

Prüfungsklausur in Physik
für ET (Bc, D), WiIng (D) und TI (D)
vom 15. 10. 2010

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnr.: _____

Studiengang: ET-D ET-Bc WiIng-D TI-D

Tutor: _____ Platznr.: _____

Aufgaben		Punkte	
A(28) Mechanik			
B(34) Thermodynamik			
C(19) Wellen und Elektromagnetismus			
D(32) Elektromagnetische Strahlung			
E(29) Atomare Struktur der Materie			
F(18) Quantengase			
erreichbare Punkte (160)			

Note:

Physikalische Konstanten

$$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$G = 6.7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$$

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

$$R = 8.314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$c = 3.0 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

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

$$c_s = 330 \text{ ms}^{-1}$$

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

$$h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$k = 1.3 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$$

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

$$m_p = 1.7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

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

A. Mechanik

1. Kinematik

Ein PKW fährt mit einer Geschwindigkeit von 40 kmh^{-1} . Bei einer Vollbremsung kommt er nach einer Strecke von 15 m zum Stillstand. Der Bremsvorgang ist als eine gleichförmig beschleunigte Bewegung zu betrachten.

- (a) Wie groß ist der Bremsweg bei einer Vollbremsung mit einer Geschwindigkeit von 120 kmh^{-1} ? (Hinweis: der Luftwiderstand soll vernachlässigt werden.) **(4P)**

- (b) Der Fahrer benötigt 1 s (Schrecksekunde), um zu merken, dass er bremsen muss. Wie lang wird dann der Bremsweg (Anhalteweg)? **(1P)**

2. Planetenbewegung

Nennen Sie die drei Keplerschen Gesetze! **(3P)**

3. Dynamik der Massepunkte und Kräfte

Jupiter hat einen Umfang von etwa 450 000 km. Die Fallbeschleunigung g auf dem Jupiter beträgt das 2.5fache der Fallbeschleunigung auf der Erde. Bestimmen Sie daraus den Radius r , die Masse m und die Dichte ρ von Jupiter. **(7P)**

4. Drehimpuls

Eine Punktmasse mit $m = 200$ g hängt an einem masselosen Faden und rotiert mit einer Geschwindigkeit von $v = 300$ ms⁻¹ im Abstand von $r = 80$ cm um einen festen Punkt.

(a) Berechnen Sie den Drehimpuls! **(2P)**

(b) Welche physikalische Kraft (Name) greift an der kreisenden Punktmasse an? Berechnen Sie diese Kraft! **(3P)**

- (c) Berechnen Sie die kinetische Energie des Massepunkts, wenn die Länge des Fadens halbiert wird. **(3P)**

5. Schwingungen

Ein Fadenpendel wird ausgelenkt und schwingt anschließend hin und her.

- (a) Was ist der Unterschied zwischen einem physikalischen und mathematischen Pendel? Welche Energien müssen bei der Energieerhaltung mit berücksichtigt werden? **(2P)**

- (b) Berechnen Sie die Länge eines mathematischen Pendels, welches in 2 Sekunden einmal hin und her schwingt! **(3P)**

B. Thermodynamik

1. Gase

15 mol eines idealen Gases stehen in einem geschlossenen Gefäß unter einem Druck von 10 bar. Das Volumen des Gefäßes beträgt 500 l.

(a) Nennen Sie die 4 Eigenschaften von idealen Gasen! **(4P)**

(b) Wie lautet die Zustandsgleichung eines idealen Gases? Benennen Sie die auftretenden **Variablen!** **(3P)**

(c) Welche Temperatur herrscht in dem Gefäß? **(1P)**

(d) Mit welcher mittleren Geschwindigkeit \bar{v} bewegen sich die Teilchen bei dieser Temperatur, wenn es sich beim idealen Gas um atomaren Wasserstoff (H) handelt? **(3P)**

- (e) Zeichnen Sie die *Maxwellsche* Geschwindigkeitsverteilung $f(v)$ für (1 mol) H bei einer tiefen Temperatur T_1 und bei einer hohen Temperatur T_2 in ein Diagramm (bitte die Achsenbeschriftung nicht vergessen)! Tragen Sie für beide Temperaturen jeweils die wahrscheinlichste Geschwindigkeit $v_{max}(T_1)$ und $v_{max}(T_2)$ ein! **(3P)**

2. Aggregatzustände

Wasser (H_2O) verhält sich wie ein reales Gas.

- (a) Wie lautet die Zustandsgleichung für reale Gase (Formel)? **(1P)**

- (b) Auf welchen 2 Ursachen basiert die Abweichung vom idealen Gas? **(2P)**

- (c) Skizzieren Sie das p-T-Diagramm von Wasser (Achsenbeschriftung nicht vergessen)! Bezeichnen Sie alle Phasen und Phasenübergänge! Tragen Sie außerdem den kritischen Punkt P_k und den Tripelpunkt P_T ein! Welche physikalische Bedeutung haben P_k und P_T ? **(6P)**

- (d) Im Vorlesungsversuch *Regelation des Eises* wurde ein dünner Draht um einen Eisblock gewickelt und an seinen Enden jeweils eine schwere Hantel befestigt. Erläutern Sie kurz in Stichpunkten, was passiert (Beobachtung und Begründung)! Nehmen Sie dafür das p-T-Diagramm zu Hilfe und zeichnen Sie die durchlaufenen Übergänge ein! **(4P)**

3. Hauptsätze der Thermodynamik und Kreisprozesse

Ein Stirling-Motor wird als Wärmekraftmaschine (WM) betrieben.

- (a) Zeichnen Sie das Flussdiagramm für Wärme und Arbeit einer WM. Bezeichnen Sie ebenfalls die Temperaturen der Wärmereservoirs. **(3P)**
- (b) Wenden sie den 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik auf den obigen Kreisprozess an für den Fall, dass er **reversibel** verläuft! **(2P)**
- (c) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad η , wenn die WM zwischen 25°C und 1000°C arbeitet? **(2P)**

C. Wellen und Elektromagnetismus

1. Schallwellen

(a) Geben Sie die Wellengleichung für eine ebene Schallwelle an! **(1P)**

(b) Schreiben Sie eine mögliche Lösung auf! Benennen Sie die auftretenden Größen! **(3P)**

2. Elektrizität und Magnetismus

Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern

(a) Zeichnen Sie die Feldlinien eines ruhenden Elektrons e^- und geben Sie die Feldstärke als Funktion des Abstands \vec{r} an! **(2P)**

(b) Zeichnen Sie die Feldlinien eines geraden stromdurchflossenen Leiters \vec{I} und geben Sie das magnetische Feld \vec{H} als Funktion des Abstands \vec{r} an! **(2P)**

- (c) Welche Kraft (Formel und Name) wirkt auf ein Elektron im homogenen Magnetfeld, wenn
- i. das Elektron ruht? **(1P)**

 - ii. sich das Elektron parallel mit den Feldlinien bewegt? **(1P)**

 - iii. sich das Elektron senkrecht zu den Feldlinien bewegt? **(2P)**
- (d) Welche Kraft (Formel und Name) wirkt außerdem auf das Elektron in 2(c)iii, wenn zusätzlich ein elektrisches Feld angeschaltet ist? **(2P)**
- (e) Elektronen in einem Fadenstrahlrohr, die mit einer Spannung von $U_B = 100 \text{ V}$ beschleunigt werden, fliegen geradeaus, wenn das Magnetfeld $B = 8.3 \cdot 10^{-5} \text{ Vsm}^{-2}$ beträgt und an den zwei Feldplatten mit dem Abstand $r = 2 \text{ cm}$ eine Spannung $U = 10 \text{ V}$ anliegt. Berechnen Sie das Verhältnis von Ladung und Masse von Elektronen $e/m!$ **(5P)**

D. Elektromagnetische Strahlung

1. Strahlen- und Wellenoptik

Beim Auftreffen auf eine Wasseroberfläche wird ein Lichtstrahlbündel an der Grenzfläche reflektiert und gebrochen.

(a) Wie lauten das Reflexions- und das Brechungsgesetz (Formeln)? **(2P)**

(b) Stellen Sie die Gesetze in einer Skizze an der Grenzfläche Luft \rightarrow Wasser dar. Tragen Sie alle auftretenden Größen aus 1a ein. **(2P)**

(c) Erklären Sie an Hand einer Zeichnung, wie ein Lichtleiter funktioniert! Welche Bedingung muss erfüllt sein? **(3P)**

2. Photoeffekt

Eine Bariumoberfläche wird mit Photonen bestrahlt.

(a) Zeichnen Sie den in der Vorlesung vorgestellten Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoeffekts und bezeichnen Sie die wichtigsten Komponenten! **(5P)**

- (b) Geben Sie die Einstein-Gleichung an, die den Photoeffekt beschreibt! Benennen Sie alle auftretenden Größen! Welche Photospannung wird erreicht? Veranschaulichen Sie diese Größen mit Hilfe von Pfeilen im unten stehenden Potentialschema! **(4P)**

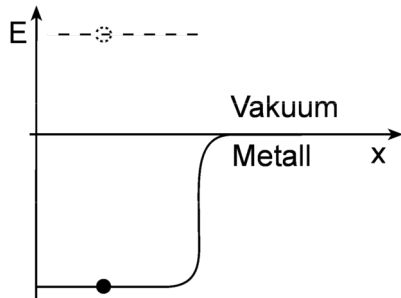


Abbildung 1: Bindungsenergie von Elektronen

- (c) Können Sie eine Photospannung messen, wenn Sie Barium mit Photonen der Wellenlänge $\lambda = 300 \text{ nm}$ bestrahlen? Welches λ dürfen die Photonen gerade noch haben, damit Elektronen emittiert werden? Die Austrittsarbeit beträgt 1.8 eV . **(3P)**
- (d) Berechnen Sie die Frequenz ν , die Energie E , den Impuls p und die Masse m eines Photons mit einer Wellenlänge $\lambda = 300 \text{ nm}$. Wie groß sind die Ruhemasse und der Spin? **(6+1P)**

3. Schwarzkörperstrahlung

(a) Wie ist ein schwarzer Körper definiert? (1P)

(b) Der Glühfaden einer Glühlampe, die mit einer Leistung von 80 W betrieben wird, hat eine Länge $l = 2$ cm und einen Radius $r = 200 \mu\text{m}$. Es wird angenommen, dass die gesamte Leistung in Wärmestrahlung umgewandelt wird. Geben sie die Temperatur des Glühfadens an! (4P)

(c) Bei welcher Wellenlänge liegt das Strahlungsmaximum? (Hinweis: die *Wiensche* Verschiebungskonstante beträgt $2897,8 \mu\text{mK}$.) (2P)

E. Aufbau der Materie

1. Atom

- (a) Geben Sie die Formel an, mit welcher sich die diskreten Energieniveaus im H-Atom berechnen lassen? **(1P)**
- (b) Berechnen Sie die Energien der 3 niedrigsten Niveaus eines H-Atoms und tragen Sie diese in ein skaliertes Energieniveauschema ein (Beschriftung nicht vergessen)! **(4P)**

2. Elektronenhülle

- (a) Wie heißen die vier Quantenzahlen, mit denen die Elektronenzustände eines H-Atoms vollständig charakterisiert werden? Welche Werte können sie annehmen? **(6P)**
- (b) Was besagt das Pauli-Prinzip? **(1P)**

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

3. Mehrelektronensysteme

In einer Röntgenröhre werden die Elektronen auf 45 keV beschleunigt, bevor sie auf einer Molybdänanode ($Z = 42$) einschlagen.

- (a) Berechnen Sie die Grenzwellenlänge des Bremsspektrums von Molybdän! **(2P)**

- (b) Welcher Übergang wird mit der K_α -Linie assoziiert? Schreiben Sie die dazugehörigen Hauptquantenzahlen auf! Berechnen Sie die Energie der K_α -Linie in eV! **(3P)**

- (c) In alten Fernsehern entsteht die Röntgenstrahlung durch Abbremsen der Elektronen auf der Frontscheibe. Berechnen Sie die Dicke einer Eisenschicht, um die ursprüngliche Intensität auf $1/1000$ abzuschwächen. Der Abschwächungskoeffizient beträgt $\mu_{Fe} = 6370 \text{ m}^{-1}$. **(3P)**

4. Moleküle und Kristalle

- (a) Welche Bindungsart liegt jeweils den folgenden Stoffen zu Grunde
- i. Fe: **(1P)**

 - ii. H_2O : **(1P)**

 - iii. NaCl: **(1P)**
- (b) Auf welcher Wechselwirkung basiert die Bindung zwischen
- i. zwei Wassermolekülen ($\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$)? **(1P)**

F. Quantengase

1. Bändermodell

- (a) 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 und die Austrittsarbeit W_A ein! **(4P)**

- (b) Erklären Sie an Hand des Bändermodells und der Fermi-Verteilung (Formel), weshalb Metalle den elektrischen Strom leiten können und Isolatoren nicht! **(3P)**

2. Laser

Der Stickstofflaser emittiert Licht der Wellenlänge 337.1 nm.

- (a) Skizzieren und benennen Sie die drei elementaren Prozesse der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Atomen an Hand zweier Energieniveaus! **(3P)**

- (b) Berechnen Sie die Energiedifferenz beider Laserniveaus in eV. **(2P)**
- (c) Berechnen Sie die das Besetzungsverhältnis der beiden Laserniveaus im thermodynamischen Gleichgewicht bei Raumtemperatur (300 K)! **(2P)**
- (d) Wie groß ist das Besetzungsverhältnis im Laserbetrieb? **(1P)**
- (e) Wie lautet das Zeitgesetz für den spontanen Zerfall eines angeregten Zustandes? **(1P)**
- (f) Berechnen Sie die Halbwertszeit $t_{1/2}$, wenn die Lebensdauer des angeregten Zustandes $\tau = 12$ ns beträgt. **(2P)**