

**Modulprüfung**  
**Physik für ET**  
**vom 16.07.2019**

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Matrikelnr.: \_\_\_\_\_

Tutor: \_\_\_\_\_

**Bitte die Blätter nicht trennen!**

**Bitte die Hinweise auf der nächsten Seite beachten.**

Aufgabenteil	Punkte		
1(25) Mechanik			
2(25) Thermodynamik			
3(23) Wellen und Elektromagnetismus			
4(27) Elektromagnetische Strahlung			
5(25) Aufbau der Materie			
6(25) Quantengase			
erreichbare Punkte: 150			

**Note:**

## Physikalische Konstanten

---

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

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

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

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

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

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

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

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

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

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

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

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

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

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

---

### 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 Mechanik

---

## Verständnisfragen

- 1.1. (a) (1 P) Die Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit ist:
- der Weg
  - die Zeit
  - die Beschleunigung
  - die Kraft
- (b) (1 P) Der Impuls ist definiert als:
- Masse \* Zeit
  - Masse \* Beschleunigung
  - Masse \* Weg
  - Masse \* Geschwindigkeit
- (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 Kugel mit einer Masse von 1 kg hängt an einem Seil im Hörsaal. Welche Kraft übt 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) Die Kugel aus voriger Aufgabe hängt an einem Seil an einer Rakete, die auf dem Mond gelandet ist. Wie ist die Masse der Kugel jetzt?
- Weniger als 1 kg
  - Mehr als 1 kg
  - 1 kg
  - Kann man nicht sagen, man müßte dazu die genaue Fallbeschleunigung auf dem Mond kennen.
- (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 *beste* Beispiel für einen inelastischen Stoßprozess?
- stoßende Billardkugeln
  - Kugelstoßpendel (Newtonpendel)
  - Kugel gegen Sandsack werfen
  - Tischtennis spielen

1.2. In der Vorlesung wurde ein Experiment gezeigt, bei dem eine Person, die auf einem in Ruhe befindlichen Drehstuhl saß, ein sich drehendes Rad in die Hand bekam. Die Drehachse des Rades lag zu Beginn des Versuchs parallel zur Achse des Drehstuhls. Was passiert,

(a) (1 P) in dem Moment, in dem die Person das Rad in die Hand bekommt und warum?

(b) (2 P) wenn die Person die Achse des Rads um  $90^\circ$  dreht und warum?

(c) (2 P) Wenn die Person die Achse um weitere  $90^\circ$  dreht und warum?

1.3. (3 P) Nennen Sie die drei *Newtonschen* Axiome der klassischen Mechanik!

- 1.4. (7 P) Jupiter hat einen Umfang von etwa 450 000 km und 79 bekannte Monde. Die Fallbeschleunigung  $g$  auf dem Jupiter beträgt das 2.5-fache der Fallbeschleunigung auf der Erde. Bestimmen Sie den Radius  $r$ , die Masse  $m$  und die Dichte  $\rho$  von Jupiter.

## 2 Thermodynamik

---

### Verständnisfragen

2.1. (a) (2 P) Was gilt fürs ideale Gas? (mehrere Antworten möglich)

- Es besteht aus sehr vielen Teilchen
- Teilchen verhalten sich wie Massepunkte
- Teilchen stoßen untereinander nur inelastisch
- Teilchen stoßen untereinander nur elastisch
- Teilchen stoßen untereinander nicht sondern nur mit den Wänden
- Es gibt keine interatomaren Kräfte
- Es gibt nur interatomare Kräfte
- Bei konstanter Temperatur gilt  $p \propto V$
- Bei konstanter Temperatur gilt  $p \propto V^{-1}$
- Bei konstantem Druck gilt  $V \propto T$

(b) (1 P) Wieviele Teilchen enthält  $1 \text{ m}^3$  eines idealen Gases bei einer Temperatur von  $300 \text{ K}$  und einem Druck von  $101\,325 \text{ Pa}$ ?

- $2.45 \times 10^{25}$      $2.45 \times 10^{15}$      $40.6$      $2.45 \times 10^{-25}$

(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

2.2. Die spezifischen Wärmekapazitäten für festes, flüssiges und gasförmiges Wasser seien  $2060$ ,  $4190$  und  $1870 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Die spezifischen Schmelz- bzw. Verdampfungswärmen seien  $335 \times 10^3$  und  $2261 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

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

(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!

2.3. (5 P) Wie lautet die Zustandsgleichung für reale Gase und wie heißt diese (Formel und Namen angeben)? Benennen Sie alle Größen! Was sind die Ursachen für die Abweichung von der idealen Gasgleichung?

2.4. Ein Stirlingmotor wird als Wärmekraftmaschine (WKM) betrieben.

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

(b) (2 P) Wenden Sie den 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik auf den obigen Kreisprozess an! Nehmen Sie dabei an, dass er reversibel verläuft!

(c) (2 P) Wie ist der Wirkungsgrad  $\eta$  einer WKM, die zwischen  $25^\circ\text{C}$  und  $1000^\circ\text{C}$  arbeitet?

### 3 Wellen und Elektromagnetismus

---

#### Verständnisfragen

- 3.1. (a) (1 P) Ein Proton wird mit  $1 \times 10^6$  V beschleunigt. Wie groß ist die kinetische Energie nach dem Beschleunigungsprozess?
- $4.8 \times 10^{-14}$  J     $1 \times 10^{-6}$  J     $1.6 \times 10^{-13}$  J     $1.6 \times 10^{-25}$  J
- (b) (2 P) Welche Geschwindigkeit erreicht das Proton aus obiger Aufgabe in Einheiten von  $c$ ?
- $4.6 c$      $4.6 \times 10^{-1} c$      $4.6 \times 10^{-2} c$      $4.6 \times 10^{-3} c$
- (c) (1 P) Was ist der Impuls  $\vec{p}$  eines Photons?
- $h\vec{k}$      $h\vec{k}$      $h\nu$      $h/\lambda$
- (d) (1 P) Wie groß ist die spezifische Ladung ( $e/m$ ) eines Elektrons?
- $1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$   
  $-1.76 \times 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$   
  $-1.76 \times 10^{-11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$   
  $-1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$
- (e) (1 P) Wie ist der magnetische Teil der 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) Was unterscheidet eine Welle von einer Schwingung?
- das ist das gleiche  
 eine Welle transportiert Energie, eine Schwingung nicht  
 eine Schwingung transportiert Energie, eine Welle nicht  
 bei einer Welle wird Stoff transportiert, bei einer Schwingung nicht  
 bei einer Schwingung wird Stoff transportiert, bei einer Welle nicht

## 3.2. Fadenstrahlrohr

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

## 3.3. Wellengleichung

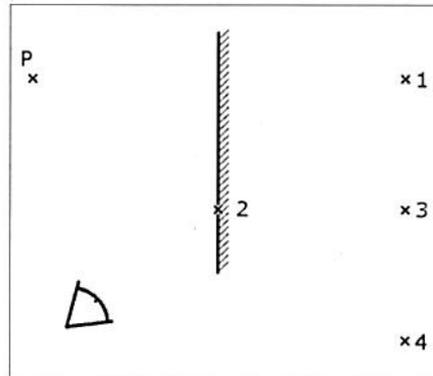
- (a) (3 P) Geben Sie die Wellengleichung für das elektrische Feld  $\vec{E}$  einer elektromagnetischen Welle an und benennen Sie alle auftretenden Größen!
- (b) (2 P) Wie stehen folgende Größen in Beziehung miteinander: Wellenlänge  $\lambda$ , Frequenz  $f$ , Wellenvektor  $\vec{k}$  und Kreisfrequenz  $\omega$ ?
- (c) (2 P) Geben Sie eine Lösung der obigen Wellengleichung an, die eine ebene Welle im Vakuum beschreibt und benennen Sie alle vorkommenden Größen!
- (d) (2 P) Stellen Sie graphisch die Ausbreitung einer ungedämpften Welle einmal in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  und einmal in Abhängigkeit des Ortes  $x$  dar! Tragen Sie Amplitude, Periode und Wellenlänge ein!

## 4 Elektromagnetische Strahlung

---

### Verständnisfragen

4.1. (a) (1 P) Wo wird im Spiegel aus folgender Skizze der Bildpunkt  $P'$  beobachtet?



1.    2.    3.    4.

(b) (2 P) Im Rahmen der geometrischen Optik sind welche Aussagen richtig? (mehrere Antworten möglich)

- Jeder Strahlengang ist umkehrbar.
- Wird ein Lichtstrahl von einer Grenzfläche reflektiert, so gilt Einfallswinkel = Ausfallswinkel.
- Beim Übergang vom optisch dünneren ins optisch dichtere Material wird der Strahl zum Lot hin gebrochen.
- An der Grenzfläche vom optisch dichteren ins optisch dünnere Material werden Strahlen, die in einem flacheren als dem Grenzwinkel auf die Grenzfläche treffen, totalreflektiert.

(c) (1 P) Die Wellenlänge eines monochromatischen Lichtstrahls wird erhöht. Was trifft auf die Photonen zu?

- Die Photonen sind schneller.
- Die Photonen haben weniger Energie.
- Es gibt nun weniger Photonen pro Sekunde.
- Die Photonen sind langsamer.

4.2. (9 P) Eine ebene Wellenfront mit der Wellenlänge  $\lambda$  trifft auf einen Einfachspalt der Breite  $d$ . Skizzieren Sie für die angegebenen drei Verhältnisse von  $\lambda$  und  $d$  die Ausbreitung der Welle vor und hinter dem Spalt, sowie die auf einem Schirm hinter dem Spalt entstehenden Bilder. In welchen Fällen ist Wellenoptik zu berücksichtigen, in welchen Fällen Strahlenoptik?

- $\lambda \ll d$

- $\lambda \approx d$

- $\lambda \gg d$

## 4.3. Strahlenoptik

- (a) (4 P) Wie lauten Reflexionsgesetz und Snelliussches Brechungsgesetz? Erklären Sie die Formeln anhand einer Skizze! Kennzeichnen Sie Winkel und Verhältnis der optischen Dichten der Medien!
- (b) (2 P) Unter welchen Bedingungen tritt an einer Grenzfläche Totalreflexion auf? Wie berechnet sich der Grenzwinkel?

## 4.4. Schwarzkörperstrahlung

- (a) (1 P) Wie ist ein schwarzer Körper definiert?
- (b) (5 P) Zeichnen Sie das Schwarzkörper-Emissionsspektrum der Sonne und der Erde als Funktion der Wellenlänge  $\lambda$  in ein Diagramm! Wie unterscheiden sich beide Himmelskörper hinsichtlich Temperatur (Werte), Wellenlänge maximaler Emission (Werte, Verhältnis) und Emissionsleistung (Verhältnis)?
- (c) (2 P) Das Maximum der Schwarzkörperstrahlung der Sonne ( $T = 5800 \text{ K}$ ) liegt bei einer Wellenlänge von  $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$ . Bei welcher Wellenlänge liegt das Emissionsmaximum des Planeten Jupiter mit seinen 78 Monden und einer ungefähren Temperatur der Wolkenoberfläche von  $-145 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

## 5 Aufbau der Materie

---

### Verständnisfragen

5.1. (a) (1 P) Isotope eines Elements unterscheiden sich in der Anzahl der:

- Elektronen.
- Protonen.
- Positronen.
- Neutronen.
- Photonen.

(b) (1 P) Im Bohrschen Atommodell haben die Elektronen:

- diskrete Energien.
- kontinuierliche Energieniveaus.
- positive Ladung.
- ganzzahligen Spin.

(c) (1 P) Sortieren Sie folgende Bindungstypen nach Bindungsstärke (schwächste Bindung (1) stärkste Bindung (4))

- Kovalente Bindung
- Ionische Bindung
- Van-der-Waals-Bindung
- Wasserstoffbrückenbindung

(d) (1 P) Was ist eine Aufgabe eines Moderatormaterials in einem Kernreaktor?

- Erzeugen der radioaktiven Strahlung zur Kernspaltung
- Abbremsen der Neutronen
- Aufheizen des Wassers zur Stromerzeugung
- Stoppen der Kettenreaktion

## 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. (1 P) Was besagt das Pauli-Prinzip?

5.4. (4 P) In einer Röntgenröhre werden die Elektronen auf 45 keV beschleunigt, bevor sie auf einer Molybdänanode ( $Z = 42$ ) einschlagen. Berechnen Sie die Grenzwellenlänge des Bremspektrums von Molybdän (Mo)!

## 6 Quantengase

---

### Verständnisfragen

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

(b) (1 P) Was ist *kein* elementarer Prozess der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Atomen?

- induzierte Emission
- spontane Emission
- induzierte Absorption
- spontane Absorption

(c) (1 P) Ein Material hat eine Bandlücke von 1.1 eV. Es ist ein

- Isolator
- Halbleiter
- Leiter

(d) (2 P) Galliumphosphid (GaP) hat eine Bandlücke von ca. 2.25 eV. Welche Farbe emittiert eine Leuchtdiode aus GaP?

- Infrarot
- Rot
- Grün
- Blau
- Violett

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

6.3. Ein Laserpointer ( $P = 10 \text{ mW}$ ) emittiert Licht der Wellenlänge  $532 \text{ nm}$ .

(a) (3 P) Berechnen Sie die Energiedifferenz der beiden Laserniveaus in Joule ( $J$ ). Wie viele Photonen emittiert der Laser pro Sekunde?

(b) (2 P) Berechnen Sie das Besetzungsverhältnis der beiden Laserniveaus im thermodynamischen Gleichgewicht bei Raumtemperatur ( $300 \text{ K}$ )!

## 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?

## 7 Extrablätter



