

Prüfungsklausur in Physik
für ET (Bc, D), WiIng (D) und TI (D)
vom 16.07.2012

Name:

Vorname:

Matrikelnr.:

Studiengang:

ET-Bc ET-D WiIng-D TI-D

Platznr.:

Aufgabenteil	Punkte		
1(28) Mechanik			
2(26) Thermodynamik			
3(14) Wellen und Elektromagnetismus			
4(23) Elektromagnetische Strahlung			
5(28) Aufbau der Materie			
6(16) Quantengase			
erreichbare Punkte: 135			

Note:

Physikalische Konstanten

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C(Vm)}^{-1}$$

Hinweis:

Bitte schreiben Sie gut lesbar.

Bei Rechenaufgaben muss der Rechenweg nachvollziehbar sein,

ansonsten kann nicht die volle Punktzahl vergeben werden.

1 Mechanik

1.1 Dynamik und Kräfte

Auf dem flachen Dach eines Autos liegt hinten ein Paket Butter mit der Masse $m = 500$ g, das einen Haftreibungskoeffizienten $\mu_H = 0.5$ aufweist. Das Stück Butter befindet sich in einer Höhe von 1.5 m oberhalb des Erdbodens. Das Auto startet zur Zeit $t_0 = 0$ s am Ort $x = 0$ m mit einer Beschleunigung in x-Richtung mit $a(t) = a_0 + bt$ ($a_0 = 3 \text{ ms}^{-2}$, $b = 0.5 \text{ ms}^{-3}$) und fährt auf ebener Strecke geradeaus.

1. Nach welcher Zeit t_1 rutscht die Butter vom Dach? (Hinweis: der Luftwiderstand soll vernachlässigt werden.) **(3P)**

2. Welchen Geschwindigkeitsbetrag v_1 besitzt das Paket bezüglich des Erdbodens? **(4P)**

3. Mit welchem Geschwindigkeitsvektor \vec{v}_2 prallt das Paket danach auf die Straße? (3P)

1.2 Erhaltungssätze

Eine Billardkugel **A** bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von v_A auf eine ruhende Billardkugel **B** mit der gleichen Masse m zu und stösst mit ihr **zentral** zusammen.

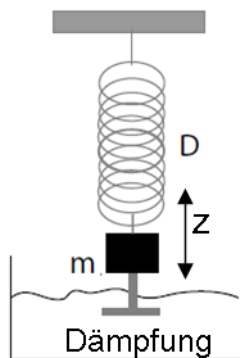
1. Welche physikalischen Größen bleiben beim elastischen Stoß erhalten? Schreiben Sie die Erhaltungssätze explizit als Formel auf. (3P)
2. Nehmen Sie an, dass die beiden oben beschriebenen Kugeln **zentral** inelastisch stoßen und sich nach dem Stoß gemeinsam als eine Einheit fortbewegen. Was unterscheidet einen inelastischen von einem elastischen Stoß? (1P)
3. Leiten Sie aus den Erhaltungssätzen ab, wieviel kinetische Energie verloren geht! (4P)

1.3 Schwingungen

An einem vertikal aufgehängtes Federpendel mit der Federkonstanten von $D = 85 \text{ Nm}^{-1}$ ist eine Masse $m = 250 \text{ g}$ befestigt. Nach Auslenkung der Feder in z-Richtung beginnt das Massestück zu schwingen.

1. Bestimmen Sie die Schwingungsdauer T_0 und die Eigenkreisfrequenz ω_0 des Feder-Masse-Systems! **(2P)**

2.



Die Bewegung des Pendels wird durch Reibung eines als masselos angenommenen, angebrachten Kolbens in einer Flüssigkeit gedämpft (siehe nebenstehende Abbildung). Der Betrag der geschwindigkeitsabhängigen Reibungskraft sei $|\vec{F}_R| = 2m\delta\vec{v}$. Stellen Sie die Bewegungsgleichung für dieses Feder-Masse-Kolben-System auf! **(1P)**

3. Wie ändern sich qualitativ die Eigenkreisfrequenz ω_d und die Schwingungsdauer T_d für den schwach gedämpften im Vergleich zum ungedämpften Oszillator? **(1P)**

4. Stellen Sie die Bewegung des Oszillators mit geringer Dämpfung in einem $z(t)$ -Diagramm graphisch dar (Achsenbeschriftung nicht vergessen)! Tragen Sie T_d und die Amplitude ein! **(3P)**
5. Wie lange dauert es, bis die Amplitude auf die Hälfte ihres ursprünglichen Wertes gefallen ist, wenn die Reibungskonstante $k = 2m\delta = 150 \text{ gs}^{-1}$ beträgt? **(3P)**

2 Thermodynamik

2.1 Ideales Gas und Gaskinetik

In einer Hohlkugel aus Tantal mit einem Volumen $V = 1 \text{ l}$ befinden sich bei $T_0 = 300 \text{ K}$ genauso viele H_2 - wie O_2 -Moleküle. Der Druck in der Kugel sei $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$. Zur Zeit $t = 0 \text{ s}$ werde eine Knallgasreaktion $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2$ gezündet, die alles H_2 in H_2O -Dampf umwandelt. Dabei steige der Druck auf $p_1 = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Alle Gase werden hierbei als ideale Gase betrachtet.

1. Wieviele H_2O -Moleküle befinden sich in der Kugel? (3P)

2. Welche Temperatur hat das Gas? (2P)

3. Welche mittlere Geschwindigkeit \bar{v} haben die verbleibenden O_2 -Moleküle? (O besitzt 8 Protonen und 8 Neutronen) (3P)

2.2 Aggregatzustände

Tatsächlich zeigen alle Gase Abweichungen vom idealen Verhalten.

1. 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)**

2. Was versteht man unter dem Dampfdruck? **(1P)**

2.3 Hauptsätze der Thermodynamik und Kreisprozesse

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

1. Zeichnen Sie das Flussdiagramm für Wärme und Arbeit einer WM. Bezeichnen Sie ebenfalls die Temperaturen der Wärmereservoirs. **(3P)**

3 Wellen und Elektromagnetismus

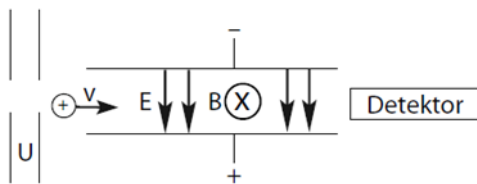
3.1 Wellen und Schallwellen

1. Was unterscheidet eine Welle von einer Schwingung? (1P)

2. Was ist eine stehende Welle? (2P)

3. Welche physikalische Größe schwingt bei Schallwellen und woran ist ihre Ausbreitung gekoppelt? (2P)

3.2 Elektrizität und Magnetismus



Ein Massenspektrometer ist wie im nebenstehenden Bild aufgebaut. Die Ionen der Masse m und der Ladung q werden durch die Spannung $U = 100 \text{ V}$ beschleunigt und fliegen dann, wenn sich die Kräfte durch \vec{E} - und \vec{B} -Feld gerade kompensieren, gerade aus zum Detektor. Das \vec{B} -Feld betrage 0.5 T .

1. Welche Kräfte wirken auf positive Ionen im Vakuum, die sich mit der Geschwindigkeit \vec{v} bewegen und gleichzeitig einem elektrischen Feld \vec{E} und einem magnetischen Feld \vec{B} ausgesetzt sind (Namen und Formeln)? (3P)

2. Welchen Betrag muss das \vec{E} -Feld besitzen, damit man einfach positiv geladene Ar-Atome mit einer Masse $m = 6.68 \cdot 10^{-26}$ kg detektiert? **(3P)**

3. Welche Spannung U_2 muss hierzu an den beiden horizontalen Kondensatorplatten anlegen, wenn diese einen Abstand $d = 1$ mm zueinander und eine Fläche von $A = 5$ cm² haben. **(1P)**

4. Wieviel Ladung Q sitzt dann auf jeder Platte? **(2P)**

4 Elektromagnetische Strahlung

4.1 Strahlen- und Wellenoptik

1. Erlären Sie an Hand einer Zeichnung, wie ein Lichtmikroskop funktioniert! (4P)

2. Unter welcher Bedingung treten Beugungseffekte auf? (1P)

3. Welche zwei Größen muss man kennen, wenn man für einen gegebenen Ort bestimmen will, ob die Interferenz von Wellen aus zwei Lichtquellen, die mit gleicher Frequenz phasengleich schwingen, konstruktiv ist? (1P)

4.2 Photoeffekt

Eine unbekannte Metalloberfläche in einer Photozelle wird mit blauem Licht der Wellenlänge $\lambda = 330 \text{ nm}$ bestrahlt. Die gemessene Photospannung beträgt 1.6 V .

1. Zeichnen Sie den in der Vorlesung vorgestellten Versuchsaufbau zum Nachweis des Photoeffekts und bezeichnen Sie die wichtigsten Komponenten! **(4P)**
2. Geben Sie die Einstein-Gleichung an, die den Photoeffekt beschreibt! **(1P)**
3. Berechnen Sie aus den oben genannten Größen die Austrittsarbeit der Metalloberfläche in eV! **(2P)**
4. Tragen Sie die Photospannung $U(\nu)$ als Funktion der Frequenz ν für zwei Metalle mit unterschiedlicher Austrittsarbeit auf (Achsenbeschriftung mit Einheiten nicht vergessen)! Welche Größen lassen sich aus der Steigung und den Schnittpunkten mit der x- bzw. y-Achse ablesen? Geben Sie hierzu die exakte Definition an! **(3P)**

5. Berechnen Sie, die Energie E , den Impuls p und die Masse m der Photonen mit der Wellenlänge $\lambda = 330 \text{ nm}$. Wie groß sind die Ruhemasse und der Spin? **(3+1P)**

4.3 Schwarzkörperstrahlung

Die Strahlungsintensität der Sonne E_S heizt unseren Planeten. In Erdentfernung beträgt die gemessene Strahlungsintensität der Sonne noch $S = 1.372 \text{ kWm}^{-2}$ (Solarkonstante). Etwa 70% der auf die Erde treffenden Strahlung wird absorbiert. Wie groß ist die absorbierte Strahlungsleistung $P_{S \rightarrow E}$, wenn man als Absorptionsfläche A eine Kreisscheibe mit dem Erdradius $r_E = 6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$ zu Grunde legt? **(3P)**

5 Aufbau der Materie

5.1 Elektronenhülle

1. Welche diskreten Energiewerte hat ein Elektron im Gold ${}_{79}\text{Au}^{78+}$ -Ion (Formel)? Berechnen Sie die drei niedrigsten Energiezustände und stellen Sie die Ergebnisse in einem skalierten Energieniveauschema graphisch dar! (4P)

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

3. Was besagt das Pauli-Prinzip? **(1P)**
4. Geben Sie explizit zwei beliebige, mögliche Kombinationen von Quantenzahlen für $n = 3$ an! **(1P)**

5.2 Mehrelektronensysteme

In einer Röntgenröhre werden Elektronen stark beschleunigt, bevor sie beim Einschlagen auf einer Molybdänanode ($Z = 42$) Röntgenstrahlung emittieren.

1. Um welche Arten von Strahlung handelt es sich? Zeichnen Sie das jeweilige Spektrum in ein Diagramm (Achsenbeschriftung und Bezeichnung nicht vergessen)! **(3P)**
2. Von welcher Größe hängt die Wellenlänge der emittierten der Strahlung jeweils ab? **(2P)**

3. Wie groß müssen Sie eine der beiden Größen mindestens wählen, wenn Sie Röntgenstrahlung mit einer Wellenlänge von $\lambda = 32 \text{ pm}$ generieren wollen? **(2P)**

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

5.3 Atomkern

1. Wie kann man die Bindungsenergie der Nukleonen berechnen? **(1P)**

2. In der Sonne wird Energie aus der Fusion von ${}^1_1\text{H}$ zu ${}^4_2\text{He}$ erzeugt. Die Nettogleichung lautet: $4{}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2\beta^+ + 2\nu_e + \gamma + 24.5 \text{ MeV}$

(a) Wie hoch ist die Verbrauchsrate an ${}^1_1\text{H}$ -Kernen, wenn auf der Erde eine Strahlungsintensität von $S = 1.4 \text{ kWm}^{-2}$ (Solarkonstante) ankommt? Der Abstand Erde–Sonne beträgt $r = 1.5 \cdot 10^8 \text{ km}$. **(4P)**

(b) Wieviel Masse verliert die Sonne durch Abstrahlung pro Jahr? **(3P)**

6 Quantengase

6.1 Bändermodell

1. 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)**

2. Wie groß ist die Besetzungswahrscheinlichkeit für Quantenzustände 0.05 eV oberhalb des Fermi-Niveaus in einem Metall bei $T = 300$ K? **(2P)**

3. Welche charakteristische Größe unterscheidet einen Halbleiter von einem Isolator? Wie wird ein Halbleiter elektrisch leitend? **(2P)**

6.2 Laser

Der Stickstofflaser emittiert Licht der Wellenlänge $\lambda = 337.1$ nm.

1. Skizzieren und benennen Sie die drei elementaren Prozesse der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Atomen an Hand zweier Energieniveaus! **(3P)**
2. Berechnen Sie die Energiedifferenz beider Laserniveaus in eV. **(2P)**
3. Berechnen Sie die das Besetzungsverhältnis der beiden Laserniveaus im thermodynamischen Gleichgewicht bei Raumtemperatur (300 K)! **(2P)**
4. Wie groß ist das Besetzungsverhältnis im Laserbetrieb? **(1P)**