

# Einführung in die Physik II (für Nicht-PhysikerInnen)

## Hausaufgaben Woche 11

10 – 14 Juni 2019

1. Angenommen, ein Siliziumhalbleiter ist so mit Phosphor dotiert, dass von  $10^6$  Siliziumatomen eines durch ein Phosphoratom ersetzt wurde. Um welchen Faktor erhöht sich die Dichte der Leitungselektronen, wenn wir davon ausgehen, dass das zusätzliche Elektron jedes Phosphoratoms in das Leitungsband abgegeben wird? Silizium hat eine Dichte von  $2330 \text{ kg/m}^3$ , und die Dichte der Leitungselektronen in reinem (undotiertem) Silizium beträgt bei Raumtemperatur etwa  $10^{16} \text{ m}^{-3}$ . Die molare Masse von Si ist  $28 \text{ g/mol}$ .

(Hinweis: Berechne die Gesamtzahl an Leitungselektronen für eine bestimmte Masse – z.B. ein Mol. Berechne dann die Zahl der Leitungselektronen des Phosphors. Der Quotient dieser zwei Zählen entspricht dem Erhöhungsfaktor.)

2. (a) Mit welcher Wahrscheinlichkeit ist ein Zustand mit einer Energie von  $0,062 \text{ eV}$  oberhalb der Fermi-Energie bei  $T = 0 \text{ K}$  besetzt?  
(b) Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit bei  $T = 320 \text{ K}$ ?
3. Für einen Energiezustand der  $1,00 \text{ eV}$  oberhalb der Fermi-Energie liegt (bzw.  $\Delta E = E - E_F = 1,00 \text{ eV}$ ), ist die Fermi-Verteilung – die Wahrscheinlichkeit, dass der Zustand besetzt ist – gegeben durch:

$$f(E) = \frac{1}{e^{\Delta E / (k_B T)} + 1};$$

und die Besetzungswahrscheinlichkeit aus der klassischen Thermodynamik ist gegeben durch die Boltzmann-Gleichung:

$$p(E) = e^{-\Delta E / (k_B T)}.$$

- (a) Bei welcher Temperatur unterscheidet sich das quantenmechanische Ergebnis für die Besetzungswahrscheinlichkeit um  $1\%$  von dem Ergebnis der klassischen Physik?
- (b) Und bei welcher Temperatur unterscheiden sich die Ergebnisse um  $10\%$ ?