

KLAUSUR 1 ZU “GRUNDLAGEN DER MATERIALWISSENSCHAFT III”

50 PUNKTE = 100%

AUFGABE 1: BINDUNGSTYPEN

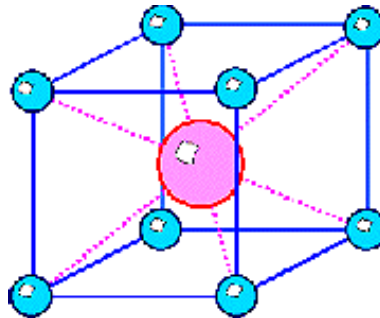
Welche Bindungstypen kennen Sie? Ordnen Sie nach Bindungsstärke.

2 PUNKTE

AUFGABE 2: HARTKUGELMODELL

Die Einheitszelle eines Kristalls sei durch das nachfolgende Bild gegeben.

- a) Um welchen Gittertyp handelt es sich und wie viele Atome hat die Einheitszelle? 1 PUNKT
- b) Nehmen Sie nun an, dass—entgegen der Zeichnung—sich die äußeren Atome berühren (im Hartkugelmodell). Geben Sie den maximalen Durchmesser des inneren Atoms in Einheiten der Gitterkonstante a an. 1 PUNKTE
- c) Legen Sie ein Koordinatensystem fest, zeichnen Sie drei nichtäquivalente Richtungen ein (am besten auf diesem Blatt) und schreiben Sie die entsprechenden Miller-Indizes dazu. 2 PUNKTE



AUFGABE 3: NIEDERDIMENSIONALE KRISTALLDEFEKTE

Kategorisieren Sie die null- und eindimensionalen Defekte in Kristallen!

4 PUNKTE

AUFGABE 4: DEFEKTE IN IONENKRISTALLEN

Was ist bei der Defektbildung in Ionenkristallen besonders zu beachten?

1 PUNKT

AUFGABE 5: DEFEKTE IN LEGIERUNGEN

Welche Punktdefekte können in intermetallischen Legierungen auftreten, d.h. was ändert sich in Bezug auf Aufgabe 3? 1 PUNKT

AUFGABE 6: LEERSTELLEN UND SCHMELZEN

- a) Wie groß ist die typische Leerstellenkonzentration eines Metalls am Schmelzpunkt? 1 PUNKT

- b) Die Leerstellenkonzentration eines Metalls ist gegeben durch $c_L = e^{-\frac{G_V}{k_B T}} = e^{\frac{S_V}{k_B}} e^{-\frac{H_V}{k_B T}}$. Verwenden Sie Ihre Antwort aus a), um aus dem Schmelzpunkt $T_m = 1772^\circ\text{C}$ von Platin dessen freie Vakanzbildungsenthalpie abzuschätzen. 2 PUNKTE

Hinweis: $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 8.63 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$

AUFGABE 7: DEFECT-GLEICHGEWICHTE

Eisenoxid FeO werde in einer Atmosphäre aus atomarem Eisendampf geheizt. Dadurch entstehen interstitielle Defekte im FeO, die zu einer nicht-stöchiometrischen Zusammensetzung des Eisenoxids Fe_{1+x}O führen.

- a) Formulieren Sie die zugehörige Defektreaktion in Kröger-Vink-Notation und das Massenwirkungsgesetz (MWG) unter der Annahme, dass die zusätzlichen Eisenatome (i) zweifach positiv geladen, (ii) dreifach positiv geladen sind. 2 PUNKTE
- b) Verwenden Sie die Ladungsneutralität, um die Konzentration der interstitiellen Atome aus den MWGs zu eliminieren und drücken Sie die Konzentration der freigewordenen Elektronen als Funktion des Drucks des Eisendampfs aus. 2 PUNKTE

AUFGABE 8: ENTROPIE

Was ist Entropie?

2 PUNKTE

AUFGABE 9: DEHNUNGSTENSOR

Schreiben Sie den Dehnungstensor ε in seinen Komponenten ε_{ij} hin und erläutern Sie in Worten, was hinter den einzelnen Komponentengruppen $i = j$ und $i \neq j$ steckt. Der Dehnungstensor ist über sogenannte Moduln mit der Spannung verbunden. Welche Elemente dieser Moduln sind typischerweise die größeren und welche die kleineren und warum? 4 PUNKTE

AUFGABE 10: DEHNUNG UND SPANNUNG

Kann es sein, dass $\varepsilon_{xx} = 0$ und $\sigma_{xx} \neq 0$? Erläutern Sie ihre Antwort mittels einer kleinen Skizze!

3 PUNKTE

AUFGABE 11: HOOKE'SCHES GESETZ; VOIGT-NOTATION

In einem isotropen Material liege die Verformung

$$x' = x + \delta y$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

vor, wobei δ eine Konstante sei. Berechnen Sie mittels $\epsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ den Dehnungstensor $[\epsilon_{ij}]$ aus $u_i = x'_i - x_i$. In Voigt-Notation schreibt man $\sigma_\alpha = c_{\alpha\beta} \epsilon_\beta$, wobei

$$\begin{pmatrix} \sigma_\alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_{11}, & \sigma_{22}, & \sigma_{33}, & \sigma_{23}, & \sigma_{13}, & \sigma_{12} \end{pmatrix}^T$$

$$\begin{pmatrix} \epsilon_\alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_{11}, & \epsilon_{22}, & \epsilon_{33}, & 2\epsilon_{23}, & 2\epsilon_{13}, & 2\epsilon_{12} \end{pmatrix}^T$$

und in isotropen Materialien gilt

$$[c_{\alpha\beta}] = \begin{pmatrix} \lambda + 2\mu & \lambda & \lambda & & & \\ \lambda & \lambda + 2\mu & \lambda & & & \\ \lambda & \lambda & \lambda + 2\mu & & & \\ & & & \mu & & \\ & & & & \mu & \\ & & & & & \mu \end{pmatrix},$$

alle anderen Einträgen sind Null. Geben Sie diejenigen Komponente(n) des Spannungstensors $[\sigma_{ij}]$ an, die nicht Null sind. 3 PUNKTE

AUFGABE 12: POISSON'SCHE QUERZAHL

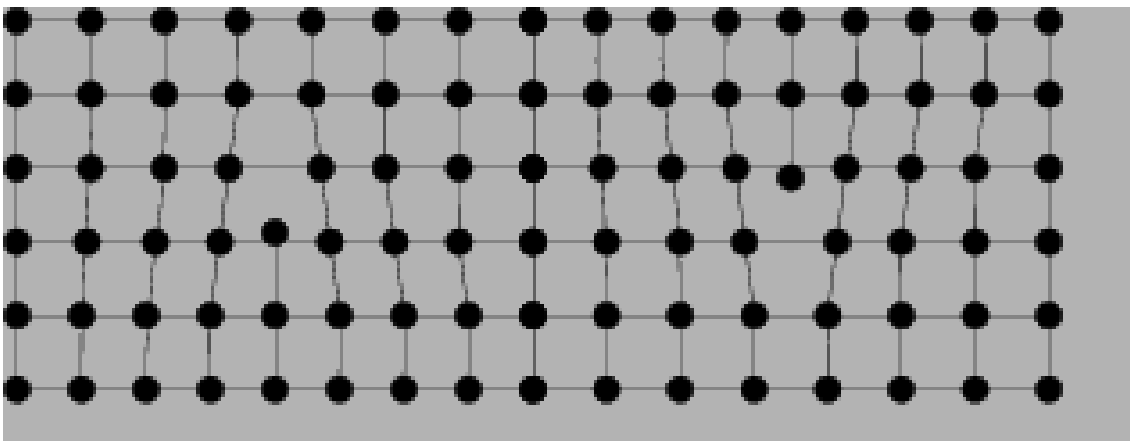
Erläutern Sie die Bedeutung der Poissonschen Querszahl ν in Worten! Was hat diese mit dem Volumen einer komprimierten oder gezogenen Probe zu tun? Wie groß ist ν meistens? Kann der Fall $\nu < 0$ eintreten? 4 PUNKTE

AUFGABE 13: SPANNUNGS-DEHNUNGS-KURVE

Zeichnen Sie eine typische technische Spannungs-Dehnungs-Kurve und erläutern Sie ihre verschiedenen Abschnitte. 4 PUNKTE

AUFGABE 14: BURGERSUMLÄUFE

Das folgende Bild zeige einen Schnitt durch einen Kristall. Zeichnen Sie die Burgersummläufe um jede einzelne Stufenversetzung und kennzeichnen Sie den jeweiligen Burgersvektor. Wiederholen Sie die Prozedur für einen Burgersummlauf um alle Defekte. Stoßen sich die Defekte ab, ziehen Sie sich an oder weder noch? Begründen Sie! 3 PUNKTE



AUFGABE 15: STUFEN- UND SCHRAUBENVERSETZUNGEN

- a) Welche Versetzung hat bei gleichem Betrag des Burgersvektors, des Radius des Versetzungskerns und des Radius ihres Randes typischerweise mehr Energie: Die Stufen- oder die Schraubenversetzung? 1 PUNKT

- b) Was gilt für die Richtungen des Burgersvektors für eine Stufenversetzung, was für eine Schraubenversetzung? 1 PUNKT
- c) In welche Richtung bewegt sich eine Stufenversetzung typischerweise, in welche eine Schraubenversetzung? 2 PUNKTE

AUFGABE 16: PEACH-KÖHLER

Das Spannungsfeld einer Stufenversetzung sei durch $\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & 0 \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{zz} \end{pmatrix}$ gegeben. Berechnen

Sie die Kraft (pro Länge) auf eine Schraubenversetzung, deren Versetzungslinie parallel zum Burgersvektor der Stufenversetzung liegt. Überlegen Sie sich dazu zunächst, in welche Richtung der Linienvektor der Stufenversetzung läuft und in welche Richtungen daher der dazugehörige Burgersvektor zeigen kann. Wählen Sie eine zulässige Richtung für den Burgersvektor der Stufenversetzung aus und bestimmen Sie dann die Kraft (pro Länge) auf die Schraubenversetzung. 4 PUNKTE