

Übungen zu Moderne Experimentalphysik II, Teil 2 (Kern- und Teilchenphysik) Wintersemester 2023/24

Übungsblatt Nr. 1

Bearbeitung bis 19.12.2023

Tutorium: 21.12.2023

Saalübung: 20.12.2023

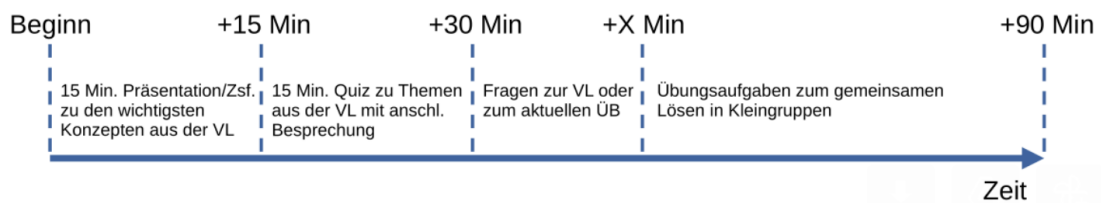
Link zur ILIAS-Hauptseite:

https://ilias.studium.kit.edu/goto.php?target=crs_2198626&client_id=produktiv

Allgemeine Information:

Willkommen im zweiten Teil der Modernen Experimentalphysik II (Struktur der Materie). In diesem Teil geht es um die Kern- und Teilchenphysik. Hauptsächlich wird der Fokus auf der Teilchenphysik liegen. Der Fokus der Tutorien ist auf die aktive Auseinandersetzung mit den Themen der Vorlesung gesetzt. Der Ablauf eines Tutoriums sollte folgendermaßen aussehen.

Beispielhafter Zeitplan Tutorium



Die angegebenen Zeiten sind dabei nur als grobe Richtwerte zu sehen. Als erstes wird es 1-2 kurze Präsentationen zu den Themen der letzten Vorlesungen geben. Dabei ist mindestens eine Präsentation in diesem Teil der Modernen Experimentalphysik II für die zugehörige Vorleistung notwendig. Danach folgt ein kurzes Quiz in welchem Sie Ihr Verständnis der letzten Vorlesungen testen können. Nach dem Quiz haben Sie die Möglichkeit, Fragen zur Vorlesung, Übung oder auch zu Unklarheiten zu stellen. Den Rest des Tutoriums werden Sie aktiv in kleinen Gruppen Probleme zu den Themen der letzten Vorlesungen bearbeiten.

Lösungen zu den Aufgaben der Übungsblätter werden in der der Ausgabe folgenden Woche in einer freiwilligen Saalübung mittwochs um 11:30 Uhr im kleinen Hörsaal A präsentiert und im Anschluss bereitgestellt.

Vorbemerkung: In diesem Blatt geht es um die Grundlagen der natürlichen Einheiten und der speziellen Relativitätstheorie.

Aufgabe 1: Rechnen in natürlichen Einheiten (6 Punkte)

In der Teilchenphysik wird häufig ein natürliches Einheitensystem verwendet, bei dem vereinfachend gilt: $1 = c = \hbar = \epsilon_0 = k_B$. Berechnen Sie die folgenden Größen in natürlichen Einheiten und geben Sie das Ergebnis jeweils in Einheiten von eV (bzw. $\frac{1}{\text{eV}}$) an:

- a) Die Massen eines Elektrons m_e und eines Protons m_p , wobei $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ und $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- b) Die Länge $l = 299\,792\,458 \text{ m}$, die Zeit $t = 2 \text{ s}$ sowie die sich daraus ergebende Geschwindigkeit
- c) Impuls und Energie von Elektronen bzw. Protonen, die sich mit der in Aufgabenteil b) berechneten Geschwindigkeit bewegen.

Tipp: Drücken Sie den SI-Wert in Einheiten der Energie sowie von c , $\hbar$ aus. Weiterhin ist $1 \text{ eV} \equiv 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ hilfreich.

Aufgabe 2: Kinematik bei HERA (6 Punkte)

HERA war ein Speicherring mit einem Umfang von 6,3 km am DESY in Hamburg, an dem Elektronen mit einem Impuls von 27,5 GeV/c an Protonen mit einem Impuls von 920 GeV/c gestreut wurden.

- a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit β der Elektronen und Protonen.
- b) Stellen Sie die Vierervektoren für Elektronen und Protonen auf und berechnen Sie die Schwerpunktsenergie der Elektron-Proton-Kollision. Sie können das Koordinatensystem so wählen, dass sich die Protonen im Laborsystem in positive z -Richtung bewegen.
- c) Elektronen der kosmischen Strahlung stoßen in der Atmosphäre mit (ruhenden) Protonen zusammen. Wie hoch muss die Energie der Elektronen sein, damit die Schwerpunktsenergie ebenso hoch ist wie bei HERA?
- d) Warum ist die Schwerpunktsenergie der Teilchenkollisionen bei HERA typischerweise geringer als oben für Elektron und Proton berechnet? (*Hinweis:* überlegen Sie, welche Teilchen tatsächlich kollidieren.)