Aufgabe 1

Themenbereich 3: Gravitation

In den Jahren um 1881 herum bestimmte der deutsche Physiker Philipp von Jolly die Gravitationskonstante γ, indem er eine große Bleikugel (m_3) unter eine Glaskugel (m_1) rollte, die mit Quecksilber gefüllt war. Die Versuchsanordnung ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 1

m_1 u. m_2: Mit Quecksilber gefüllte Glaskugeln, die jeweils den Radius $r = 5cm$ und jeweils die Masse $m_1 = m_2 = 7{,}0kg$ hatten.
m_3: Bleikugel mit dem Radius $R = 50cm$ und der Masse $m_3 = 5938kg$.
Position 1: Ort der Bleikugel m_3 zu Beginn der Messung.
Position 2: Ort derselben Bleikugel m_3, nachdem sie unter die linke Glaskugel m_1 gerollt wurde.

Der Abstand zwischen den Oberflächen der Kugeln m_1 und m_3 betrug in Position 2 bei diesem Experiment $d = 2cm$ (siehe Abbildung 2).

1.a Stellen Sie dar, was man erwarten kann, wenn sich m_3 in Position 2 befindet. Nennen Sie einen Grund dafür, warum die Kraft von m_3 auf m_2 vernachlässigt werden konnte.

(6 Punkte)

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 2

Als sich die Bleikugel m_3 in Position 2 befand, musste die Masse m_2 um die Masse $\Delta m_2 = 0{,}87 mg$ vergrößert werden, damit die Balkenwaage im Gleichgewicht blieb.

1.b Bestimmen Sie unter Zuhilfenahme der Gewichtskraft $F_{g;m_2}$ der Masse Δm_2 den Wert der Gravitationskonstanten γ, der sich aus den oben wiedergegebenen Messerwerten ergab. Gehen Sie dabei davon aus, dass die Erdbeschleunigung am Ort der Messung den Wert $g = 9{,}81 \frac{m}{s^2}$ hatte.
Stellen Sie auch die Einheitenbetrachtung dar.

(11 Punkte)

Der Physiker v. Jolly musste bei seinem Versuch sehr behutsam vorgehen. Zunächst rollte er die Kugel m_3 in die Position 2. Anschließend benötigte er eine gewisse Zeit, um die Masse m_2 um den oben angegebenen Wert $\Delta m_2 = 0{,}87 mg$ zu vergrößern. Während dieser Zeit konnte sich die linke Kugel m_1 etwas auf die Bleikugel m_3 zu bewegen, zum Beispiel um die Strecke $\Delta s = 0{,}005 mm$.

1.c Nennen Sie einen Grund dafür, warum v. Jolly davon ausgehen konnte, dass sich die Kraft auf die Quecksilberkugel m_1 dennoch praktisch nicht veränderte, während sich m_1 etwas auf m_3 zu bewegte.
Berechnen Sie unter dieser Voraussetzung die Arbeit W_{m1}, die an m_1 im Gravitationsfeld der Bleikugel verrichtet wurde, falls sich die Schwerpunkte der beiden Kugeln um $\Delta s = 0{,}005 mm$ näherten.
(*Hinweise*: Der Effekt ist sehr klein, achten Sie auf ausreichende Rechengenauigkeit! Rechnen Sie in diesem Aufgabenteil mit dem Wert für γ aus der Formelsammlung!)

(5 Punkte)

Als v. Jolly den oben geschilderten Versuch durchführte, war er auch in der Lage, extrem empfindliche und genau gehende Federwaagen herzustellen. Grundsätzlich hätte der Physiker bei seinem Versuch die Balkenwaage also auch durch eine Federwaage ersetzen können (Siehe Abbildung 3).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 3

Nehmen Sie an, dass bei der Versuchsanordnung nach Abbildung 3 der Mond zu Beginn des Experimentes (Position 3 der Bleikugel m_3) genau auf Höhe des Horizontes stand und somit die Messung nicht beeinflusste. Als die Bleikugel dann auf die Position 4 gerollt worden war, befand sich der Mond auf Grund seiner Bewegung und der Erdrotation genau senkrecht über der Versuchsanordnung.

1.d Berechnen Sie die Anziehungskraft F_{Mond} des Mondes auf m_3 und bestimmen Sie, um welchen Faktor die Kraft F_{Mond} die bei dieser Versuchsanordnung auftretende Anziehungskraft zwischen den Massen m_3 und m_1 übertrifft.

Gehen Sie dabei davon aus, dass der Mond die Masse $M_{Mond} = 7{,}35 \cdot 10^{22} kg$ hat und sein Schwerpunkt während der ganzen Zeit den Abstand $d_{Mond} = 380.000 km$ vom Ort des Experimentes hat. (*Anmerkung*: Wundern Sie sich nicht über die Größenordnung!!)
Beurteilen Sie, ob der in diesem Aufgabenteil geschilderte Effekt bei dem Versuch nach Abbildung 1 eine Rolle spielte.

(10 Punkte)

Seit dem Jahr 2004 befindet sich die Raumsonde Rosetta ($m_{Rosetta} = 1{,}6 t$) auf ihrem Flug zum Kometen Churyumov. Wenn sie im Jahr 2014 den Kometen erreicht hat, soll sie ihn zunächst auf einer Bahn mit dem Radius $r_{Bahn} = 10 km$ umkreisen, um die Masse des Kometen zu bestimmen.

1.e Berechnen Sie die Kometenmasse, falls die Raumsonde für eine volle Umkreisung des Kometen die Zeit $t = 4{,}46 d$ benötigt.

(11 Punkte)

Gravitationsfelder und elektrische Felder sind miteinander vergleichbar. Ein solcher Vergleich soll nun im folgenden Aufgabenteil vorgenommen werden.

1.f Zeichnen Sie den Feldlinienverlauf des elektrischen Feldes eines Plattenkondensators und den des elektrischen Feldes eines Kugelkondensators.

Vergleichen Sie das elektrische Feld der beiden Kondensatoren
- mit dem Gravitationsfeld der Erde in der Nähe der Erdoberfläche und
- mit dem Gravitationsfeld der Erde über große Abstände von der Erde.

(7 Punkte)

Aufgabe 2

Themenbereich 5: Licht als elektromagnetische Welle

2.a Beschreiben Sie die physikalischen Begriffe Schwingung und Welle und erläutern Sie die Zusammenhänge zwischen den beiden Phänomenen an einem mechanischen Beispiel.

(6 Punkte)

Im Inneren eines rechtwinkeligen Glastroges befindet sich ein optisches Gitter. Auf der gegenüberliegenden Seite des Glases (Abstand $b = 10,3cm$) befindet sich durchscheinendes Millimeterpapier als Schirm.
Von der linken Seite wird das Gitter von einem Laserstrahl bestrahlt. Ein Teil des Lichts geht geradlinig hindurch, auf dem mm-Papier sind außerdem Interferenzmuster als Beugung nach links und rechts zu erkennen. (Abbildung 1 zeigt die Situation von oben. Der Trog ist noch leer. Die Dicke der Glaswände soll im Folgenden nicht berücksichtigt werden.)
Auf dem mm-Papier werden die folgenden Werte gemessen: Bei Ablenkung von rotem Licht (In Luft hat dies die Wellenlänge $\lambda = 650nm$) $s_1 = 8,75cm$ bzw. $s_2 = 27,35cm$ (Mittelwerte).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Glastrog von oben betrachtet

2.b Begründen Sie rechnerisch, dass dazu die Beugungswinkel $\alpha_1 = 23°$ und $\alpha_2 = 53°$ gehören. Berechnen Sie die Frequenz f des Lichtes.

(5 Punkte)

2.c Erläutern Sie, wie man aus diesen Angaben die Gitterkonstante d des optischen Gitters berechnen kann und bestimmen Sie diese. Überprüfen Sie, ob es sich bei dem Gitter um ein durchsichtiges Stück einer CD (Abstand der Spuren $d_{CD} = 1,6\mu m$) oder einer DVD ($d_{DVD} = 0,7\mu m$) handeln kann.

(8 Punkte)

2.d Begründen Sie, warum man mit rotem Licht kein drittes Nebenmaximum erwarten kann, während das mit grünem Licht ($\lambda = 520nm$) sehr wohl gelingt.
(Falls Teilaufgabe 2.c noch nicht gelöst wurde, können Sie von einer Gitterkonstanten von $d = 1700nm$ ausgehen.)

(5 Punkte)

2.e In einem weiteren Experiment wird der leere Glastrog mit grünem Laserlicht bestrahlt. Anschließend wird der Trog mit Wasser gefüllt. Beschreiben Sie, wie sich dadurch die Interferenzfigur auf dem mm-Papier verändert. Begründen Sie dies mit einer optischen Eigenschaft von Wasser.

(7 Punkte)

2.f Im Wasser gefüllten Gefäß kann man mit rotem Licht drei Nebenmaxima ausmessen und zwar bei den Beugungswinkeln $\beta_1 = 16,9°$, $\beta_2 = 36,4°$ und $\beta_3 = 63,8°$. Berechnen Sie daraus die Wellenlänge λ_{H_2O} und den Wert für den Brechungsindex n_{H_2O} von Wasser. Gehen Sie für diese Berechnung von der Gitterkonstante $d = 1,6\mu m$ aus.

(6 Punkte)

2.g Beschreiben Sie das Lichtwellenmodell von Huygens und diskutieren Sie, ob die Beugung an einem Gitter das Modell bestätigt. *(5 Punkte)*

Ein Mikrowellensender strahlt ebene Wellen senkrecht auf eine spiegelnde Metallwand. Dazwischen befindet sich eine Empfangsantenne, die beim Verschieben entlang der Ausbreitungsrichtung der Mikrowellen Intensitätsminima und -maxima registriert. Der Abstand zwischen zwei aufeinaderfolgenden Minima beträgt $\Delta s = 2,4cm$.

2.h Erklären Sie das Zustandekommen dieses Phänomens.
Berechnen Sie die Wellenlänge und die Frequenz der Mikrowellenstrahlung.
Beurteilen Sie eine Durchführbarkeit des Experiments, wenn man statt der Mikrowellenstrahlung rotes Licht der Wellenlänge $\lambda = 650nm$ nimmt.

(8 Punkte)

Aufgabe 3

Themenbereich 7: Klassische und quantenmechanische Atommodelle

Als der dänische Physiker Niels Bohr 1913 ein Atommodell formulierte, mit dem sich die beobachtbaren Spektren von Wasserstoff erklären ließen, formulierte er als Voraussetzung für sein Atommodell zwei Postulate. Das erste Postulat, die sog. Quantenbedingung, besagt, dass sich Elektronen im Atom nur auf bestimmten, diskreten Bahnen bewegen können.
Eine Folgerung daraus ist, dass auch die Energien der Elektronen im Atom nur diskrete Werte annehmen können.

3.a Beschreiben Sie, inwiefern dieses Postulat von den Vorstellungen der „klassischen" Physik abweicht. (*2 Punkte*)

3.b Stellen Sie kurz dar, wie sich dieses Postulat mit Hilfe des Modells eines linearen Potentialtopfes mit unendlich hohen Potentialwällen physikalisch nachvollziehen lässt. (*4 Punkte*)

Im Rahmen des quantenmechanischen Potentialtopfmodells lässt sich die Energie eines Elektrons in einem Potentialtopf der Länge a mit der folgenden Formel berechnen:

$$W_n = \frac{h^2}{8 \cdot m_e \cdot a^2} \cdot n^2,$$

wobei n den Zustand des Elektrons bezeichnet und auch Energiequantenzahl genannt wird.

Das Farbstoffmolekül Cyanin kann als Potentialtopf mit einer Länge von $a = 1{,}23nm$ betrachtet werden.

3.c Berechnen Sie die Energiewerte W der Elektronen für die Zustände $n = 3$ bis $n = 5$.
Berechnen Sie die Energiedifferenzen für die Übergänge zwischen den Zuständen $n = 3$, $n = 4$ und $n = 5$.
Nennen Sie die Übergänge, bei denen das Cyaninmolekül Licht aus dem sichtbaren Spektrum ($390nm \le \lambda \le 790nm$) aussendet. (*14 Punkte*)

Eine Röntgenröhre wird mit Kupfer als Anodenmaterial und einer Beschleunigungsspannung von $U_B = 35kV$ betrieben. Als Gitter wird ein $NaCl$-Kristall mit einem Netzebenenabstand von $d = 282\,pm$ verwendet.

3.d Berechnen Sie die Grenzwellenlänge λ_{grenz} und den Glanzwinkel ϑ, ab dem man zum ersten Mal einen Anstieg der Intensität der Röntgenstrahlung messen kann. (*14 Punkte*)

Mit Hilfe des Moseleyschen Gesetzes $W_{K\alpha} = 13{,}6eV \cdot (Z-1)^2 \cdot 0{,}75$ können die Kernladungszahlen Z der verschiedenen Elemente bestimmt werden und die Elemente in das Periodensystem einsortiert werden.

3.e Dem Element Kalium (K) wurde vor der Untersuchung mit dem Moseleyschen Gesetz die Ordnungszahl $Z = 18$ zugewiesen. Die K_α-Linie von Kalium wurde bei einer Wellenlänge

der Röntgenstrahlung von $\lambda = 375{,}9\,pm$ gemessen.
Beurteilen Sie mit Hilfe einer Rechnung, ob diese Zuweisung stimmt.
Bestimmen Sie gegebenenfalls eine passendere Zuweisung. (*13 Punkte*)

Eine mögliche, in der Schulphysik auch häufig verwendete Deutung der ψ^2 -Funktion lautet:

„Die ψ^2 -Funktion macht keine Aussage über ein Mikroobjekt selbst, sondern über unsere Kenntnis vom Verhalten dieses Objekts."

3.f Erläutern Sie diese Interpretation. (*3 Punkte*)

Die Senatorin
für Bildung und Wissenschaft

Freie
Hansestadt
Bremen

Schriftliche Abiturprüfung 2011 im dritten Prüfungsfach

Grundkurs Physik

Donnerstag, 7. April 2011, 9.00 Uhr

Unterlagen für Referenten und Korreferenten

- Diese Unterlagen sind nicht für Schülerinnen und Schüler bestimmt -

---

Diese Unterlagen enthalten …

- Allgemeines,
- Erwartungshorizonte, Bewertungen und Korrekturhinweise zu den Aufgaben,
- keine Aufgabenstellungen – Ihre Exemplare entnehmen Sie bitte den Schüleraufgaben – ,
- einen Protokollbogen zur Auswahl der Aufgaben für die Prüfungsakten Ihrer Schule,
- einen Rückmeldebogen für die Zentralabiturkommission zur Auswahl der Aufgaben.

Allgemeines

- Prüfen Sie die Prüfungsaufgaben vor der Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre Vollständigkeit und formale und inhaltliche Korrektheit und ergänzen Sie sie gegebenenfalls. Bei nicht ausreichender Anzahl erstellen Sie entsprechende Kopien vor Ort. Bei einem schwerwiegenden inhaltlichen Fehler informieren Sie sofort die Senatorin für Bildung und Wissenschaft von 7.00 bis 9.30. Die von der Senatorin für Bildung und Wissenschaft vorgenommene Korrektur gibt die Schule sofort an die für die schriftliche Prüfung zuständige Lehrkraft weiter.
- Wählen Sie gemeinsam mit Ihrer Korreferentin / Ihrem Korreferenten aus den drei vorgelegten Aufgaben zwei aus. Kommt es zu keiner Einigung, bestimmt die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses die Auswahl der Aufgaben (§ 10 Abs. 2 Nr. 1 AP-V). Protokollieren Sie auf dem beigefügten Protokollformular, welche Aufgaben Sie gewählt haben (Prüferin/Prüfer und Korreferentin/Korreferent und ggf. auch die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses unterschreiben das Protokoll).
- Füllen Sie bitte für die Zentralabiturkommission Physik den beigefügten Rückmeldebogen zur Auswahl der Aufgaben aus und schicken ihn an die dort genannte Adresse.
- Fragen Sie vor Verteilung der Aufgaben nach der Arbeitsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und weisen Sie diese auf die Regelungen des § 5 AP-V (Täuschung und Behinderung) hin.
- Machen Sie die Schülerinnen und Schüler auf die Arbeitshinweise aufmerksam, die am Anfang ihrer Unterlagen für die Prüfung stehen. Geben Sie ihnen ggf. die nötigen Angaben zur Schulnummer sowie zur genauen Kursbezeichnung.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 180 Minuten.
- Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Taschenrechner.

Aufgabe 1 **Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

	Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze	Bewertung I	Bewertung II	Bewertung III
a.	Die Masse m_1 erfuhr von der Masse m_3 zusätzlich zur Massenanziehungskraft der Erde eine Kraft senkrecht nach unten. Daher geriet die Waage aus dem Gleichgewicht und die Masse m_1 begann sich nach unten zu bewegen. Da die Masse m_2 von der Masse m_3 einen wesentlich größeren Abstand als m_1 hat und da die Gravitationskraft umgekehrt proportional zum Abstandsquadrat ist, konnte die Massenanziehungskraft zwischen den beiden Körpern vernachlässigt werden.	2	3	1
b.	Abstand der Kugelmittelpunkte: $0{,}50m + 0{,}02m + 0{,}05m = 0{,}57m$. Zusätzliche Gewichtskraft der Masse m_2: $F_{g;m_2} = 0{,}87 \cdot 10^{-6} kg \cdot 9{,}81 m/s^2 = 8{,}53 \cdot 10^{-6} N$ Damit ergibt sich für γ der Ansatz: $\gamma \cdot \frac{7{,}0kg \cdot 5938kg}{(0{,}57m)^2} = 8{,}53 \cdot 10^{-6} N$ $\Rightarrow \gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$ Betrachtung der Einheiten: $[\gamma] = \frac{N \cdot m^2}{kg^2} = \frac{kg \cdot m \cdot m^2}{s^2 \cdot kg^2} = \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$	3	8	
c.	Entlang der kurzen Strecke, auf der sich m_1 auf m_3 zubewegte, konnte das Gravitationsfeld der großen Kugel als homogen angesehen werden. $W_{m1} = 8{,}53 \cdot 10^{-6} N \cdot 0{,}005 \cdot 10^{-3} m = 4{,}265 \cdot 10^{-11} J$	3		2
d.	Anziehungskraft des Mondes auf die Masse $F_{Mond} = \gamma \cdot \frac{7{,}35 \cdot 10^{22} kg \cdot 7kg}{(380 \cdot 10^6 m)^2} = 2{,}38 \cdot 10^{-4} N$ Kraft von m_3 auf m_1: $F_{g;m_2} = 8{,}53 \cdot 10^{-6} N$ (Siehe b) Die Messung wird um den Faktor $k = \frac{2{,}38 \cdot 10^{-4} N}{8{,}53 \cdot 10^{-6} N} = 28$ verfälscht. Der Effekt hat auf die Messung mit der Balkenwaage keinen Einfluss, da beide Massen m_1 und m_2 vom Mond gleich stark und in die gleiche Richtung angezogen werden.	4	5	1

e.	Bahnumfang: $L = 2 \cdot \pi \cdot 10.000m = 68.832m$ Bahngeschwindigkeit: $v = \frac{L}{t} = \frac{68.832m}{4{,}46 \cdot 24 \cdot 3600s} = 0{,}163\frac{m}{s}$ Notwendige Zentripetalbeschleunigung: $a = \frac{v^2}{r} = \frac{0{,}163^2}{10.000}\frac{m}{s^2} = 2{,}657 \cdot 10^{-6}\frac{m}{s^2}$ Die Zentripetalbeschleunigung wird von der Gravitationsbeschleunigung aufgebracht, also: $2{,}657 \cdot 10^{-6}\frac{m}{s^2} = \gamma \cdot \frac{m_C}{(10.000m)^2}$ $m_C = 3{,}98 \cdot 10^{12}kg$ Anmerkung: Da die Masse der Raumsonde gegeben ist, kann genauso gut mit der Zentralkraft und der Gravitationskraft gerechnet werden.	5	6	
f.	Der Feldlinienverlauf: ***Die Abbildungen wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.*** eines Kugelkondensators eines Plattenkondensators. Die Feldlinien des Gravitationsfelds der Erde kommen aus dem Unendlichen und enden immer auf der Erde. Die Feldlinien des elektrischen Feldes des Plattenkondensators können je nach der Polung der Spannung an verschiedenen Platten enden. Ist ein Kugelkondensator negativ geladen, kommen die elektrischen Feldlinien aus dem Unendlichen und enden auf dem Kondensator. Ist der Kugelkondensator positiv geladen, verlaufen die Feldlinien seines elektrischen Feldes genau umgekehrt. Der Feldlinienverlauf des Gravitationsfelds nahe der Erdoberfläche (bzw. über kleine Änderungen des Abstandes von der Erde) entspricht dem Feldlinienverlauf im Inneren des Plattenkondensators, es hat dort mit guter Näherung die Form eines homogenes Feldes. Über große Abstände von der Erde handelt es sich wie beim Kugelkondensator um ein radiales Feld. Der Verlauf der elektrischen Feldlinien am Rand des Plattenkondensators hat im Gravitationsfeld der Erde keine Entsprechung.	3	3	1
	Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	**20**	**25**	**5**

Aufgabe 2 **Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

	Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze	Bewertung I	Bewertung II	Bewertung III
a.	Schwingung als zeitlich periodischer Vorgang, Welle als zeitlich und räumlich periodischer Vorgang, in der an jedem Ort eine Schwingung stattfindet. Ein Beispiel mit einer Störung ist zulässig.	6		
b.	Für Ablenkwinkel gilt $\tan\alpha = \frac{0,5 \cdot s}{b}$, also $\alpha_1 = \arctan\frac{8,75cm}{2 \cdot 10,3cm} = \tan^{-1}\frac{8,75}{2 \cdot 10,3} = 23,01°$ und $\alpha_2 = 53,01°$. $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2,998 \cdot 10^8 \, m/s}{650 \cdot 10^{-9}\, m} = 4,612 \cdot 10^{14}\, Hz$	5		
c.	Das erste Nebenmaximum entsteht, wenn der Weglängenunterschied Δs zweier benachbarter Strahlen, die das Gitter passieren, gleich der Wellenlänge λ ist. Mit Skizze zu zeigen, dass $d \cdot \sin\alpha_n = n \cdot \lambda$. Damit ergibt sich $d = 1664nm$ bzw. $d = 1628nm$. Die Entscheidung fällt für die CD.		8	
d.	Der Weglängenunterschied müsste für ein Nebenmaximum dritter Ordnung $\Delta s \geq 3 \cdot \lambda = 1950nm$ sein. Das ist mit diesen Gitterkonstanten nicht möglich. Für grünes Licht gilt $3 \cdot \lambda = 1560nm < 1,6\mu m = d_{CD}$.		2	3
e.	Da die optische Dichte von Wasser größer ist als von Luft, sind die Ablenkwinkel kleiner als in Aufgabe 2.b. Die Interferenzmuster rücken zusammen.		7	
f.	Es gilt wieder $d \cdot \sin\beta_n = n \cdot \lambda;\ n = 1,2\ oder\ 3$, daher $\lambda = 465,1nm$, $\lambda = 474,7nm$ und $\lambda = 478,5nm$, Mittelwert ist $\lambda_{H_2O} = 472,8nm$. Der Brechungsindex berechnet sich mit $\frac{n_{Luft}}{n_{Wasser}} = \frac{\lambda_{Wasser}}{\lambda_{Luft}} = \frac{c_{Luft}}{c_{Wasser}}$ zu $n_{H_2O} = 1,37$.	3	3	
g.	Formulierung des Huygens'schen Prinzips: Jeder Punkt einer Wellenfront ist Ausgangspunkt einer Elementarwelle. Die Überlagerung der Elementarwellen ergibt die Wellenfronten, die beobachtet werden. Qualitative Bestätigung für Beugung am Gitter mit verbaler Beschreibung oder geeigneter Skizze, z.B für die Wellenfronten: ***Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.*** Von unten kommende Wellenfronten erzeugen nur an den Spalten des Gitters Elementarwellen. Diese können sich zum Maximum Nullter Ordnung überlagern, wobei die Ablenkung 0° beträgt (links, Gangunterschied zweier benachbarter Elementarwellen $\Delta s = 0$), oder z.B. zum Beugungsmaximum erster Ordnung (rechts, Gangunterschied $\Delta s = \lambda$).		5	

h.	Die elektromagnetische Strahlung des Mikrowellensenders und die reflektierte Strahlung überlagern sich, so dass es an einigen Stellen zu Verstärkung kommt (diese Stellen nennt man Bäuche) und an anderen Stellen zum völligen Auslöschen (Knoten). Die Knoten haben einen Abstand von $\Delta s = \frac{\lambda}{2}$, so dass wir eine Wellenlänge $\lambda = 4,8cm$ und eine Frequenz $f = \frac{c}{\lambda} = 6,246MHz$ berechnen. Für die sehr viel kürzeren Wellenlängen des sichtbaren Lichts ist kein Messgerät bekannt, das diese Intensitätsverteilung messen kann.	6		2
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		**20**	**25**	**5**

Aufgabe 3 **Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

<table>
<tr><th rowspan="2" colspan="2">Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze</th><th colspan="3">Bewertung</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>a.</td><td>Bei der klassischen Vorstellung ging man davon aus, dass ein Elektron in der Atomhülle jeden beliebigen Energiewert annehmen kann und folglich auch jede „Bahn“ um den Atomkern möglich wäre. Dieser Vorstellung widerspricht das Bohrsche Postulat.</td><td>2</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>b.</td><td>Die ψ -Funktion ist eine Wellenfunktion. Damit sich die Zustände, die durch die ψ -Funktion beschrieben werden, nicht durch Interferenz auslöschen, muss die ψ -Funktion im Potentialtopf eine stehende Welle ausbilden. Diese diskreten Zustände entsprechen den diskreten Energien.
Hinweis: Diese Lösung ist nur ein Vorschlag. Jede im Unterricht behandelte Beschreibung sollte mit voller Punktzahl bewertet werden.</td><td>2</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>c.</td><td>$W_n = \frac{h^2}{8m_e a^2} n^2$
$W_3 = 3,58 \cdot 10^{-19} J \quad W_4 = 6,37 \cdot 10^{-19} J \quad W_5 = 9,95 \cdot 10^{-19} J$
$\Delta W = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta W}$
$\Delta W_{3,5} = 6,37 \cdot 10^{-19} J \quad \lambda = 312 nm$
$\Delta W_{4,5} = 3,58 \cdot 10^{-19} J \quad \lambda = 555 nm$
$\Delta W_{3,4} = 2,79 \cdot 10^{-19} J \quad \lambda = 712 nm$
Sichtbar ist das Licht der Übergänge $4 \to 5$ und $3 \to 4$</td><td>8</td><td>6</td><td></td></tr>
<tr><td>d.</td><td>$e \cdot U_b = h \cdot \frac{c}{\lambda}$
Bragg-Bedingung: $\lambda = 2d \cdot \sin \vartheta$
$e \cdot U_b = \frac{h \cdot c}{2d \cdot \sin \vartheta}$
$\sin \vartheta = \frac{h \cdot c}{2d \cdot e \cdot U_b} = 0,063$
$\vartheta = 3,6^o$
Ab einem Glanzwinkel von $\vartheta = 3,6^o$ kann man einen Anstieg der Intensität der Röntgenstrahlung messen.</td><td>8</td><td>6</td><td></td></tr>
<tr><td>e.</td><td>$\frac{h \cdot c}{\lambda} = 13,6 eV \cdot (Z-1)^2 \cdot 0,75$
$\lambda = \frac{h \cdot c}{13,6 eV \cdot (Z-1)^2 \cdot 0,75}$
für $K = 18$ folgt $\lambda = 420,6 pm$
für $K = 19$ folgt $\lambda = 375,2 pm$
Die Zuweisung $K = 18$ kann eigentlich nicht stimmen. Zu dem Messwert würde die Zuweisung $K = 19$ besser passen.</td><td></td><td>11</td><td>2</td></tr>
</table>

f.	Eine Beurteilung und Bewertung dieser Teilaufgabe kann nur auf der Grundlage der Diskussionen erfolgen, die über die Interpretation der Quantenphysik im Unterricht stattfand. Einige mögliche Aspekte, die in diesem Zusammenhang angesprochen werdenm können, sind: • Die ψ^2-Funktion als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte. • Bedeutung des Messprozesses in der Quantenphysik. • Abgrenzung der Deutung zur Sichtweise materialistisch orientierter Physiker. *Hinweis: Es sollte jede physikalisch sinnvolle Aussage hierzu positiv bewertet werden.*			3
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		**20**	**25**	**5**