

Übungsblatt 3

Aufgabe 1: Bragg- und Laue-Bedingung

Die Kristallstruktur eines individuellen Gitters kann durch die Streuung von Teilchen (z.B. Photonen, Neutronen, Elektronen etc.) an den Gitteratomen bestimmt werden.

- a) Wie lautet die Bedingung für konstruktive Interferenz nach Bragg?
- b) Wie lautet die Bedingung für konstruktive Interferenz nach Laue?
- c) Bestimmen Sie die Relation zwischen den Basisvektoren des Bravais-Gitters und des reziproken Gitters.
- d) Welche geometrische Bedeutung hat ein Vektor des reziproken Gitters?

Aufgabe 2: Spezielle Relativitätstheorie

Myonen werden in der Erdatmosphäre durch einfallende kosmische Strahlung erzeugt. In ihrem (ruhenden) Bezugssystem haben sie eine mittlere Lebensdauer von $\tau = 2.2 \mu\text{s}$ (Eigenzeit). Zeigen Sie, dass die Myonen, die in einer Höhe von $h = 10 \text{ km}$ erzeugt wurden und sich nahezu mit Lichtgeschwindigkeit $v = 0.998 \cdot c$ bewegen, die Erdoberfläche erreichen können. Argumentieren Sie dazu ...:

- a) ... aus der Sicht eines Beobachters auf der Erde (Zeitdilatation der Lebensdauer).
- b) ... aus der Sicht des Myons (Längenkontraktion der Flugstrecke).

Aufgabe 3: Klassischer und relativistischer Doppler-Effekt

Als Beispiel für den klassischen oder nichtrelativistischen Doppler-Effekt kann die Ausbreitung von Oberflächenwellen (Schwerewellen) auf einem Teich betrachtet werden. Die Phasengeschwindigkeit ist gegeben durch $c_S = 8.9 \text{ cm s}^{-1}$. Die Wellen werden von einer Ente mit einer Periode von $T = 1 \text{ s}$ erzeugt. Die Ente bewegt sich außerdem mit einer Geschwindigkeit von $v = 1 \text{ cm s}^{-1}$ über den Teich.

- a) Berechnen Sie die Wellenlänge der Oberflächenwellen vor und hinter der Ente.
- b) Berechnen Sie die Frequenz der Oberflächenwellen vor und hinter der Ente.
- c) Erklären Sie den Effekt der Zeitdilatation und leiten Sie die Formel für die relativistische Doppler-Frequenz her. Verwenden Sie dazu die Tatsache, dass die Anzahl der beobachteten Wellenberge im bewegten und ruhenden Inertialsystem übereinstimmen müssen.

- d) Sie fahren auf eine rote Ampel zu ($\lambda = 630 \text{ nm}$). Wie schnell müssten Sie sich auf diese zubewegen, damit für Sie die Ampel grün erscheint ($\lambda = 540 \text{ nm}$)?

Aufgabe 4: Schwarzkörperstrahlung

Ein idealer schwarzer Körper ist eine thermische Strahlungsquelle, die alle auftreffende elektromagnetische Strahlung jeglicher Wellenlänge und unter jeglichem Einfallswinkel vollständig absorbiert. Unter der Annahme, dass es sich bei den folgenden Quellen um einen derartigen Körper handelt:

- a) Berechnen Sie die Wellenlänge λ , bei der die emittierte Strahlung eines menschlichen Körpers mit $33 \text{ }^\circ\text{C}$ Oberflächentemperatur maximal wird.
- b) Bestimmen Sie die Oberflächentemperatur der Sonne mit Hilfe der Solarkonstante $E_0 = 1.361 \text{ kW m}^{-2}$. Diese Konstante gibt die Bestrahlungsstärke (Intensität) an, die von der Sonne auf die Erde trifft bei einem mittleren Abstand Erde-Sonne von einer astronomischen Einheit (ungefähr die mittlere Distanz von Sonne zu Erde), ohne den Einfluss der Atmosphäre und senkrecht zur Strahlrichtung. Bei welcher Wellenlänge λ ist die Intensität der Sonne am größten?

Wichtige Konstanten:

- Radius der Sonne $r_S = 6.96 \times 10^8 \text{ m}$,
- Distanz Sonne zu Erde $r_{SE} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$.
- Stefan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$