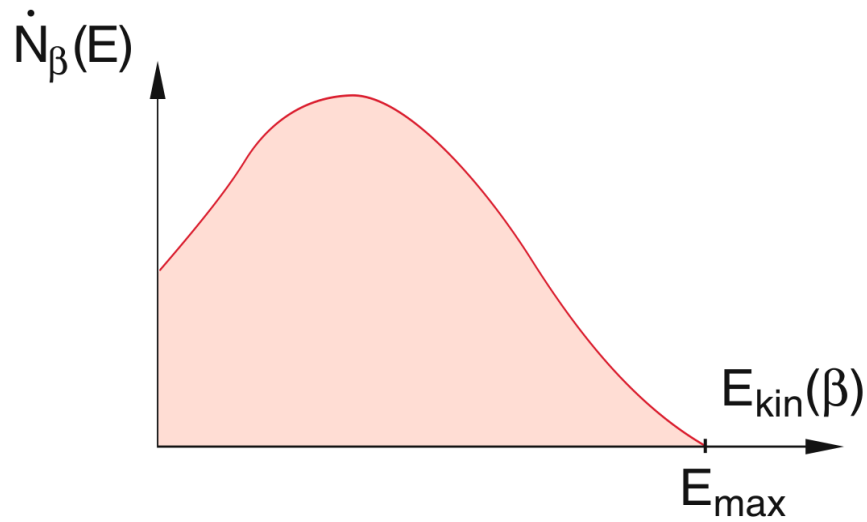


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines β -Spektrums. Aufgetragen ist die Zählrate $\dot{N}_\beta(E)$ der Elektronen in Abhängigkeit deren kinetischer Energie $E_{\text{kin}}(\beta)$ [1].

Literatur

- [1] Wolfgang Demtröder. *Experimentalphysik 4 - Kern-, Teilchen und Astrophysik*. 3. Aufl. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.