

Physik IV 2010 - Übung 3

12. März 2010

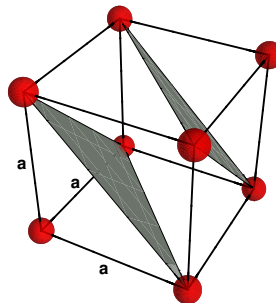
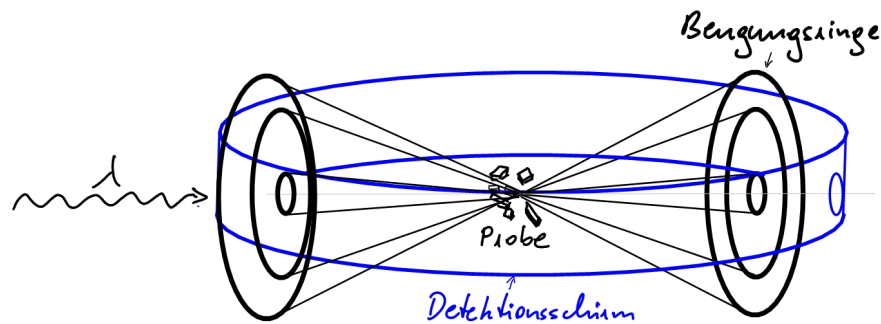


Abbildung 1: Kubische Kristallstruktur mit (111)-Gitterebenen.

1. **Bragg Reflexion.** Zur Erzeugung monochromatischer Röntgenstrahlung kann ein hinter einer polychromatischen Röntgenquelle platzierter Kristall verwendet werden.

Σ 3

- (a) Nehmen Sie an, das Licht wird an der (111)-Gitterebene eines Germanium Kristalls ($a = 5.65 \text{ \AA}$) (Abb. 1) reflektiert. Unter welchem Winkel zur Gitterebene wird Strahlung mit einer Wellenlänge von $\lambda = 1 \text{ \AA}$ beobachtet (1. Ordnung)? [1]
- (b) Der einfallende Strahl habe eine Winkeldivergenz von $\Delta\theta = 2^\circ$. Berechnen Sie die Breite der Wellenlängenverteilung $\Delta\lambda$ des (111)-Reflexes. Wie muss der Winkel θ gewählt werden, damit – für beliebiges λ – die relative Unschärfe $\Delta\lambda/\lambda$ minimal wird? [1]
- (c) Das auf diese Art erzeugte monochromatische Licht kann zur Charakterisierung von unbekanntem Gitterstrukturen verwendet werden. Eine gebräuchliche Methode ist das Debye-Scherrer-Verfahren, wo monochromatisches Röntgenlicht auf eine polykristalline oder pulverförmige Probe eingestrahlt wird (Pulverdiffraktometer). Können Sie anhand des Versuchsaufbaus erklären, wie es zu den unten gezeigten Beugungsringen kommt? [1]



2. Schwarzer Körper in 2D

$\sum 2\frac{1}{2}$

Leiten Sie in Anlehnung an die in der Vorlesung gezeigte Vorgehensweise die folgenden Formeln für die Strahlung eines zwei-dimensionalen schwarzen Körpers her.

- (a) Die Planck-Verteilung. [$1\frac{1}{2}$]
- (b) Das Rayleigh-Jeans Gesetz ($h\nu \ll k_B T$). [$\frac{1}{2}$]
- (c) Das Wien'sche Gesetz ($h\nu \gg k_B T$). [$\frac{1}{2}$]

3. Strahlung schwarzer Körper

$\sum 2$

- (a) Leiten Sie das Stefan-Boltzmann Gesetz für die Abstrahlungsleistung der Oberfläche eines schwarzen Körpers her. [1]
- (b) Betrachten Sie die Erde als perfekten schwarzen Körper. In welcher Distanz zur Sonne wäre die Oberflächentemperatur genau 300 K? [$\frac{1}{2}$]
- (c) Konstruieren Sie eine kegelförmige Raumstation auf der Umlaufbahn des Planeten Merkur, deren Temperatur 300 K betragen soll. Die Raumstation kann dabei als perfekter schwarzer Körper betrachtet werden und ihre Basis zeigt immer zur Sonne. Wie gross muss das Verhältnis von Länge zu Radius gewählt werden? [$\frac{1}{2}$]

(Die Radien der Umlaufbahnen von Merkur und Erde um die Sonne betragen $R_M = 57.9 \times 10^6$ km bzw. $R_E = 150 \times 10^6$ km. Die Strahlungsintensität der Sonne auf der Erdumlaufbahn beträgt $I = P/A = 1366 \text{ Wm}^{-2}$.)

4. **Thermische Abschirmung** Ein Experiment soll gegen Schwarzkörperstrahlung abgeschirmt werden. Dazu werden rund um die kugelförmige Probe mit 5 mm Radius zwei sphärische Schilde mit Radius $r_1 = 15$ cm und $r_2 = 20$ cm angebracht, die auf einer Temperatur von $T_1 = 4$ K und $T_2 = 70$ K gehalten werden und deren Emissivität $\epsilon_1 = 1$ und $\epsilon_2 = 0.05$ beträgt. Die Probe kann dabei als schwarzer Körper angenommen werden. $\sum 2\frac{1}{2}$

(a) Berechnen Sie die auf die Probe eingestrahlte Wärmeleistung. Berechnen Sie außerdem welche Leistung zur Kühlung des inneren bzw. des äußeren Schildes benötigt wird. [1]

(b) Zwecks Einbringung eines Laserstrahls wird eine Durchführung in Form eines Rohres zwischen innerem und äußerem Schild mit Radius von 5 mm angebracht. Die Durchführung hat nur thermischen Kontakt zum inneren 4 K-Schild. Wie gross ist die zusätzlich Strahlungsleistung am Ort der Probe? [1]

(c) Da nur ein Laser mit einer Wellenlänge von 650 nm eingesetzt werden soll, wird am Ende des Rohres ein Filterglas mit einer Bandbreite von 10 nm eingebaut. Wie gross ist die Wärmelast nun? [$\frac{1}{2}$]

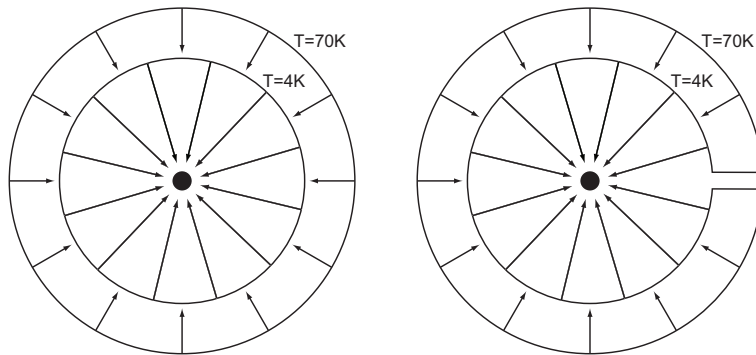


Abbildung 2: Zweifache thermische Abschirmung ohne (links) und mit (rechts) Laserdurchführung.