Lösung zur Übung 2.4-1

1. Wie groß ist der mittlere Abstand l_D zwischen Defekten mit der Konzentration c?

Die erste Frage ist schnell beantwortet:

- Wir haben im Mittel einen Defekt in einem Volumen der Größe $(l_D)^3$, d.h.

$$c = \frac{1}{l_D^3} \qquad l_D = \left(\frac{1}{c}\right)^{1/3}$$

- Eine Konzentration von **1 ppm = 10^{-6}** entspricht in **Si** beispielsweise der Volumenkonzentration $\approx$ **$5 \cdot 10^{16}$ cm^{-3}**. Der mittlere Abstand ist also

$$l_D(\text{1ppm, Si}) = \left(\frac{1}{5 \cdot 10^{16}}\right)^{1/3} \text{cm} \approx 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ \text{cm} = 25\ \text{nm}$$

- Selbst in ultrasauberem Si mit $c = 5 \cdot 10^{13}$ **cm^{-3}** trifft man als noch in einem mittlerem Abstand von **250 nm** auf einen Defekt.

2. Wie groß ist die Oberflächenkonzentration der Defekte, d.h. wieviele findet man auf einer *Kristall*ebene, die man "herausschneidet".

Die Lösung zu der zweiten Frage finden sich bereits im Hyperskript "MaWi I"

3. Mit welcher Wahrscheinlichkeit trifft ein in einem Kristall herumvagabundierendes Teilchen auf einen der in der Konzentration c vorliegenden Defekte?

Die dritte Frage ist im Hyperskript "Semiconductors" beantwortet, wir wollen aber die Lösung hier anführen.

Zunächst schreiben wir unserem Teilchen die (mittlere) Geschwindigkeit **v** und einen Wirkungsquerschnitt σ zu.

- Damit "tastet" unser Teilchen in der Zeit t ein Volumen V ab, das gegeben ist durch das Volumens des durchfahrenen "Schlauchs"

$$V = \mathrm{v} \cdot t \cdot \sigma$$

- In diesem Volumen findet es N Defekte die mit der Konzentration c (in **cm^{-3}**) vorliegen, es gilt also

$$N = c \cdot V = c \cdot \mathrm{v} \cdot t \cdot \sigma$$

- Damit wird die Rate R, mit der es einen Stoß durchführen wird, gegeben durch

$$R = \frac{N}{t} = c \cdot \mathrm{v} \cdot \sigma$$

- **1/R** ist dann natürlich die mittlere Zeit, die zwischen zwei Stößen vergeht (also **2τ** in unserer Nomenklatur).

Man kann jetzt natürlich auch ausrechnen, wie weit es im Mittel zwischen zwei Stößen kommt, also die mittlere freie Weglänge l. Wir haben einfach

$$\boldsymbol{l} = \mathbf{v} \cdot 2\tau = \frac{\mathbf{v}}{R} = \frac{1}{c \cdot \sigma}$$

- Das ist schon bemerkenswert, da man eigentlich leicht geneigt ist anzunehmen, daß die mittlere freie Weglänge zum mittleren Abstand der Defekt proportional sein sollte, also zu $c^{-1/3}$ - was, wie gesagt, ziemlich falsch wäre.