

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

Schriftliche Kernfachprüfung 24. Februar 2012

Passive Bauelemente

Der Beginn der Prüfung wird von der Prüfungsaufsicht bekannt gegeben. Wenn Sie vor dem offiziellen Beginn diese Seite umschlagen und die Aufgaben einsehen, wird dies als Täuschungsversuch gewertet. Füllen Sie folgenden Kasten vollständig aus.

Nachname	Vorname	Matrikelnummer
	Zutreffendes bitte ankreuzen <input type="checkbox"/> Erstprüfung <input type="checkbox"/> Wiederholungsprüfung	EDV-Nummer
Wiederholer/innen bitte ausfüllen		
Straße/Nummer	Postleitzahl/Ort	
Telefon	E-Mail	

Zur Prüfung zugelassene / mitzubringende Hilfsmittel

- Es sind keine Hilfsmittel außer den angegebenen erlaubt.
- Formelsammlung für PB SS 2011 (ohne handschriftliche Notizen)
- Zwei handschriftlich (einseitig) beschriebene DIN-A4-Seiten
- Taschenrechner und Schreibzeug (Lineal, Stifte etc., keine Bleistifte verwenden)

Hinweise zum Ablauf der Prüfung

- Halten Sie Ihren Studierendenausweis und Ihre Immatrikulationsbescheinigung bereit.
- Nach Prüfungsbeginn kontrollieren Sie bitte zuerst, ob das vorliegende Prüfungsheft vollständig ist.
- Die Prüfungsdauer beträgt 3 Zeitstunden.
- Jegliche Kommunikation ist während der Prüfung untersagt.
- Während der Prüfung werden Fragen zu Aufgaben oder Stoffgebiet nicht beantwortet.
- Beachten Sie Tafelanschriften und Folien, die zu Beginn oder während der Prüfung gezeigt werden.

Hinweise zum Bearbeiten der Aufgaben

- Die Prüfung besteht aus 30 Antwort-Wahl-Fragen (Teil 1) und 3 Rechenaufgaben (Teil 2). In den beiden Teilen sind jeweils 30 Punkte erreichbar.
- Falls Ihnen die deutsche Sprache Schwierigkeiten bereitet, können Sie Begründungstexte alternativ in englischer Sprache formulieren.
- Wenn Sie den Unterpunkt einer Rechenaufgabe nicht gelöst haben, rechnen Sie mit den angegebenen Größen / Zahlenwerten weiter.
- Lösungen auf eigenen Blättern, unzureichend gekennzeichnete Lösungen und Lösungen auf Blättern ohne Angabe von Name, Matrikelnummer oder Aufgabennummer werden nicht gewertet.
- Für die Lösung ist der dafür vorgesehene Bereich unterhalb der jeweiligen Aufgabenstellung zu verwenden. Falls der vorhandene Platz nicht ausreichen sollte, verwenden Sie das hinten beigefügte Zusatzblatt. Bei Bedarf werden von der Prüfungsaufsicht weitere Blätter ausgegeben. Für jede Aufgabe muss eine separate Zusatzseite verwendet werden. Sind auf einer Seite Teile mehrerer Aufgaben gelöst worden, wird entsprechend der Aufgabennummer in der Kopfzeile gewertet.
- Die Ergebnisse und Begründungen sind in die dafür vorgesehenen Bereiche, Felder oder Diagramme zu schreiben bzw. anzukreuzen. Beschriften Sie keinesfalls die grau hinterlegten Korrekturfelder.

Viel Erfolg!

Teil 1: Antwort-Wahl-Fragen (30 Punkte)

Bei den folgenden Antwort-Wahl-Fragen können jeweils eine oder mehrere Antworten richtig sein. Es wird je Frage 1 Punkt vergeben, wenn genau alle richtigen Antworten und keine falschen Antworten angekreuzt sind. Teilpunkte werden nicht vergeben.

1. Wie viele Energiezustände kann ein Elektron in einem Helium-Atom besetzen?
 - 2
 - 4
 - >8

2. Der Verlustfaktor $\tan(\delta)$ eines realen Kondensators ist
 - ein Maß für die Abweichung des Kondensators vom rein kapazitiven Verhalten.
 - linear von der Frequenz abhängig.
 - frequenzunabhängig.

3. Der Seebeck-Effekt
 - beschreibt die Potentialdifferenz, die sich bei einem Temperaturgradienten in einem metallischen Leiter aufbaut.
 - beruht auf dem Auftreten eines Elektronen-Diffusionsstroms vom kalten zum warmen Ende eines metallischen Leiters.
 - besagt, dass sich das wärmere Ende eines metallischen Leiters positiv gegenüber dem kälteren Ende auflädt.
 - tritt auf, wenn zwei Metalle mit unterschiedlichen Austrittsarbeiten in Kontakt kommen.

4. Das Bohrsche Atommodell
 - beruht auf der Quantenmechanik.
 - beruht auf den Gesetzen der klassischen Physik.
 - weist ohne die Postulate Widersprüche auf.
 - verteilt Energie und Impuls kontinuierlich im Raum.

5. Ein Einschichtkondensator mit ferroelektrischem Dielektrikum wird bei einer Temperatur $T < T_C$ aufgeladen und von der Spannungsquelle getrennt. Beim Erwärmen des Kondensators auf $T \gg T_C$
 - steigt die Spannung an.
 - bleibt die Spannung gleich.
 - sinkt die Spannung ab.

6. Quantenmechanisches Atommodell:
 - Im QM-Modell ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen im Atomkern gleich Null.
 - Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons im QM-Modell steigt mit wachsendem Abstand vom Atomkern bis auf 1.
 - Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons im QM-Modell ist bei einem optimalen Abstand gleich 1.

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

7. Welche Aussagen zur Polarisierung sind richtig?

- Die elektronische Polarisierung bei Gasen nimmt mit dem Atomradius ab.
- Die Ionenpolarisierung kann durch eine Serienresonanz modelliert werden.
- Die Orientierungspolarisierung kann bis in den THz-Bereich genutzt werden.

8. Piezoelektrische Werkstoffe

- werden bei Temperaturen $T < T_C$ als elektromechanische Wandler eingesetzt.
- Die piezoelektrische Polarisierung tritt nur bei Kristallen auf, die ein Symmetriezentrum besitzen.
- Pyroelektrika sind auch piezoelektrisch.

9. Warum bildet Helium kein „He₂-Molekül“?

- Der Atomradius von Helium ist zu groß.
- Die sich ausbildenden Molekülorbitale hätten in der Summe keine geringere potentielle Energie als die Einzelatome.
- Die Heliumatome bilden keine gemeinsame Elektronenschale, da die Einzelatome bereits über eine gefüllte Schale verfügen. (Edelgaskonfiguration)

10. Die Besetzungsregel für Atomorbitale besagen

- In einem Atom dürfen die Elektronenzustände nicht in allen vier Quantenzahlen übereinstimmen.
- Ein Atomorbital muss immer erst vollständig gefüllt sein bevor das nächste Elektron aufnehmen kann.
- Die Atomorbitale werden zuerst von einzelnen Elektronen besetzt.
- Die Elektronen besetzen zuerst Atomorbitale mit niedrigerer Hauptquantenzahl n .

11. Ursachen von Verlusten in technischen Kondensatoren können sein:

- die Relaxation der Orientierungspolarisierung.
- eine elektronische Leitfähigkeit im Dielektrikum.
- die Resonanz der Ionenpolarisierung.

12. Der Anstieg der Schottky-Defekt-Konzentration

- hat eine Volumenvergrößerung des Körpers zur Folge.
- führt zu einer Verringerung der Dichte des Materials.
- ist proportional zur absoluten Temperatur.

13. Die Hysteresekurve in einem Ferromagneten

- kann nie wieder zum Verschwinden gebracht werden.
- hat für alle magnetischen Werkstoffe stets dieselbe Form.
- spiegelt in gewissen Bereichen das Domänenwachstum wider.
- spiegelt in gewissen Bereichen Drehprozesse der magnetischen Momente wider.

14. Im halbleitenden Metalloxid TiO_{2+δ}

- ist $\delta > 0$, wenn das Material sich in einer sauerstoffarmen Gasumgebung befindet.
- ist $\delta < 0$, wenn das Material sich in einer sauerstoffarmen Gasumgebung befindet.
- ändert sich die Leitfähigkeit in Abhängigkeit vom äußeren Sauerstoffpartialdruck p_{O_2} .

15. Die U/I-Kennlinie eines Heißleiters (NTC)

- hat für geringe Stromstärken einen annähernd linearen Verlauf.
- ist im Bereich der Eigenerwärmung nichtlinear.
- ist unabhängig vom Medium, in welchem sich der NTC befindet.
- ist dadurch beschreibbar, dass zu jedem Spannungswert U genau ein (eindeutiger) Stromstärkenwert I gehört.

16. Die Kontaktspannung zwischen zwei Metallen

- stellt sich aufgrund der Differenz der Austrittsarbeiten ein.
- kann mit einem Voltmeter gemessen werden.
- stellt sich nur bei einer Temperaturdifferenz zwischen Metall 1 und Metall 2 ein.
- wird durch das unterschiedliche chemische Potential der Elektronen in den beiden Metallen hervorgerufen.

17. Für digitale magnetische Speicher

- werden bevorzugt weichmagnetische Materialien verwendet.
- können hartmagnetische Materialien verwendet werden.
- sind Materialien mit rechteckiger Hysteresekurve ideal.
- sind Materialien mit geringer Hystereseverlustleistung empfehlenswert.

18. Kovalente Bindungen

- werden nur zwischen Elementen, die im Periodensystem sehr weit voneinander entfernt stehen, eingegangen.
- können nicht zwischen Elementen, die im Periodensystem in derselben Gruppe (Spalte) stehen, eingegangen werden.
- zwischen zwei Atomen desselben Elements weisen keinen ionischen Bindungsanteil auf.
- habe in der Regel eine höhere elektrische Leitfähigkeit als metallische Bindungen zur Folge.

19. Domänen

- können sich in antiferromagnetischen Materialien bilden.
- können sich nur in Ferromagneten bilden.
- sind untereinander durch Bloch-Wände getrennt.
- sind Bereiche gleichgerichteter Magnetisierung.

20. Thermische Ausdehnung von Festkörpern:

- Mit steigender Temperatur T nimmt das Gitter Schwingungsenergie auf.
- Mit steigender Temperatur T werden die Gitterkonstanten in alle Raumrichtungen kleiner.
- Aufgrund der Symmetrie in der potentiellen Energie verändert sich die Gleichgewichtslage, um die die Atome schwingen.
- Aufgrund der Asymmetrie in der potentiellen Energie verändert sich die Gleichgewichtslage, um die die Atome schwingen.

21. Bei der ionischen Hopping-Leitung im Kristall

- ist die Ionenbeweglichkeit direkt proportional der Diffusionskonstante.
- nimmt die Diffusionskonstante mit steigender Temperatur ab.
- kann durch gezielte Dotierung des Kristallgitters die Leitfähigkeit verändert werden.
- ist eine Voraussetzung, dass der Kristall keine elektronische Leitfähigkeit aufweist.

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

22. Sowohl auf Ferromagnetika als auch auf Ferroelektrika trifft zu:

- Sie enthalten Eisen.
- Oberhalb der Curietemperatur verschwinden ihre ferromagnetischen bzw. ferroelektrischen Eigenschaften.
- Sie weisen ein Hystereseverhalten auf.
- Sie besitzen permanente magnetische bzw. elektrische Dipole.

23. Ionenkristalle

- sind immer Isolatoren, da alle Ladungsträger an die Ionen gebunden sind.
- sind ausschließlich Metalloxide.
- werden nur zwischen Elementen der 1. und 17. Gruppe gebildet.
- bestehen aus positiv geladenen Kationen und negativ geladenen Anionen.

24. Edelgase (z.B. Argon)

- sind bei Raumtemperatur ferrimagnetisch.
- sind unterhalb einer bestimmten Temperatur ferromagnetisch.
- zeigen rein diamagnetisches Verhalten.
- bilden in einem äußeren Magnetfeld atomare magnetische Momente entgegen der äußeren Feldrichtung aus.

25. In einem dotierten Halbleiterwerkstoff

- steigt die elektrische Leitfähigkeit kontinuierlich mit steigender Temperatur.
- sinkt die Ladungsträgerbeweglichkeit mit steigender Temperatur.
- steigt die Ladungsträgerkonzentration kontinuierlich mit steigender Temperatur.
- sind bei $T = 0 \text{ K}$ immer Elektronen im Leitungsband.

26. Werden ins Kristallgitter von reinem Silber Fremdatome eingebaut,

- so sinkt die elektrische Leitfähigkeit stärker ab, wenn Antimon verwendet wird, als wenn Cadmium zum Einsatz kommt.
- so nimmt der elektrische Widerstand zu, je mehr Fremdatome eingebaut werden.
- so kann der elektrische Widerstand für $T = 0 \text{ K}$ zum Verschwinden gebracht werden.

27. Diamagnetismus

- tritt in allen Werkstoffen auf.
- tritt nur in supraleitenden Materialien auf.
- kann nicht in ferromagnetischen Werkstoffen auftreten.
- ist an die Existenz von Leitungselektronen gebunden.

28. Die elektrische Leitfähigkeit

- von allen Metallen steigt über einen weiten Temperaturbereich mit zunehmender Temperatur.
- von allen Isolatoren ist über einen weiten Temperaturbereich konstant.
- von allen undotierten Halbleitern steigt über einen weiten Temperaturbereich mit zunehmender Temperatur.

29. Der Varistoreffekt

- ist ein Effekt aufgrund von Akzeptorzuständen an den Korngrenzen.
- wird durch Nennansprechstrom und -spannung sowie den Nichtlinearitätskoeffizienten charakterisiert.
- besitzt eine Ansprechzeit im Sekundenbereich.

30. Heißeiter (NTC) können eingesetzt werden:

- zur Temperaturmessung
- zur Spannungsstabilisierung
- als selbstregelndes Heizelement

Punkte AWF

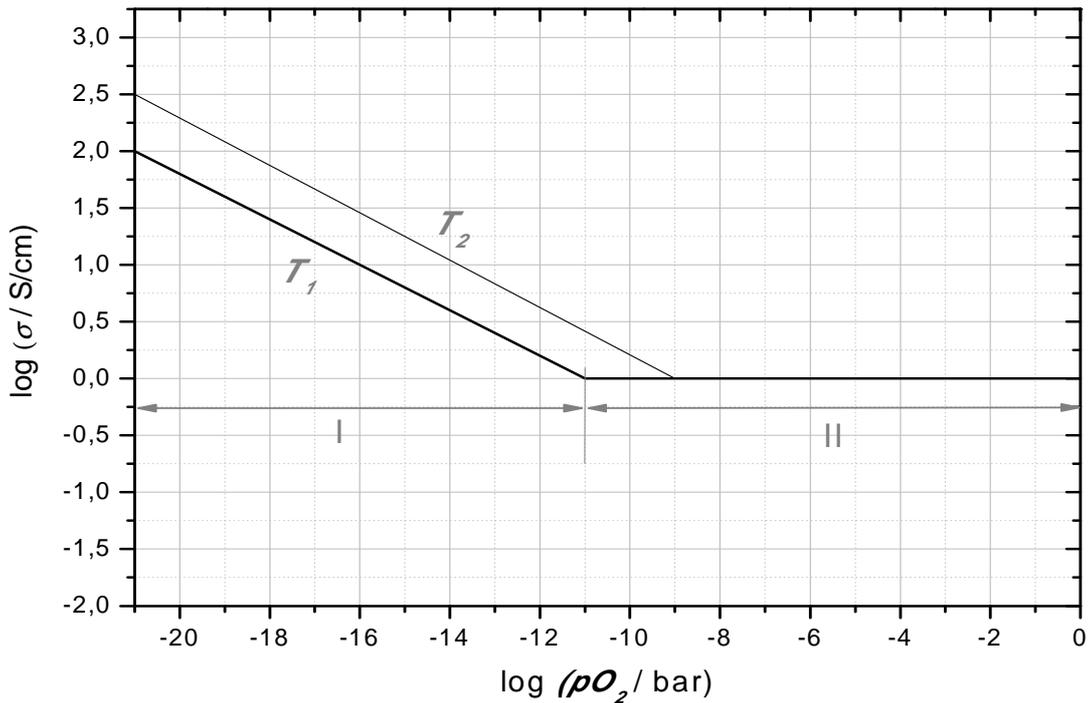
Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

Teil 2: Rechenaufgaben (30 Punkte)

Rechenaufgabe A1: Defektchemie

Gegeben sei die elektronische Leitfähigkeit σ von lanthandotiertem Strontiumtitanat ($\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$) als Funktion des Sauerstoffpartialdrucks $p\text{O}_2$ der umgebenden Gasatmosphäre für zwei Temperaturen $T_1=1000\text{ K}$ und $T_2=1200\text{ K}$.

Hinweis: Die Beweglichkeit der elektronischen Ladungsträger darf als konstant bzgl. $p\text{O}_2$ und T angenommen werden. Es gilt: $\mu_p = \mu_n = 1\text{ cm}^2/\text{Vs}$.



a) Geben Sie die vollständige Elektroneutralitätsbeziehung (ENB) an. Zu berücksichtigen sind die elektronischen Ladungsträger e und h , die Dotierung $\text{La}_{\text{Sr}}^{\bullet}$ und die Sauerstoffleerstellen $\text{V}_\text{O}^{\bullet\bullet}$. Alle Defekte sollen vollständig ionisiert sein. **(1 Punkt)**

Lösung:	Punkte A1.a
---------	-------------

b) Die Elektroneutralitätsbedingung (ENB) für die geladenen Defektkonzentrationen $p, n, [V_O^{\bullet\bullet}], [La_{Sr}^{\bullet}]$ mit $n \gg p$ kann für die Partialdruckbereiche I bzw. II vereinfacht werden. Geben Sie für die beiden in der Grafik gekennzeichneten Bereiche jeweils die vereinfachte ENB an. Berücksichtigen Sie jeweils nur zwei Defektkonzentrationen pro ENB und begründen Sie kurz den charakteristischen Kennlinienverlauf. (2 Punkte)

Bereich:	I	II
Vereinfachte ENB:		
Kurze Begründung		

Lösung bitte direkt in die Tabelle eintragen!	Punkte A1.b
---	-------------

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

c) Bei einer Dotierungskonzentration ($x < 0,001$) wird in $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ die Dotierung nur durch elektronische Ladungsträger kompensiert. Berechnen Sie mithilfe der gegebenen Daten aus der Leitfähigkeitskurve die Konzentration der Dotierung: $[La_{Sr}^\bullet]$. Geben Sie zudem den Dotierungsgehalt „x“ an. Die Gitterkonstante des kubischen $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ beträgt $a = 0,39 \text{ nm}$. **(2 Punkte)**

$[La_{Sr}^\bullet] =$ $x =$	Punkte A1.c
------------------------------------	-------------

d) Die Leitfähigkeit σ von $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ lässt sich für geringe Sauerstoffpartialdrücke als Funktion der Temperatur T und des Sauerstoffpartialdrucks der umgebenden Atmosphäre pO_2 mittels $\sigma = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{W}{kT}} \cdot \left(\frac{pO_2}{\text{bar}}\right)^m$ beschreiben. Berechnen Sie die Materialkonstanten σ_0 , W und m bei einem Sauerstoffpartialdruck von $pO_2 = 10^{-21}$ bar, für den Fall, dass im Gegensatz zur obigen Grafik nun nur einfach ionisierte Sauerstoffleerstellen auftreten ($n = [V_O^\bullet]$). Verwenden Sie hierzu die passende Reaktionsgleichung $O_O^X \rightleftharpoons V_O^\bullet + e' + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ sowie $[O_{2(g)}] = pO_2$ und $\sigma = en\mu$. Nehmen Sie zudem an, dass gilt: $\sigma(10^{-21} \text{ bar}, 1000\text{K}) = 100 \frac{\text{S}}{\text{cm}}$ und $\sigma(10^{-21} \text{ bar}, 1200\text{K}) = 316.23 \frac{\text{S}}{\text{cm}}$. **(3 Punkte)**

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

$m =$ $W =$ $\sigma_0 =$	Punkte A1.d
--------------------------------	-------------

e) Nun sei angenommen, dass die Dotierungskonzentration in $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ für Sauerstoffpartialdrücke $p_{\text{O}_2} > 10^{-5}$ bar durch die Bildung von zweifach geladenen Strontiumleerstellen $V_{\text{Sr}}^{//}$ kompensiert wird. Für diesen Fall kann die vereinfachte ENB $[La_{\text{Sr}}^{\bullet}] \approx 2[V_{\text{Sr}}^{//}]$ angenommen werden. Geben Sie die Steigung m des Leitfähigkeitsverlaufs bezüglich des Sauerstoffpartialdrucks für diese $V_{\text{Sr}}^{//}$ -Kompensation an und zeichnen Sie den prinzipiellen Verlauf der entsprechenden Kennlinie in das gegebene Diagramm ein. **(2 Punkte)**

Hinweise:

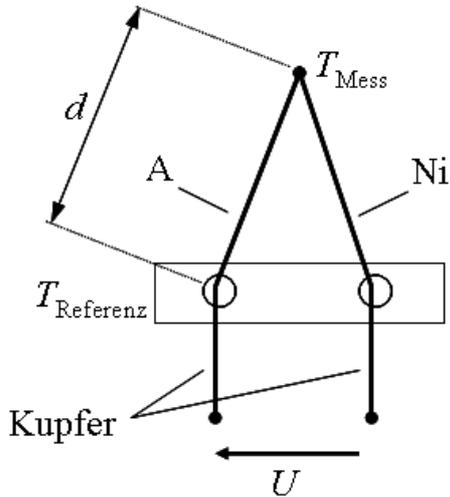
Die Temperaturabhängigkeit soll nicht berücksichtigt werden!

Rechnen Sie mit der Reaktionsgleichung $\text{O}_\text{O}^x \rightleftharpoons \text{V}_\text{O}^{\bullet\bullet} + 2e' + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})}$ und der Beziehung $[O_{2(\text{g})}] = p_{\text{O}_2}$.

Im Fall einer Strontiumleerstellenkompensation ist die Konzentration der Sauerstoffleerstellen als konstant bezüglich p_{O_2} und Temperatur anzunehmen.

$m =$	Punkte A1.e
-------	-------------

Rechenaufgabe A2: Metalle



Material	$\eta / (\mu\text{V/K})$
Konstantan	- 35,0
Ni	- 15,0
Pd	-2,8
PtRh	6,9
Cu	7,8
Fe	19,2
NiCr	25,4

Bild 1:

Thermoelement, bestehend aus zwei zylindrischen Schenkeln (Drahtstücke A, Ni)

Tab. 1:

Thermokraft (Seebeck-Koeffizient η) verschiedener Materialien

Schenkellänge jeweils $d = 100 \text{ mm}$

Drahtdurchmesser $\delta = 500 \mu\text{m}$

Temperaturen: $T_{\text{Referenz}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_{\text{Mess}} = 105 \text{ }^\circ\text{C}$

a) Betrachten Sie das in Bild 1 skizzierte Thermoelement.

Welches Material A würden Sie aus Tab. 1 auswählen, um eine möglichst empfindliche Temperaturmessung durchzuführen? Begründen Sie kurz Ihre Antwort. (1 Punkt)

Wie groß wäre die gemessene Thermospannung U , wenn für Schenkel A das Material Palladium (Pd) verwendet würde? (1 Punkt)

Material:	Punkte A2.a
$U =$	

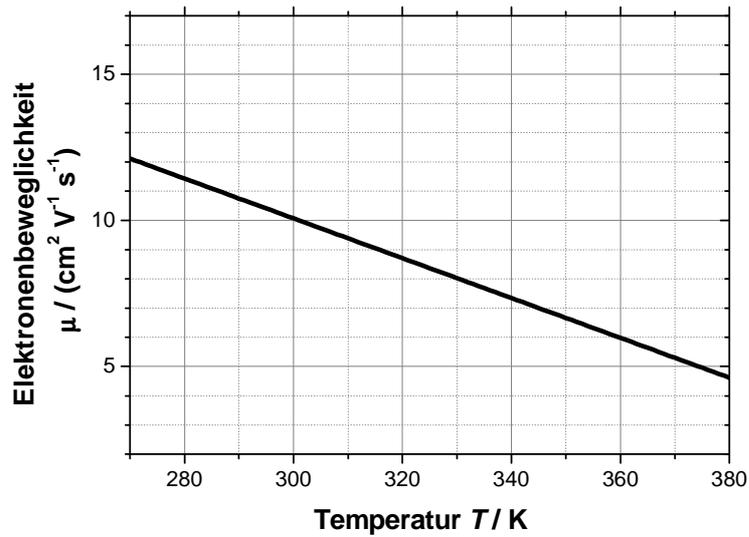


Bild 2: Elektronenbeweglichkeit $\mu(T)$ von Ni im Bereich zwischen 270 ... 380 K

b) In Bild 2 ist die Elektronenbeweglichkeit μ von Nickel (näherungsweise) skizziert. Bestimmen Sie den technischen Temperaturkoeffizienten α der Elektronenbeweglichkeit bei Raumtemperatur (300 K). **(1 Punkt)**

$\alpha_{300\text{ K}} =$	Punkte A2.b
---------------------------	-------------

Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $\alpha = -0,01\text{ K}^{-1}$ weiter.

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

c) Wie groß ist die Konzentration n der Leitungselektronen im Nickel-Drahtstück (rechter Schenkel des Thermoelements in Bild 1)? (1 Punkt)

Hinweise: Nehmen Sie an, dass jedes Nickelatom genau ein Elektron als Leitungselektron abgibt. Die Dichte von Nickel beträgt $\rho_{Ni} = 8,9 \text{ g/cm}^3$. Der Draht habe einen kreisförmigen Querschnitt.

$n =$	Punkte A3.c
-------	-------------

Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $n = 1 \cdot 10^{23} \text{ cm}^{-3}$ weiter

d) Berechnen Sie den elektrischen Widerstand R des Ni-Drahtstücks. Berücksichtigen Sie dabei den Temperaturgradienten im Draht. Nehmen Sie vereinfachend an, dass die Temperatur im Draht linear mit der Länge abfällt. Die thermische Längenausdehnung des Drahtes sei vernachlässigbar. **(4 Punkte)**

Hinweis: Mathematische Hilfestellung $\int \frac{dx}{a \pm bx} = \pm \frac{1}{b} \ln(a \pm bx) + c$

$R =$	Punkte A2.d
-------	-------------

Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $R = 10 \text{ m}\Omega$ weiter.

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

e) Berechnen Sie aus den Angaben für das Ni-Drahtstück die Wärmeleitfähigkeit λ_w von Ni bei der mittleren Temperatur $T = 65 \text{ °C}$ des Thermoelement-Schenkels. **(2 Punkte)**

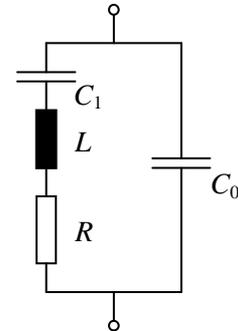
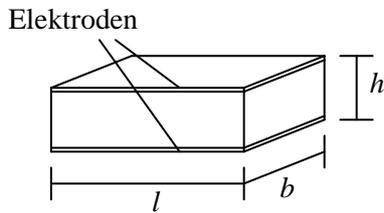
Hinweis: Die Lorenz-Zahl hat den Wert $L \approx 2,45 \cdot 10^{-8} \text{ V}^2\text{K}^{-2}$.

$\lambda_w =$	Punkte A2.e
---------------	-------------

Rechenaufgabe A3: Piezoelektrizität

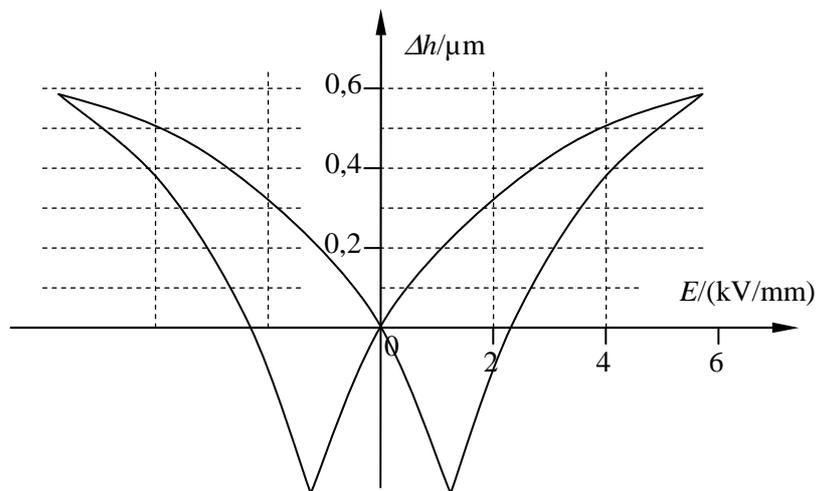
Dargestellt sind ein piezoelektrischer Aktor und das zugehörige elektrische Ersatzschaltbild. Die Dicke der Elektroden ist bei allen Rechnungen zu vernachlässigen.

Hinweis: Die Kapazität des Aktors wurde mit Hilfe einer Sawyer-Tower-Schaltung zu 2nF bestimmt.



Daten: $l = 5 \text{ mm}$, $b = 5 \text{ mm}$, $h = 0,2 \text{ mm}$, $\epsilon_r = 1800$

a) Die Messung der Dehnung Δh als Funktion der elektrischen Feldstärke E ergibt das gezeichnete Diagramm. Der Aktor war bei dieser Messung mechanisch nicht belastet.



Welche Materialeigenschaft muss der Aktor besitzen um das dargestellte Hystereseverhalten aufzuweisen? **(1 Punkt)**

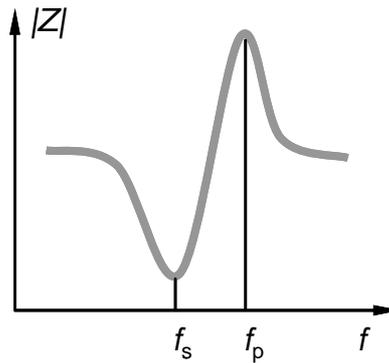
Bestimmen Sie die mittlere piezoelektrische Ladungskonstante d im Bereich von 0 bis 2 kV/mm für eine positiv gepolte Probe. **(1 Punkt)**

<p>Materialeigenschaft:</p> <p>$d =$</p>	Punkte A3.a
---	-------------

Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $d = 4 \cdot 10^{-10} \frac{\text{As}}{\text{N}}$ weiter.

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

b) Die Messung der Impedanz über der Frequenz f ergibt den gezeichneten Verlauf.



Die Serienresonanzfrequenz f_s beträgt 3 MHz, die Parallelresonanzfrequenz f_p beträgt 5 MHz. Berechnen Sie die Werte für C_0 und C_1 des elektrischen Ersatzschaltbildes. (2 Punkte)

Hinweis: Der piezoelektrische Kopplungsfaktor berechnet sich zu $k^2 = \frac{C_1}{C_0 + C_1} = \frac{f_p^2 - f_s^2}{f_p^2}$.

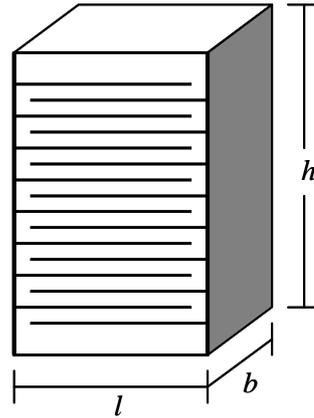
$C_0 =$ $C_1 =$	Punkte A3.b
------------------------	-------------

c) Mit dem oben beschriebenen Material soll ein Vielschichtaktor zum Antrieb von Einspritzventilen für Dieselmotoren aufgebaut werden, der folgende Anforderungen erfüllen soll: Maximale Betriebsspannung $U_{\max} = 80 \text{ V}$, maximale elektrische Feldstärke 2 kV/mm , Längenänderung $\Delta h = 10 \text{ }\mu\text{m}$, $b = l = 5 \text{ mm}$.

Wie viele Schichten sind dazu mindestens erforderlich?

Welche minimale Höhe h_{\min} ergibt sich für diesen Aktor?

(3 Punkte)



<p>Anzahl der Schichten:</p> <p>$h_{\min} =$</p>	<p>Punkte A3.c</p>
---	--------------------

Hinweis: Wenn Sie diesen Punkt nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $N = 313$ Schichten bzw. $h_{\min} = 12.5 \text{ mm}$ weiter.

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

d) Wie groß ist die Gesamtkapazität des Vielschichtaktors? **(1 Punkt)**

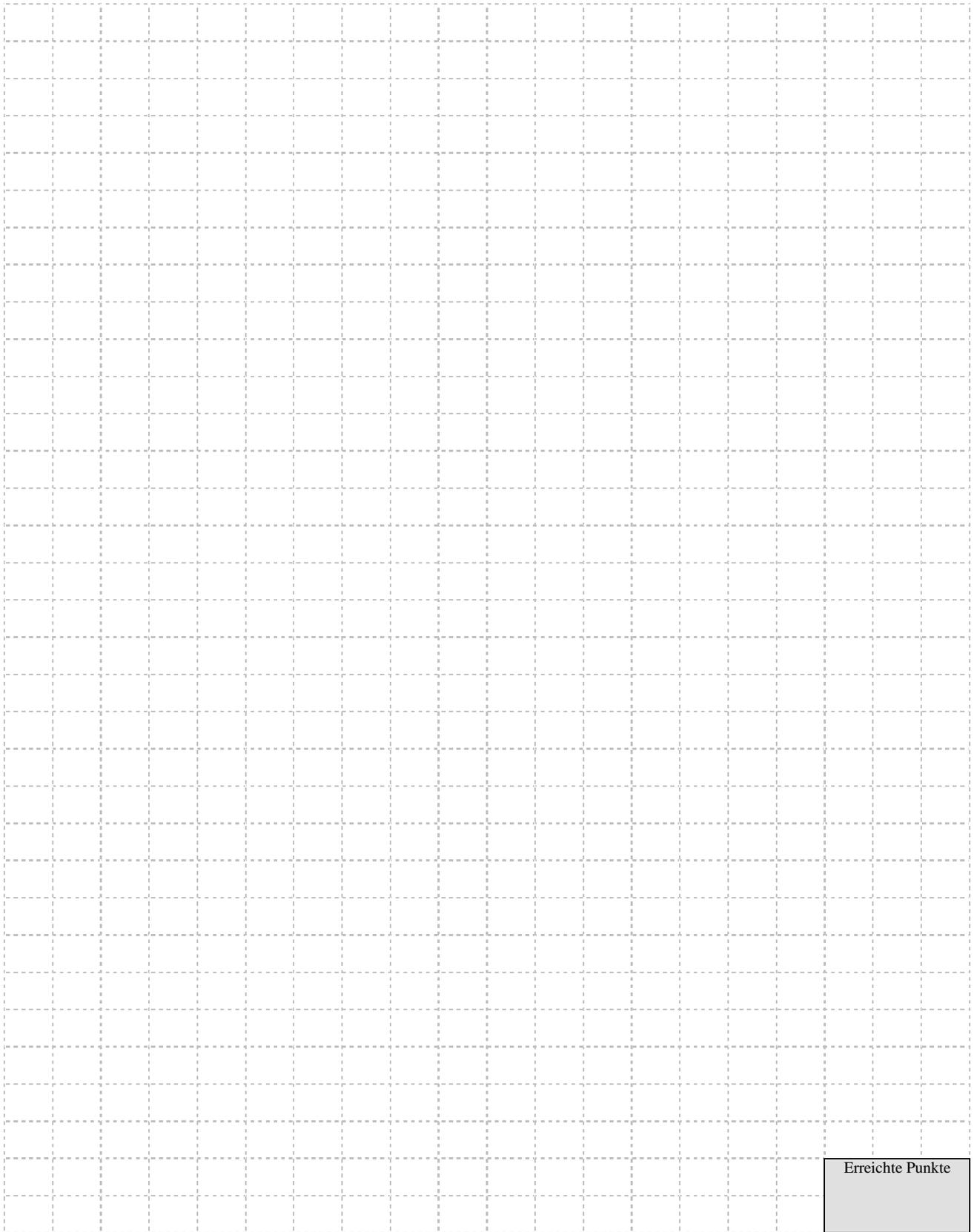
Mit welchem Strom muss der Aktor angesteuert werden, wenn die geforderte Längenänderung in $\Delta t = 0,1ms$ erreicht werden soll (konstanter Strom vorausgesetzt)? **(1 Punkt)**

Hinweis: Nehmen sie an, dass die Elektrodenfläche gleich der Grundfläche ist.

$C_{ges} =$ $I =$	Punkte A3.d
--------------------------	-------------

e) Nennen Sie ein typisches Material, dass piezoelektrische Eigenschaften aufweist. **(1 Punkt)**

	Punkte A3.e
--	-------------



Erreichte Punkte

Nachname	Vorname(n)	Matrikelnummer
----------	------------	----------------

		Erreichte Punkte
--	--	------------------