

5. Übungsblatt zur Physik IV

SS2015

Ausgabe: 4.05.

Rückgabe 11.05. (vor der Vorlesung)

10. Aufgabe: Anregung akustischer Phononen (4 Punkte)

Mit einem Ultraschallsender (Fläche 1cm^2) werden Phononen mit einer Frequenz von $f = 200\text{MHz}$ erzeugt, wobei die Intensität des Senders $1\text{mW}/\text{cm}^2$ beträgt. Es wird ein Puls von $10\mu\text{s}$ in einen würfelförmigen Siliziumkristall von 1cm^3 eingekoppelt ($a_{\text{Si}} = 5.43\text{\AA}$, $\theta_D = 640\text{K}$). Die Ausgangstemperatur des Si-Kristalls sei $T = 4.2\text{K}$.

- Wie viele Phononen mit der Frequenz $f = 200\text{MHz}$ erzeugt ein einzelner Ultraschallpuls? (1 Punkt)
- Schätzen Sie mit Hilfe der Wärmekapazität die Temperaturerhöhung des Si-Kristalls durch einen Puls ab, die sich nach Thermalisierung der angeregten Phononen ergibt. (1 Punkt)
- Schätzen Sie über die Änderung der Besetzungszahl und mit der Zustandsdichte die Zunahme $dN/d\omega$ der bei der Frequenz $f = 200\text{MHz}$ pro Frequenzintervall erzeugten Phononen nach Thermalisierung ab. (2 Punkte)

11. Aufgabe: Freies Elektronengas (3 Punkte)

Betrachten Sie ein freies Elektronengas mit einer linearen Dispersionsrelation

$$E = c \cdot k \quad (k = |\vec{k}|) \quad (\text{z.B. Graphen}).$$

- Geben Sie die Zustandsdichte $D(E)$ für so ein Elektronengas für die Dimensionen $d = 1, 2, 3$ an. (3 Punkte)

12. Aufgabe: Laseranregung von Metallen (3 Punkte)

Einem freien Elektronengas ($T_0 = 10\text{K}$) wird durch einen kurzen Laserpuls (Wellenlänge $\lambda = 400\text{nm}$, Pulsform: Gauß; volle Halbwertsbreite $FWHM = 50\text{fs}$; Fluence: $F = 140\text{Jm}^{-2}$) Energie zugeführt.

- Berechnen Sie die Endtemperatur des freien Elektronengas unter der Annahme, dass der Laserpuls in etwa 20nm homogen absorbiert wird. ($c_{v,el} = \gamma \cdot T$, $\gamma = 400\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-2}$). (1 Punkt)
- Welche Endtemperatur würde sich für das Gitter ergeben, wenn die Anregungsenergie vollständig vom Gitter absorbiert wird? (Annahme: $c_{v,ph} = 3nk_B$, $n = 7.4 \cdot 10^{28}\text{m}^{-3}$, $\theta_D = 600\text{K}$). (1 Punkt)
- Welche Temperatur ergibt sich im Gleichgewicht zwischen Elektronengas und Gitter? (1 Punkt)