

Übungen zu T2, Sommersemester 2012, Blatt 1

Hinweis: Die Zahlenwerte der in den numerischen Beispielen benötigten physikalischen Konstanten finden Sie auf der Internetseite pdg.lbl.gov → Reviews Tables, Plots → Constants, Units, Atomic and Nuclear Properties → Physical Constants

1) Energie von Photonen des sichtbaren Lichts

Sichtbares Licht erstreckt sich über einen Wellenlängenbereich von 360 nm (violett) bis zu 780 nm (rot). Geben Sie die entsprechenden Photonenergien in Elektronvolt (eV) an. Vergleichen Sie Ihre Resultate mit der Ionisierungsenergie eines Wasserstoffatoms.

Hinweis: Der Konversionsfaktor $\hbar c = 197.3 \text{ eV nm}$ könnte von Nutzen sein.

2) Auflösungsvermögen

Das Auflösungsvermögen eines Lichtmikroskops ist durch die Wellenlänge des sichtbaren Lichts beschränkt. Das ist der Grund, weshalb man mit einem Lichtmikroskop zwar Bakterien ($\sim 10^{-6} \text{ m}$), jedoch keine Viren ($\sim 10^{-7} \text{ m}$) beobachten kann. Welche Energie müssen Photonen besitzen, damit man mit ihnen Kristallstrukturen (typische atomare Abstände $\sim 10^{-10} \text{ m}$) auflösen kann? Welcher Art von Strahlung entspricht die notwendige Photonenergie?

3) De Broglie-Wellenlänge ultrarelativistischer Teilchen

Die in den beiden vorigen Beispielen verwendete Beziehung zwischen der de Broglie-Wellenlänge λ und der Energie E gilt natürlich nicht nur für Photonen, sondern allgemein für beliebige ultrarelativistische Teilchen ($v \simeq c$). Dieser Fall liegt immer dann vor, wenn die Energie des betreffenden Teilchens viel größer als seine Ruhenergie ist ($E \gg mc^2$). Welche Energie muss ein solches Teilchen mindestens haben, um in einem Streuexperiment Informationen über die Struktur eines Atomkerns ($R_{\text{Kern}} \sim 1.2 \text{ fm } A^{1/3}$, $A =$ Anzahl der Nukleonen im Kern) zu erhalten? Welche Abstände lassen sich bei Experimenten mit Elektronen mit einer Energie von 100 GeV noch „sehen“?

4) De Broglie-Wellenlänge nichtrelativistischer Teilchen

Geben Sie die allgemeine (relativistische) Beziehung zwischen der de Broglie-Wellenlänge und der **kinetischen Energie** $T = E - mc^2$ eines massiven Teilchens ($m \neq 0$) an. Ermitteln Sie sodann eine Näherungsformel für den nichtrelativistischen Grenzfall ($T \ll mc^2$).

5) Davisson-Germer-Experiment

Geben Sie eine **kurze** Beschreibung des von Davisson und Germer im Jahre 1927 durchgeführten Experiments (C.J. Davisson, L.H. Germer: Diffraction of electrons by a crystal of nickel, Physical Review **30** (1927) 705). Welcher Wellenlänge entspricht die für dieses Experiment typische kinetische Energie $T = 54 \text{ eV}$ eines Elektrons ($m_e \simeq 511 \text{ keV}/c^2$).

6) Berechnen Sie die de Broglie-Wellenlänge eines Protons mit einer kinetischen Energie von 1 eV, 100 eV, 100 keV ($m_p \simeq 938 \text{ MeV}/c^2$).

7) Wie groß ist die de Broglie-Wellenlänge eines Menschen mit einer Masse von 70 kg, der sich mit 1 m s^{-1} bewegt?

8) Comptonlänge

In der relativistischen Quantenfeldtheorie werden Kräfte (oder besser „Wechselwirkungen“) zwischen „Elementarteilchen“ durch den Austausch sogenannter „virtueller Teilchen“ beschrieben. Die „Reichweite“ einer Wechselwirkung lässt sich größenordnungsmäßig durch die Comptonlänge \hbar/Mc des ausgetauschten Teilchens charakterisieren. Geben Sie auf diese Weise die „Reichweiten“ der folgenden Wechselwirkungen an:

- schwache Wechselwirkung: Austauscheteilchen $W^\pm, Z^0, M_W \simeq 80 \text{ GeV}/c^2, M_{Z^0} \simeq 91 \text{ GeV}/c^2$
- Kernkraft: Austauscheteilchen $\pi^\pm, \pi^0, M_\pi \simeq 140 \text{ MeV}/c^2$
- elektromagnetische Wechselwirkung: Austauscheteilchen Photon (γ), $m_\gamma = 0$

9) Photoeffekt

Beim Photoeffekt werden durch Einstrahlung von Licht Elektronen aus dem Metallverband gelöst. Welcher Spannung entspricht die Austrittsarbeit, wenn die Elektronen durch Licht der Wellenlänge 500 nm gerade herausgelöst werden?

10) Energie von Gasmolekülen bei Raumtemperatur

Bestimmen Sie die mittlere kinetische Energie eines Gasmoleküls (in eV) bei einer Temperatur von $T = 300 \text{ K}$.