

Modulprüfung
Physik für ET
vom 12.10.2018

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnr: _____

Tutor: _____

Bitte die Blättern nicht trennen!
Bitte die Hinweise auf der nächsten Seite beachten.

Aufgabenteil	Punkte		
1(28) Mechanik			
2(25) Thermodynamik			
3(27) Wellen und Elektromagnetismus			
4(28) Elektromagnetische Strahlung			
5(24) Aufbau der Materie			
6(28) Quantengase			
erreichbare Punkte: 160			

Note:

Physikalische Konstanten

$$g = 9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4.1 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

$$m_p = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$R_y = 13.6 \text{ eV}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$$

$$c_S = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$1 \text{ J} = 0.239 \text{ cal}$$

$$n_{\text{Luft}}, n_{\text{Wasser}}, n_{\text{Glas}} = 1, 1.33, 1.5$$

Hinweise:

- Bitte schreiben Sie gut lesbar und in Schwarz oder Blau mit dokumentenechter Tinte.
- Bei Rechenaufgaben muss der Rechenweg nachvollziehbar sein, ansonsten kann nicht die volle Punktzahl vergeben werden.
- Bei Multiple-Choice Fragen ist eine Antwort anzukreuzen, es sei denn, es ist in der Aufgabe etwas anderes vermerkt. Wenn mehrere Antworten möglich sind, gibt es für falsche Antworten Punktabzug.

1.2. Ein Sandsack hängt an einem Seil an einem Ballon. Der Ballon steigt mit einer konstanten Geschwindigkeit von $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ senkrecht auf. Das Seil wird bei $t_0 = 0$ durchgeschnitten. Der Sack hat zu diesem Zeitpunkt eine Höhe von 300 m über dem Erdboden.

(a) (3 P) Was ist die maximale Höhe, die der Sandsack erreicht?

(b) (2 P) Bestimmen Sie die Höhe und Geschwindigkeit des Sandsacks nach 5 s!

(c) (3 P) Wie lange benötigt der Sandsack, bis er den Erdboden erreicht?

1.3. Zur Messung der Entfernung zwischen Erde und Mond wird ein gepulster Laserstrahl auf die Mondoberfläche gerichtet. Nach 2.5s wird das reflektierte Licht wieder auf der Erde detektiert. Die Umfänge der Erde und des Mondes betragen 40 070 km bzw. 21 840 km. Die Erde besitzt eine Masse von ca. 6×10^{24} kg.

(a) (3 P) Welche Kräfte stehen im System Erde/Mond im Gleichgewicht? (Namen und Formeln)

- Es besteht aus sehr vielen Teilchen
- Teilchen verhalten sich wie Massenpunkte
- Teilchen stoßen nur inelastisch
- Es gibt keine interatomaren Kräfte

(b) (1 P) Wieviele Teilchen enthält 1 m^3 eines idealen Gases bei einer Temperatur von 300 K und einem Druck von 101325 Pa?

- 2.45×10^{26}
- 2.45×10^{25}
- 2.45×10^{24}
- 2.45×10^{23}

(b) (4 P) Wie groß ist der Abstand zwischen Erde und Mond (Mittelpunkt Erde - Mittelpunkt Mond)?

(c) (1 P) Welche Phasenübergänge sind bei einem reinen Gas beobachtbar?

- alle
- nur Verdampfen / Kondensieren
- nur Sublimation / Resublimation
- keine

(d) (1 P) Von welcher Größe hängt die innere Energie eines idealen Gases ab?

- Druck
- Temperatur
- Volumen
- Dichte

(c) (3 P) Wie groß ist die Masse des Mondes, wenn der Schwerpunkt des Erde-Mond-Systems 1700 km unterhalb der Erdoberfläche liegt?

1 Mechanik

Verständnisfragen

- 1.1. (a) (1 P) Kraft ist definiert als Masse mal ...
 Weg Geschwindigkeit Beschleunigung Ruck
- (b) (1 P) Der Impuls ist definiert als:
 Weg * Zeit
 Zeit * Beschleunigung
 Geschwindigkeit * Masse
 Masse * Weg
- (c) (1 P) Unter welchem Winkel muss ein Wurfgeschoss starten, um am weitesten in horizontaler Richtung zu fliegen? (Luftreibung ist zu vernachlässigen, die Erde sei flach)
 0° 30° 45° 60° 90°
- (d) (1 P) Eine 1 kg schwere Kugel hängt an einem Seil an der Decke. Welche Kraft wirkt das Seil auf die Kugel aus?
 4.9 N nach oben gerichtet
 9.8 N nach oben gerichtet
 4.9 N nach unten gerichtet
 9.8 N nach unten gerichtet
- (e) (1 P) Im Seil aus voriger Aufgabe sind zwei masselose Federwaagen eingebaut. Welches Gewicht zeigen die Waagen an?
 Beide zeigen 1 kg
 Beide zeigen 0.5 kg
 Die obere zeigt 1 kg die untere 0 kg
 Kann man nicht sagen, nur die Summe aus beiden Anzeigen ergibt 1 kg
- (f) (2 P) Der mittlere Erdradius ist 6371 km, die Erdatmosphäre endet in einer Höhe von ca. 180 km. Auf welche Geschwindigkeit muss ein Satellit beschleunigt werden, um ihn in einen stabilen Orbit auf dieser Höhe zu bekommen?
 $7.8 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $7.8 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $7.8 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $7.8 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- (g) (2 P) Angenommen, der Radius der Erde verkleinert sich um 1% bei gleichbleibender Masse. Wie verhält sich die Erdbeschleunigung auf der Oberfläche?
 bleibt gleich
 steigt um 2%
 fällt um 2%
 steigt um 1%
 fällt um 1%
- (h) (1 P) Was ist das *schlechteste* Beispiel für einen elastischen Stoßprozess?
 stoßende Billardkugeln
 Kugelstoßpendel (Newtonpendel)
 Kugel gegen Sandsack werfen
 Tischtennis spielen

4190 und $1870 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Die spezifischen Schmelz- bzw. Verdampfungswärmen seien 335×10^3 und $2261 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

- (a) (4 P) Wie lange benötigen Sie, um 1 kg Wasser von -5°C auf 120°C zu erhitzen, wenn Sie einen 1 kW Heizer zur Verfügung haben? Gehen Sie davon aus, dass der Prozess adiabatisch ist.

(b) (1 P) Wie definiert man die Gütezahl η einer Wärmepumpe allgemein?

- (b) (4 P) Zeichnen Sie den Prozeß in ein T/Q Diagramm ein. Bezeichnen Sie alle Phasen und geben Sie die relevanten Punkte auf den Achsen an.

(c) (2 P) Wie hoch sind Ihre Heizkosten bei einer Leistungsaufnahme von 200 W, wenn Sie die Heizung ein halbes Jahr lang durchgehend betriebsbereit würden (1 kW) kostet 0,30 €?

2.3. Eine Fußbodenheizung funktioniert nach dem Prinzip einer Wärmepumpe.

- (a) (3 P) Zeichnen Sie das Flussdiagramm für Wärme und Arbeit einer Wärmepumpe. Bezeichnen Sie ebenfalls die Temperaturen der Wärmereservoirs!

(b) (2 P) Welche Wärme wird insgesamt in dieser Zeit abgeführt?

- (b) (2 P) Wenden Sie den 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik auf den obigen Kreisprozess für den Fall an, dass er reversibel verläuft!
- (c) (1 P) Wie definiert man die Gütezahl ϵ einer Wärmepumpe allgemein?
- (d) (2 P) Bestimmen Sie ϵ , wenn im Erdreich und im Zimmer Temperaturen von -2°C beziehungsweise 22°C herrschen!
- (e) (2 P) Wie hoch sind Ihre Heizkosten bei einer Leistungsaufnahme von 200 W, wenn Sie die Heizung ein halbes Jahr lang durchgehend betreiben würden. (1 kWh kostet 0.30 €)?
- (f) (2 P) Wie viel Wärme wird insgesamt in dieser Zeit abgegeben?

2 Thermodynamik

Verständnisfragen

- 2.1. (a) (1 P) Was gilt *nicht* fürs ideale Gas?
- Es besteht aus sehr vielen Teilchen
 - Teilchen verhalten sich wie Massepunkte
 - Teilchen stoßen nur inelastisch
 - Es gibt keine interatomaren Kräfte
- (b) (1 P) Wieviele Teilchen enthält 1 m^3 eines idealen Gases bei einer Temperatur von 300 K und einem Druck von $101\,325 \text{ Pa}$?
- 2.45×10^{25} 2.45×10^{15} 2.45×10^{-15} 2.45×10^{-25}
- (c) (1 P) Welche Phasenübergänge sind bei einem idealen Gas beobachtbar?
- alle
 - nur Verdampfen / Kondensieren
 - nur Sublimation / Resublimation
 - keine
- (d) (1 P) Von welcher Größe hängt die innere Energie eines idealen Gases ab?
- Druck Temperatur Volumen Dichte
- (e) (1 P) Was ist *keine* Beschreibung des 1. Hauptsatzes der Thermodynamik?
- Es gibt keine Maschine, die ständig Arbeit abgibt, ohne Energie aufzunehmen.
 - $\delta U = Q + W$
 - In einem abgeschlossenen System bleibt die Summe aller Energien konstant.
 - Es ist nicht möglich, ein System bis zum absoluten Nullpunkt abzukühlen.

3.4. Wellengleichung

- (a) (3 P) Geben Sie die Wellengleichung für das elektrische Feld \vec{E} einer elektromagnetischen Welle an und benennen Sie alle vorkommenden Größen!

- (b) (3 P) Geben Sie eine Lösung der obigen Wellengleichung an, die eine ebene Welle im Vakuum beschreibt und benennen Sie alle vorkommenden Größen!

- (c) (4 P) Fertigen Sie eine Skizze einer linear polarisierten, ebenen, elektromagnetischen Welle an, die sich in z-Richtung ausbreitet (x,y,z - Koordinaten). Bezeichnen Sie \vec{E} , \vec{B} , \vec{k} und λ .

Verständnisfragen

- 3.1. (a) (1 P) Ein Proton wird mit 3×10^5 V beschleunigt. Auf welche kinetische Energie in J wird es beschleunigt?
- 4.8×10^{-14} J 300 000 J 1.6×10^{-19} J kann man nicht sagen.
- (b) (2 P) Welche Geschwindigkeit erreicht das Proton aus obiger Aufgabe?
- 7.5×10^6 km · h⁻¹ 2.7×10^7 km · h⁻¹ 2.7×10^7 m · s⁻¹ 5.65×10^{13} m · s⁻¹
- (c) (1 P) Was ist der Impuls \vec{p} eines Photons?
- $h\vec{k}$ $\hbar\vec{k}$ $h\nu$ \hbar/λ
- (d) (1 P) Wie groß ist die spezifische Ladung (e/m) eines Elektrons?
- 1.60×10^{-19} C · kg⁻¹
 -1.76×10^{11} C · kg⁻¹
 -1.76×10^{-11} C · kg⁻¹
 -1.60×10^{-19} C · kg⁻¹
- (e) (1 P) Wie ist die Lorentzkraft definiert?
- $\vec{F}_L = q\vec{E}$
 $\vec{F}_L = q[\vec{v} \times \vec{B}]$
 $\vec{F}_L = q[\vec{E} \times \vec{B}]$
 $\vec{F}_L = q[\vec{B} \times \vec{v}]$
- (f) (1 P) In welche Richtungen muss ein Strom durch zwei gerade parallele Leiter fließen, damit sie sich abstoßen?
- gleiche Richtungen
 egal
 das geht nur bei Spulen
 entgegengesetzte Richtungen

- 3.2. (3 P) Die Saiten einer Gitarre sind ca. 65 cm lang. Die tiefste Saite (E) schwingt im Grundton mit 82.5 Hz. Um wie viel *cm* muss ich die Saite mit meinem Finger verkürzen, so dass sie im gleichen Ton erklingt wie die nächsthöhere Saite (A mit 110 Hz)?

3.3. Fadenstrahlrohr

- (a) (5 P) Positiv geladene Ionen (Ladung q) in einem Fadenstrahlrohr, die mit einer Spannung von $U_B = 1000$ V beschleunigt werden, fliegen geradeaus, wenn das Magnetfeld $B = 6.026 \times 10^{-3} \text{ Vsm}^{-2}$ beträgt und an den zwei Feldplatten mit Abstand $r = 2$ cm eine Spannung $U = 10$ V anliegt. Berechnen Sie das Verhältnis von Ladung und Masse der Ionen (q/m)!

- (b) (2 P) Angenommen, die Ionen sind einfach geladen, welches Atom oder Molekül könnten Sie beobachtet haben?

(c) (1 P) Wie könnte man die Steigung der Kurve ändern?

- Die Intensität erhöhen.
- Die Lichtfrequenz erhöhen.
- Intensität verringern.
- Ein anderes Material verwenden.
- Lichtfrequenz verringern.
- Keine der vorgeschlagenen Lösungen.

(d) (2 P) Geben Sie die Einstein-Gleichung an, die den Photoeffekt beschreibt! Bezeichnen Sie alle Größen!

(e) (2 P) Berechnen Sie die Grenzwellenlänge für Barium (Austrittsarbeit 1.8 eV!)

- (d) (1 P) Die Intensität eines Lichtstrahls wird erhöht, während sich die Wellenlänge nicht ändert. Welche Aussage(n) ist (sind) richtig? Kreuzen Sie an!
- Die Photonen sind schneller.
 - Die Photonen haben mehr Energie.
 - Es gibt nun mehr Photonen pro Sekunde.
 - Die Photonen sind jetzt größer.

4.2. Schwarzkörperstrahlung

- (a) (4 P) Berechnen Sie die Strahlungsleistung einer $350\text{ }^\circ\text{C}$ heißen Herdplatte mit einem Durchmesser von $d = 20\text{ cm}$ unter der Annahme, dass sie sich wie ein schwarzer Körper verhält?

(Hinweis: die Stefan-Boltzmann-Konstante beträgt: $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)

- (b) (2 P) Bei welcher Wellenlänge liegt das Strahlungsmaximum? (Hinweis: die Wiensche Verschiebungskonstante beträgt $2897.8\text{ }\mu\text{m} \cdot \text{K}$)

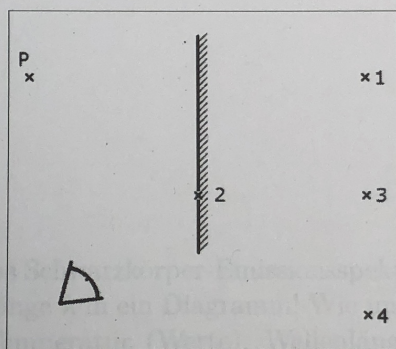
- (c) (6 P) Zeichnen Sie das Schwarzkörper-Emissionsspektrum der Sonne und der Erde als Funktion der Wellenlänge λ in ein Diagramm! Wie unterscheiden sich beide Himmelskörper hinsichtlich Temperatur (Werte), Wellenlänge maximaler Emission (Werte, Verhältnis) und Emissionsleistung (Verhältnis)?

4 Elektromagnetische Strahlung

Verständnisfragen

- 4.1. (a) (2 P) Im Rahmen der geometrischen Optik sind welche Aussagen richtig? Kreuzen Sie alle richtigen Antworten an!
- Jeder Strahlengang ist umkehrbar.
 - Wird ein Lichtstrahl von einer Grenzfläche reflektiert, so gilt Einfallswinkel = Ausfallswinkel.
 - Beim Übergang vom optisch dünneren ins optisch dickere Material wird der Strahl zum Lot hin gebrochen.
 - An der Grenzfläche vom optisch dickeren ins optisch dünnere Material werden Strahlen, die in einem flacheren als dem Grenzwinkel auf die Grenzfläche treffen, totalreflektiert.

- (b) (1 P) Wo wird im Spiegel aus folgender Skizze der Bildpunkt P' beobachtet?



1. 2. 3. 4.

- (c) (3 P) Eine ebene Welle der Wellenlänge λ fällt auf einen Spalt der Breite d . Fügen Sie Vergleichszeichen, z. B.: \ll , \leq , \approx , \gg und \geq in die leeren Stellen ein, um die Aussagen korrekt zu machen!

λ ___ d : Das Bild hinter dem Spalt zeigt im Wesentlichen den Schattenwurf des Spaltes.

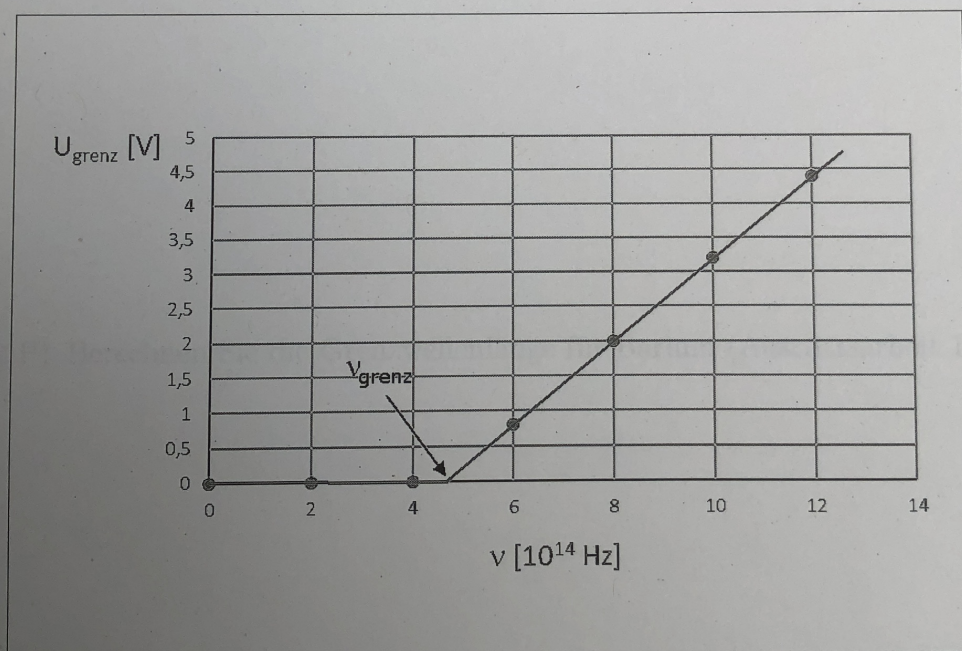
λ ___ d : Hinter dem Spalt breitet sich eine Kugelwelle aus.

λ ___ d : Die Welle dringt hinter dem Spalt in den Schattenraum ein und ein Interferenzbild entsteht.

4.3. Eine Bariumoberfläche wird mit Photonen bestrahlt.

(a) (3 P) Zeichnen Sie den in der Vorlesung vorgestellten Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoeffekts und bezeichnen Sie die wichtigsten Komponenten!

(b) (1 P) In der Abbildung ist eine Messung gezeigt, in der eine Metallplatte durch Bestrahlung mit Licht verschiedener Wellenlängen aufgeladen wird. Die gemessene Grenzspannung ist als Funktion der Lichtfrequenz aufgetragen, die Grenzfrequenz wurde zu $\nu_{\text{grenz}} = 4.4 \times 10^{14}$ Hz ermittelt. Wie könnte man die Grenzfrequenz ν_{grenz} ändern?



- Die Intensität erhöhen.
- Die Lichtfrequenz erhöhen.
- Intensität verringern.
- Ein anderes Material verwenden.
- Lichtfrequenz verringern.
- Keine der vorgeschlagenen Lösungen.

5 Aufbau der Materie

Verständnisfragen

5.1. (a) (1 P) Kreuzen Sie alle korrekten Aussagen an! Wir betrachten ein Proton und ein Elektron, die dieselbe De Broglie Wellenlänge haben. Dann ist die kinetische Energie des Elektrons:

- gleich 0.
- gleich unendlich.
- gleich groß wie die des Protons.
- größer als die des Protons.
- keine der oberen Antworten ist richtig.

(b) (1 P) Kreuzen Sie alle korrekten Aussagen an! Elemente weisen ähnliche chemische Eigenschaften auf, wenn sie

- die gleiche Valenzelektronenkonfiguration haben.
- in der selben Periode sind.
- in der selben Hauptgruppe sind.
- Alle Lanthanide/Actinide sind chemisch ähnlich.

5.2. Atommodell

(a) (3 P) Nennen Sie die 3 Bohrschen Postulate (Text und Formeln)!

(b) (4 P) Wie heißen die vier Quantenzahlen, mit denen die Elektronenzustände eines Wasserstoff-Atoms vollständig charakterisiert werden? Welche Werte können sie annehmen?

(c) (5 P) Wie viele Kombinationen von Quantenzahlen sind für Elektronen der zweiten Schale ($n = 2$) möglich? Schreiben Sie diese explizit auf! Mit wievielen Elektronen kann das zweite Niveau demzufolge maximal besetzt werden?

(d) (4 P) Berechnen Sie die Energien der drei niedrigsten Niveaus eines ${}_3\text{Li}^{2+}$ -Ions und tragen Sie diese in ein skaliertes Energieniveauschema ein (Beschriftung nicht vergessen)!

5.3. Atomkern

(a) (3 P) Nennen Sie drei Arten von radioaktivem Zerfall und geben Sie die genaue Identität der Strahlung an!

(b) (1 P) Nach welchem Zeitgesetz erfolgt der radioaktive Zerfall (Formel)?

(c) (2 P) Eine radioaktive Quelle strahlt nach einer Stunde nur noch mit 10% der anfänglichen Strahlung? Berechnen Sie die Halbwertszeit und die Lebensdauer des Strahlers!

6.2. (3 P) Skizzieren Sie die drei fundamentalen Prozesse der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Atomen an Hand zweier Energieniveaus!

6.3. Kristallschwingungen / lineare Kette

(a) (4 P) Zeichnen Sie in ein ω über k Diagramm die Dispersionsrelation für den optischen und den akustischen Zweig einer linearen Kette mit abwechselnd schweren und leichten Atomen!

(b) (2 P) Skizzieren Sie die Auslenkung der Atome für den optischen und den akustischen Fall in einem Auslenkung-über-Ort Diagramm!

6 Quantengase

Verständnisfragen

6.1. (a) (3 P) Nennen Sie die drei wichtigsten Bauelemente eines Lasers und deren Funktion!

(b) (3 P) Welche Eigenschaften hat ideale Laserstrahlung? Mehrere Antworten möglich.

- sie ist eine skalare Welle
- sie ist eine Transversalwelle
- sie ist monochromatisch
- sie ist kohärent
- sie ist multichromatisch
- sie ist eine elektromagnetische Welle
- breitet sich in Vakuum langsamer aus als in Wasser

(c) (1 P) Wie groß ist das Besetzungsverhältnis N_2/N_1 eines Lasers im stationären Betrieb?

- < 1
- > 1
- 1
- 0

(d) (2 P) Wie groß ist das Besetzungsverhältnis N_2/N_1 eines Lasers, dessen Energieniveaus 1064 nm getrennt sind, bei Raumtemperatur ($T = 300$ K), wenn er ausgeschaltet ist?

- 3×10^{-20}
- 3×10^{20}
- 44.9
- > 1
- 44.9

6.4. Bändermodell

(a) (4 P) Erklären Sie mit Hilfe des Bändermodells die elektronische Struktur von Metallen! Bezeichnen Sie die Energiebänder, deren Besetzung und tragen Sie die Fermi-Energie E_F , die Bandlücke E_G und die Austrittsarbeit W_A ein!

(b) (4 P) Zeichnen Sie mit Hilfe des Bändermodells die elektronische Struktur von Isolatoren! Bezeichnen Sie die Energiebänder, deren Besetzung und tragen Sie die Fermi-Energie E_F , die Bandlücke E_G und die Austrittsarbeit W_A ein!

(c) (2 P) Worin besteht im Bändermodell der Unterschied zwischen Isolatoren, Halbleitern und Leitern?