

Übungsaufgaben zur Vorlesung Funktionsmaterialien

- 1) Nennen Sie die vier Bindungsarten in Festkörpern mit je einem Beispiel!
- 2) Definieren Sie die Begriffe Phase und Polymorphie!
- 3) Wodurch unterscheiden sich Real- von Idealkristallen?
- 4) Was versteht man unter einem Phasenübergang 1. bzw. 2. Ordnung?
- 5) Was versteht man unter Mischkristallbildung? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit zwei Elemente oder Festkörperverbindungen eine lückenlose Mischkristallreihe bilden? Wie sieht dann das Phasendiagramm aus?
- 6) Grenzen Sie die Begriffe Einlagerungs- und Substitutionsmischkristall voneinander ab!
- 7) Listen Sie die Gitterfehler nach ihrer geometrischen Erscheinungsform auf und nennen Sie jeweils ein Beispiel!
- 8) Geben Sie für drei verschiedene Gitterfehler an Hand eines Beispiels den Einfluss auf die Materialeigenschaften an!
- 9) Eine Probe dotiertes Silicium, die für die Fabrikation von Halbleitern verwendet wird, enthält ca. 10^{21} Al-Atome pro m^3 . Welchen Massenanteil besitzt Aluminium in dieser Si-Probe?
- 10) Ein Festkörper hat eine Bandlücke von 3.0 eV. Welche Farbe erwarten Sie für dieses Material?
- 11) Sie sollen ein rotes Pigment auf der Basis eines undotierten Festkörpers herstellen. Welche Bandlücke muss die Substanz in etwa haben?
- 12) In welchem Bereich ist das Hook'sche Gesetz gültig?
- 13) Erklären Sie, warum die Defektdichte in einem Material mit steigender Temperatur zunimmt!
- 14) Was versteht man unter einem Farbzentrum? Mit welchen physikalischen Methoden kann man diese Defekte charakterisieren?
- 15) Das Mineral Grossular mit der Formel $Ca_3Al_2[Si_3O_{12}]$ hat Granatstruktur. Wie kann man daraus die Zusammensetzung des Yttrium-Aluminium-Granats (YAG) und des Yttrium-Eisen-Granats (YIG) ableiten?
- 16) Was versteht man unter festen Lösungen (solid solutions)? Geben Sie zwei technisch bedeutsame Beispiele an!
- 17) Nennen Sie je zwei Beispiele für magnetische, optische, und supraleitende Materialien!

- 18) Erklären Sie die Begriffe Isotropie und Anisotropie!
- 19) Welche Härteprüfungsmethoden kennen Sie? Für welche Materialklassen werden diese jeweils angewendet?
- 20) 50 g Nb werden um 75°C erwärmt. Bestimmen Sie aus der Molwärme die spezifische Wärme und die zugeführte Wärmemenge!
- 21) Berechnen Sie die Wärmemenge in Joule, die erforderlich ist, um je 1 kg der folgenden Substanzen um 50 K zu erwärmen:
- Blei
 - Nickel
 - Si₃N₄
 - Nylon-6,6
- 22) Die Oberfläche des Zürichsees beträgt: $A = 67.2 \text{ km}^2$. Das Volumen des Zürichsees ist $V = 3305 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Raumausdehnungskoeffizient von H₂O: $\gamma = 207 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$).
- Um wieviel steigt der Wasserspiegel des Zürichsees bei einer Temperaturerhöhung von 5 °C (Annahme: die Oberfläche des Sees vergrößert sich nicht durch das Ansteigen des Wasserspiegels)?
 - Warum wird ein solcher Anstieg des Wasserspiegels während des Sommers nicht festgestellt?
- 23) Angenommen, die Deutsche Bundesbahn hätte beim Ausbau der 290 km langen ICE-Strecke zwischen Berlin und Hamburg einen zusammenhängenden Strang Stahl für die Gleise verwendet. Um welche Länge würde sich das Gleis zwischen dem kältesten Wintertag (-20 °C) und dem wärmsten Sommertag (34 °C) ausdehnen? Der lineare Ausdehnungskoeffizient von Stahl ist $\alpha_{\text{Stahl}} = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.
- 24) Nennen Sie typische Merkmale eines Halbleiters sowie einige Halbleitermaterialien!
- 25) Was versteht man unter einem intrinsischen und einem dotierten Halbleiter?
- 26) Welche Verfahren werden zur Dotierung von Halbleitern verwendet? Beschreiben Sie ein Verfahren!
- 27) Wie unterscheiden sich Metalle, Halbleiter und Isolatoren im Bändermodell? Skizzieren Sie verschiedenen Bänderanordnungen. Welche Aussagen lassen sich über den Aufenthaltsort der Elektronen treffen?
- 28) Wie hängt die intrinsische Ladungsträgerkonzentration n_i von der Temperatur und der Bandlücke ab?
- 29) Skizzieren Sie die Ladungsträgerkonzentration n eines dotierten Halbleiters als Funktion der Temperatur in einer Arrhenius-Auftragung, d.h. $\ln(n)$ über $1/T$!
- 30) Berechnen Sie den kovalenten Anteil für folgende ionische Verbindungen!
- AlF₃
 - Al₂O₃
 - AlN

d) GaN

31) Definieren Sie folgende Begriffe!

- a) Eigenhalbleiter
- b) Störstellenhalbleiter
- c) Defekthalbleiter

32) Wodurch wird in folgenden Bauelementen die Leitfähigkeit des Halbleitermaterials beeinflusst?

- a) Solarzelle
- b) Thermistoren
- c) Feldeffekttransistor
- d) Photowiderstand

33) In den pyritischen Sulfiden der Übergangsmetalle MS_2 besetzen die M^{2+} Ionen Oktaederlücken. Bei der Bildung des d-Bandes entstehen zwei Teilbänder. Leiten Sie aus den unten aufgeführten Eigenschaften der verschiedenen Sulfide ab,

- a) ob die d-Elektronen lokalisiert oder delokalisiert sind
- b) in welchem Band sich die Elektronen bewegen, falls sie delokalisiert sind und
- c) für die Halbleiter, zwischen welchen Bändern sich die Bandlücke befindet

MnS_2 : antiferromagnetisch ($T_N = 78$ K), Isolator, oberhalb T_N Paramagnetismus von fünf ungepaarten Elektronen

FeS_2 : diamagnetisch, Halbleiter

CoS_2 : ferromagnetisch ($T_C = 115$ K), metallischer Leiter

34) Schätzen Sie für Ge die Anzahl der freien Ladungsträger bei Raumtemperatur ab ($\sigma = 0.02 \Omega^{-1}cm^{-1}$, $\mu_e = 3800 cm^2/V \cdot s$, $\mu_h = 1820 cm^2/V \cdot s$, $q = 1.602 \cdot 10^{-19} As$)! Ge kristallisiert in der kubischen Diamantstruktur mit $a = 5.6575 \cdot 10^{-8} cm$ und $Z = 8$ (Atome/Elementarzelle). Wie groß ist der Anteil angeregter Elektronen im Valenzband?

35) Berechnen Sie die erforderliche Ladungsträgerzahl, um p-leitendes Si mit einer Leitfähigkeit von $100 \Omega^{-1}cm^{-1}$ zu erhalten!

36) Auf welche Temperatur muss man Kobalt abkühlen, damit seine elektrische Leitfähigkeit doppelt so groß wird wie bei Raumtemperatur?

37) Wie kann man feststellen, ob es sich bei einer Substanz um ein Metall oder um einen Halbleiter handelt?

38) Berechnen Sie die elektrische Leitfähigkeit von Nickel bei -50 und 500 °C!

39) Was bewirken p-Dotierungen und n-Dotierungen in einem Halbleiter? Welche Ionen können als Dotierung für Si benutzt werden?

40) Der Wirkungsgrad einer Silicium-Solarzelle nimmt mit steigender Temperatur ab.

- a) Wie könnte man das erklären?
- b) Sollte man bei einer "Solarzellen-Farm" in der Sahara möglichst dicke oder möglichst dünne Solarzellen verwenden, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erzielen?

- 41) Nennen Sie fünf Verbindungshalbleiter und ordnen Sie diese nach steigender Bandlücke! Wie ändert sich die Farbe der Verbindungen mit steigender Bandlücke?
- 42) Nennen Sie je zwei Defekthalbleiter mit p- und mit n-Leitung!
- 43) La_2CuO_4 wird supraleitend, sobald der mittlere Oxidationszustand des Kupfers bei +2.2 liegt. Wieviel Sr^{2+} oder Ba^{2+} muss man demnach mindestens einbauen? Wie lautet dann die Summenformel?
- 44) Erläutern Sie, warum gute elektrische Leiter auch bei tiefsten Temperaturen nicht in den supraleitenden Zustand übergehen!
- 45) Die Verbindung $\text{Y}_2\text{Br}_2\text{C}_2$ ist zweidimensional metallisch leitend und ein Supraleiter mit einer Sprungtemperatur von etwa 5 K.
- a) Erklären Sie die metallischen Eigenschaften mit Hilfe eines einfachen MO-Diagramms!
- b) Welche Bindungsordnung liegt in der C_2 -Einheit vor?
- c) Auf welche strukturelle Besonderheit kann man aufgrund der oben genannten Eigenschaften schließen?
- 46) Erläutern Sie den Begriff der Cooper-Paare!
- 47) Was versteht man unter Fermionen bzw. Bosonen? Nennen Sie je zwei Beispiele!
- 48) Durch welche Eigenschaft zeichnen sich Strukturtypen aus, die in dielektrischen Materialien Anwendung finden?
- 49) Berechnen Sie die Polarisierung von Kupferatomen, wenn durch ein elektrisches Feld die Elektronen der Cu-Atome um 0.1 nm relativ zum Atomkern verschoben sind!
- 50) Wie lässt sich ein Kondensator mit einer Kapazität von z. B. 1 μF möglichst platzsparend herstellen?
- 51) Welche Arten von Kondensatoren kennen Sie?
- 52) Nennen Sie zwei chemische Verbindungen, welche eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweisen! Begründung angeben!
- 53) In Ferroelektrika mit Wasserstoffbrückenbindungen ändern sich die Curie-Temperaturen und die Dielektrizitätskonstanten, wenn Wasserstoff durch Deuterium ersetzt wird. Welchen Schluss kann man daraus auf die Ursache für das elektrische Verhalten dieser Verbindungen ziehen?
- 54) Wie groß müssen die Platten eines Plattenkondensators mit einer Kapazität von 0.0252 μF sein, wenn dieser nur aus zwei Platten und einer 0.000254 cm dicken Glimmerschicht ($\epsilon_r = 7$) als Dielektrikum besteht? Durch welche Maßnahmen lässt sich die Plattengröße effektiv reduzieren?
- 55) Welche Arten von Magnetismus können bei Atomen, Molekülen bzw. bei ionischen Festkörpern vorkommen?

56) Nennen Sie jeweils drei diamagnetische und paramagnetische zweiatomige Moleküle! Begründen Sie Ihre Auswahl!

57) Wie lässt sich feststellen, ob eine Substanz dia- oder paramagnetisch ist?

58) Berechnen Sie mit Hilfe der "spin-only-Formel" die theoretischen magnetischen Momente (μ_{mag} in $[\mu_B]$) für den oktaedrischen high-spin-Komplex $[\text{Fe}(\text{ox})_3]^{3-}$ {Trioxalatoferrat(III)} und die low-spin Komplexe $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ {Hexacyanoferrat(III)} und $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ {Hexacyanoferrat(II)}!

59) Der Nickelkomplex $[\text{Ni}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2]$ ist paramagnetisch, während der analoge Palladiumkomplex diamagnetisch ist. Schlagen Sie auf der Basis der Elektronenkonfiguration eine Erklärung für diesen Befund vor!

60) ZnFe_2O_4 ist bei tiefen Temperaturen ein inverser Spinell. Welchen Typ von Magnetismus muss man in diesem Zustand bei diesem Ferrit erwarten?

61) Skizzieren Sie den Verlauf der magnetischen Suszeptibilität als Funktion der Temperatur für folgende magnetische Materialien!

- a) Diamagnetika
- b) Paramagnetika
- c) Antiferromagnetika
- d) Ferromagnetika

62) Bei welchen organischen Molekülen erwarten Sie Paramagnetismus?

63) Bestimmen Sie die Sättigungsmagnetisierung und das daraus resultierende magnetische Feld für Eisen unter der Annahme das jedes Eisenatom ein magnetisches Moment von 1 Bohrschen Magneton ($1 \mu_B$) besitzt (Dichte = 7900 kg/m^3)!

64) Das magnetische Moment der Komplexe $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $[\text{MnCl}_4]^{2-}$ und $[\text{FeCl}_4]^{2-}$ ist jeweils $5.92 \mu_B$. Was sagt Ihnen das über die geometrische und elektronische Struktur der Komplexe?

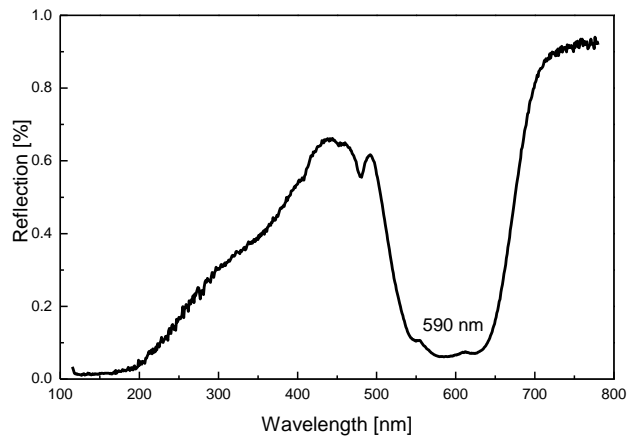
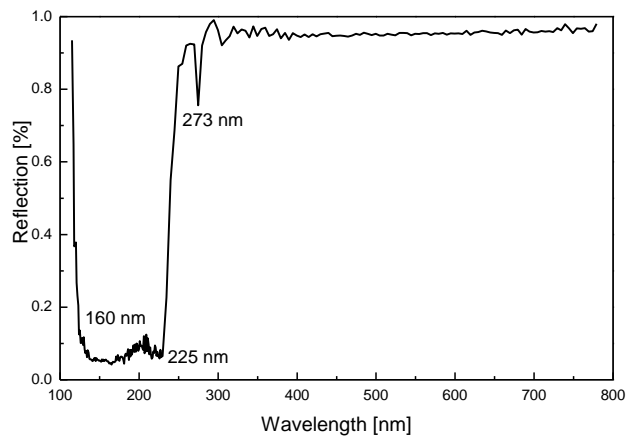
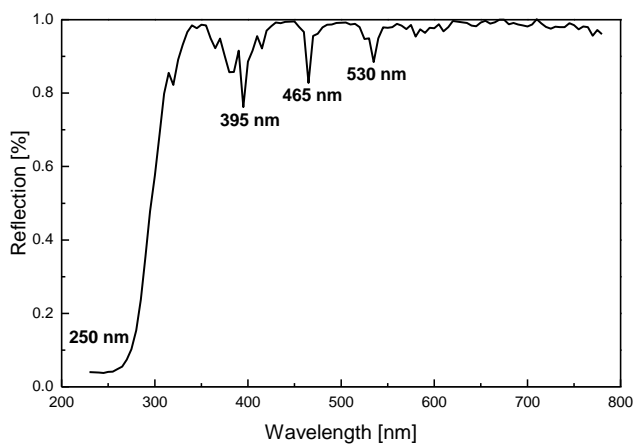
65) Das magnetische Moment von CrCl_3 ist $3.81 \mu_B$. Wieviele ungepaarte Elektronen hat diese Verbindung?

66) Erläutern Sie wie ferrimagnetisches Verhalten zustande kommt! Bei welchen Verbindungen erwarten Sie demnach Ferrimagnetismus?

67) Welche Art von Magnetismus erwarten Sie für zweikernige, μ_2 -oxoverbrückte Mn^{2+} -Komplexe?

68) Der Granat $\text{Sm}_{0.4}\text{Y}_{2.6}\text{Ga}_{1.2}\text{Fe}_{3.8}\text{O}_{12}$ wird als Speichermaterial in magnetischen Blasenspeichern verwendet. Erläutern Sie an Hand der Ausrichtung der Spinvektoren für die verschiedenen Ionen die Entstehung des ferrimagnetischen Verhaltens!

69) Ordnen Sie die Absorptionsbanden in den folgenden Reflexionsspektren elektronischen Übergängen zu!

a) CoAl_2O_4 b) Gd_2O_3 c) Eu_2O_3 

70) Erläutern Sie die Ursache der Farbigkeit einer blauen Kupfer(II)-sulfat-Lösung!

71) Erklären Sie die folgenden Beobachtungen:

- a) Komplexe, die charge-transfer Banden im sichtbaren Bereich aufweisen, zersetzen sich im Sonnenlicht.
- b) Komplexe, die zwei Metalle unterschiedlicher Oxidationsstufe in nächster Nachbarschaft enthalten, sind häufig tief gefärbt.
- c) Komplexe des dreiwertigen Europiums sind meist farblos, allerdings mit starken π -Donor-Liganden (schwach) gelb gefärbt.

72) Worauf beruht der Nutzen des Kobaltglases bei der Beobachtung der charakteristischen Flammenfärbung von Kalium?

73) Berechnen Sie jeweils für Bleiglas ($n = 2.50$) und Quarz ($n = 1.55$) den Anteil spekulär reflektierter Strahlung für die Wellenlänge 589 nm bei senkrechtem Einfall!

74) Wie lässt sich Licht effizient abbremsen?

75) Ordnen Sie folgende weiße Substanzen nach ansteigender Bandlücke bzw. Brechungsindex! TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , Y_2O_3 , Lu_2O_3

76) Bestimmen Sie die kritischen Bandlücken für vollständige Transmission bzw. Absorption von sichtbarem Licht!

77) Schlagen Sie eine Oberflächenbeschichtung für die Konzeption eines für Radar unsichtbaren Flugzeugs vor!

78) Die Abklingzeit der Lumineszenz des roten PDP-Leuchtstoffes $(\text{Y,Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$ beträgt etwa $\tau_{1/e} = 3.5$ ms. Wie lange dauert es, bis die Intensität nach der Anregung auf 1% der Anfangsintensität abgeklungen ist? Welche relative Intensität hat ein roter Pixel im Off-Zustand bei einer Bildwiederholfrequenz von 100 Hz, wenn im vorhergehenden Bild das Pixel im On-Zustand war?

79) Durch welche technische Maßnahme lässt sich der Brechungsindex eines Glases beeinflussen?

80) Welche Maßnahmen kann man ergreifen, um die Lichtauskopplung aus einem lichterzeugenden Festkörper (LED, OLED) zu erhöhen?

81) Skizzieren Sie das Reflexionsspektrum im Bereich zwischen 300 und 800 nm für ein Material mit einer Bandlücke von 2.5 eV, wenn ansonsten keine weiteren Absorptionszentren vorhanden sind! Gehen Sie davon aus, dass die Bandlücke durch den Punkt der größten Änderung des Absorptionskoeffizienten definiert ist, also dem Wendepunkt!

82) Mit welchen Ionen würden Sie einen YAG-Kristall dotieren, um einen Festkörper-LASER mit einer Emission im UV-B, im roten, bzw. im infraroten Spektralbereich zu erhalten?

83) In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl extrasolarer Planeten entdeckt. Mit welchem opt. Messverfahren lässt sich ggf. feststellen, ob dort Leben existiert?

84) Welche morphologischen Voraussetzungen muss ein katalytisches Pigment erfüllen? In welcher Form werden diese Pigmente demnach eingesetzt?

85) Zeolithe sind geeignete Katalysatoren für die gestaltselektive Katalyse. Was versteht man in diesem Zusammenhang unter edukt- bzw. unter produktselektiver Katalyse? Geben Sie ein Beispiel an!

86) Welche Produkte erwarten Sie bei der Reaktion von Silicium mit Methylchlorid über einem Cu-Katalysator?

87) Das metastabile H_2O_2 ist in wässriger Lösung über Wochen stabil. In Gegenwart vieler Verunreinigungen zersetzt es sich aber stürmisch unter starkem Aufschäumen. Erläutern Sie die Reaktion für folgende katalytisch wirksame Substanzen

- a) Fe^{3+}
- b) MnO_2

88) Auch die Natur macht von der katalytischen Wirkung von $\text{Fe}^{2+/3+}$ zur Zersetzung von H_2O_2 in den Zellen Gebrauch. Erläutern Sie in diesem Zusammenhang die aktivierende Wirkung von Häm auf H_2O_2 !

89) Erläutern Sie das Prinzip der photokatalytischen Wasserreinigung in Gegenwart von TiO_2 an Hand einer einfachen Skizze und geeigneten Reaktionsgleichungen!

90) Warum werden viele metallische Katalysatorpigmente durch Schwefel vergiftet?

91) Welche Bedingungen sollten ein katalytisches Pigment erfüllen, das für Redoxreaktionen eingesetzt werden soll? Geben Sie ein Beispiel an!

92) Welche Reaktionen laufen im Autokatalysator ab? Warum erfordert eine optimale Abgasreinigung eine Regelung des Sauerstoffpartialdruckes (Lambda-Sonde)?

93) Erläutern Sie ein photokatalytisches Verfahren zur Wasserreinigung!

94) Durch welche Maßnahmen lässt sich die Aktivität eines katalytischen Pigments erhöhen?

95) Worauf beruht die reaktionserhöhende Wirkung der Mg-Cluster in den Grignard-Reagenzien?

96) Bei der klassischen Fotografie entsteht zunächst ein latentes Bild. Dieses enthält unsichtbar kleine nanopartikuläre Keime (Cluster) aus wenigen Ag-Atomen, die sich aus dem AgBr gebildet haben. Beim Entwicklungsprozess wachsen diese Keime durch Zugabe des Reduktionsmittels. Erläutern Sie den Reaktionsmechanismus des Keimwachstums während des Entwickelns.

97) Die Wellenzahl der Streckschwingung von Hydroxylgruppen, die in einem von Metallkationen befreiter Zeolith an ein Brönstedt-Zentrum gebunden sind, liegt im Bereich von $3600 - 3660 \text{ cm}^{-1}$. Wenn das Si/Al-Verhältnis steigt, nimmt die Frequenz ab. Welchen Schluss kann man daraus für die Acidität des Zeolithen ziehen?

98) Für welche Anwendungen wird TiO_2 verwendet? Welche Modifikation wird jeweils eingesetzt und warum?

99) Erläutern Sie an Hand einer einfachen Skizze den Elektronenfluss in einer Graetzelle!

100) Bei welchem biologischen Prozess wird H_2O gespalten und die erhaltenen Ladungen (H^+ und Elektronen) effizient getrennt?

101) Welche Arten von Keramiken kennen Sie?

102) Geben Sie jeweils zwei Beispiele für Substanzen an, die als Keramiken Verwendung finden!

- a) Binär, oxidisch
- b) Ternär, oxidisch
- c) Quaternär, oxidisch
- d) Binär, nitridisch

103) Welche Eigenschaften zeichnen Keramiken ganz allgemein aus?

104) Was versteht man unter β -Aluminiumoxid und welche Keramiken lassen sich daraus ableiten? Geben Sie zwei Beispiele für Anwendungen keramischer Materialien mit β -Aluminiumoxidstruktur an!

105) Unter welchen Voraussetzungen erhält man Keramiken mit guter Ionenleitfähigkeit?

106) Was versteht man unter einer Szintillatorkeramik? Geben Sie drei Materialklassen an, welche zu einer derartigen Keramik verarbeitet werden kann!

107) Warum werden bei Hochdrucklampen bevorzugt keramische Materialien anstelle von Glas für den Brenner eingesetzt?

108) Skizzieren Sie den Prozess zur Herstellung einer (transparenten) Keramik!

109) Viele störstellenbehaftete keramische Verbindungen verhalten sich wie Halbleiter. In Fe_{1-x}O (Wüstit) wird durch jede Fe-Leerstelle ein freier Ladungsträger erzeugt. Welche quantitative Zusammensetzung ist erforderlich, um eine Ladungsträgerkonzentration von $5.7 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ zu erhalten? Fe_{1-x}O kristallisiert in der kubischen NaCl-Struktur ($Z = 4$) mit x zwischen 0.0 und 0.17, wobei die Gitterkonstante 0.412 nm ist.

110) Undotiertes β -Aluminiumoxid zeigt die maximale Leitfähigkeit und minimale Aktivierungsenergie bei einem Natriumionenüberschuss von 20 – 30%. Mit zunehmendem Natriumgehalt nimmt die Leitfähigkeit wieder ab. Außerdem haben Kristalle von β -Aluminiumoxid, die mit Mg^{2+} -Ionen dotiert sind, eine bedeutend größere Leitfähigkeit als undotierte Kristalle. Erläutern Sie diese Befunde!

111) Woraus bestehen anorganische Gläser und wie lässt sich seine Struktur beschreiben?

112) Warum sind Gläser transparent bzw. nicht-lichtstreuend?

- 113) Durch Zusatz welcher Oxide oder Carbonate bei der Herstellung eines Silicatglases lassen sich folgende Effekte erreichen?
- Erniedrigung des Schmelzpunktes
 - Erhöhung des Brechungsindex
 - Erhöhung der Temperaturwechselfestigkeit
 - Erhöhung der Röntgenabsorption
 - Verringerung des Hg-Verbrauches in Fluoreszenzlampen?
- 114) Welche Eigenschaft muss ein Polymer aufweisen, damit es leicht in den Glaszustand überführt werden kann?
- 115) Erläutern Sie warum Kieselglasoberflächen sauer reagieren und wie sich der Säure-Base-Charakter durch Zusatz von Netzwerkwandlern verändert!
- 116) Wie lässt sich eine Wärmeschutzverglasung realisieren?
- 117) Stellen sie sich vor Sie müssen für die Glasdurchführung einer Ultra High Pressure (UHP)-Lampe (Wolfram-Draht durch einen Quarzglaskolben) ein Glaslot auswählen. Welche Materialklasse würden Sie bevorzugt untersuchen?
- 118) Welche Glassorte würden Sie für das Reaktionsgefäß auswählen, wenn Sie Photochemie mit einer Hg-Hochdrucklampe als Strahlungsquelle betreiben wollen?
- 119) Wie lässt sich durch Veränderung der Zusammensetzung die Absorptionskante eines Natron-Kalk-Glases blau verschieben?
- 120) Wie lassen sich Gläser mit hohen elektrischen Leitfähigkeiten erhalten?
- 121) Wodurch entsteht eine Trübung in Gläsern und wie lassen sich diese verhindern?
- 122) Im frühen 20. Jhdt. wurden leuchtende Gläser durch Zusatz von ZnS:Cu und radioaktiven Ionen erzeugt. Welche Ionen würden sich hier anbieten und wie kommt das permanente Leuchten der Gläser zustande?
- 123) Mit welchem Ion würden Sie das entsprechende Glas dotieren, um folgende Effekte zu erhalten?
- Bildschirme mit erhöhtem Kontrast
 - Halogenlampen ohne UV-Emission
 - Brillen mit Photochromie
- 124) Wie lässt sich nachweisen, dass eine Substanz amorph bzw. glasartig ist?
- 125) Erläutern Sie mit einer einfachen Reaktionsgleichung den Effekt von Na⁺ bzw. K⁺ auf den Erweichungspunktes eines Glases! Welchen Effekt würden Sie beim Zuschlag von B₂O₃ erwarten?