Name: _____

Abiturprüfung 2016

Physik, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe: Eigenschaften von Röntgenstrahlung und Röntgenfluoreszenz

Im Jahr 1905 formulierte Albert Einstein in seiner berühmten Veröffentlichung *„Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden Gesichtspunkt“* erstmals die Lichtquantenhypothese. Er konnte mit dieser neuen Idee die im Rahmen der klassischen Physik bis dahin unverstandene Abhängigkeit der kinetischen Energie ausgelöster Fotoelektronen von der Frequenz des auslösenden Lichts erklären.

Teilaufgabe 1

Geben Sie die wesentlichen Aussagen der von Einstein formulierten Lichtquantenhypothese an. Gehen Sie dabei insbesondere auf den Zusammenhang zwischen Energieübertrag und Lichtfrequenz ein.

(4 Punkte)

In der Folgezeit nach ihrer Formulierung erwies sich die Lichtquantenhypothese immer wieder als sinnvoll bei der Beschreibung der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung und Materie. Insbesondere die Erzeugung sowie die Eigenschaften von Röntgenstrahlung können mit der Lichtquantenhypothese überzeugend beschrieben und erklärt werden.

Name: _____

Teilaufgabe 2

Üblicherweise wird Röntgenstrahlung in dafür optimierten Röntgenröhren erzeugt. Die Abbildung 1 zeigt stark vereinfacht den Aufbau und die Funktionsweise einer Röntgenröhre und ihre äußere Beschaltung.

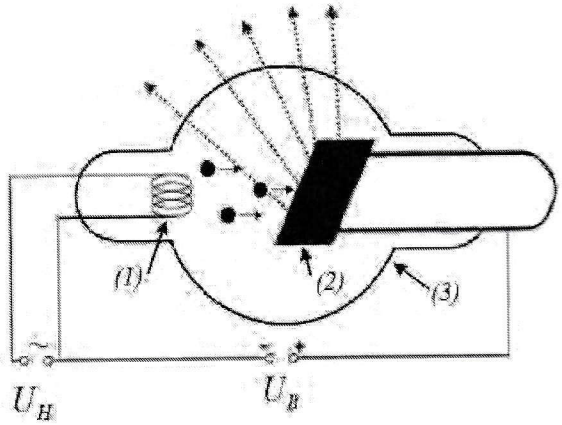

Abbildung 1: Aufbau und Funktionsweise einer Röntgenröhre

a)
- *Benennen Sie die in der Abbildung 1 nummerierten Bestandteile der Röntgenröhre.*
- *Beschreiben Sie anhand von Abbildung 1 den Aufbau und die Beschaltung einer Röntgenröhre.*

b) *Erläutern Sie die Funktionsweise der Röntgenröhre, ohne dabei auf die atomaren Prozesse der Erzeugung der Röntgenstrahlung einzugehen.*

(10 Punkte)

Name: _____

Teilaufgabe 3

Die Abbildung 2 zeigt schematisch das Frequenzspektrum der Röntgenstrahlung mit seinen beiden Anteilen, der Bremsstrahlung und der charakteristischen Strahlung.

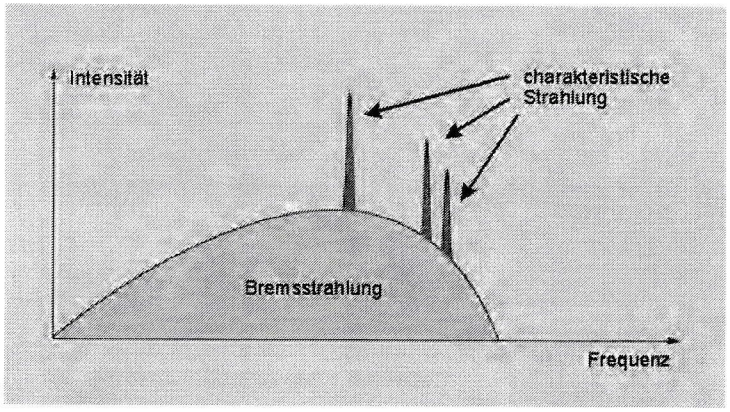

Abbildung 2: Frequenzspektrum der Röntgenstrahlung (schematisch)
(Quelle: Duden Basiswissen Schule – Physik Abitur, PAETEC-Verlag 2003, S. 364)

a) • *Erklären Sie die Entstehung der Bremsstrahlung sowie der charakteristischen Röntgenstrahlung anhand der zugehörigen atomaren Prozesse in der Anode der Röntgenröhre.*

• *Erläutern Sie die Bedeutung der Lichtquantenhypothese für diese Erklärung.*

b) *Beschreiben Sie qualitativ, wie sich in einem solchen Röntgenspektrum der Bremsstrahlungsanteil sowie die charakteristische Röntgenstrahlung verändern, wenn die Beschleunigungsspannung U_B an der Röntgenröhre erhöht wird.*

c) Für die obere Grenzfrequenz des Bremsstrahlungsspektrums f_{grenz} und die Beschleunigungsspannung U_{B} gilt der folgende Zusammenhang:

$$f_{\text{grenz}} = \frac{e}{h} \cdot U_{\text{B}}$$

Begründen Sie diesen Zusammenhang anhand der Lichtquantenhypothese.

(18 Punkte)

Name: _____

Teilaufgabe 4

Die Abbildung 3 zeigt das Röntgenspektrum des Anodenmaterials Kupfer (Cu) in Abhängigkeit der Wellenlänge λ.

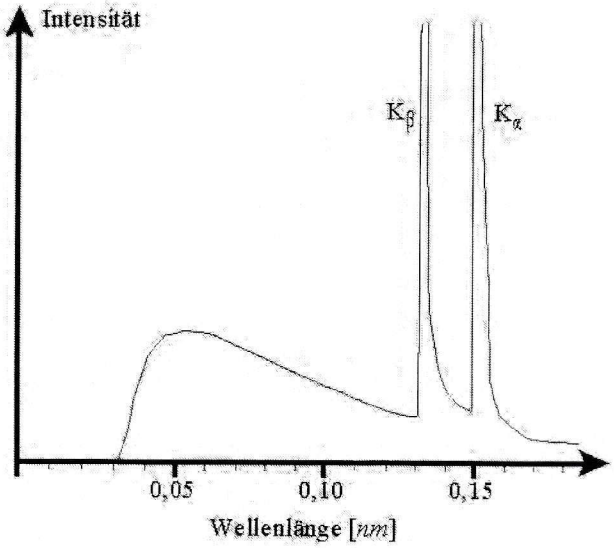

Abbildung 3: Röntgenspektrum einer Cu-Anode (die Intensitätsmaxima der K-Linien sind abgeschnitten und etwa um einen Faktor 5 bis 10 größer als hier dargestellt)
(Quelle: http://www.geodz.com/deu/d/Röntgenröhre am 12. März 2015)

a) *Bestimmen Sie aus dem kurzwelligen Ende des Spektrums die eingestellte Beschleunigungsspannung.*

b) Die Abbildung 4 zeigt die vereinfachte Schalenstruktur eines Atoms mit den charakteristischen Röntgenlinien.

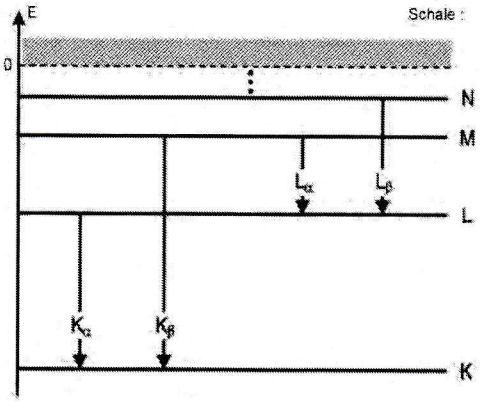

Abbildung 4: Vereinfachtes Niveauschema eines Atoms

Name: _____

- *Bestimmen Sie aus dem Spektrum in Abbildung 3 die Wellenlängen der K_α- und K_β-Linie des Kupfers.*
- *Ermitteln Sie aus den abgelesenen Wellenlängen der K_α- und K_β-Linie des Kupfers mit Hilfe des Niveauschemas in Abbildung 4 die Energiedifferenz zwischen der L- und M-Schale eines Kupferatoms in eV.*

c) Unter Röntgenfluoreszenz versteht man, dass von außen kommende hochenergetische Röntgenstrahlung ein inneres Elektron aus der K-Schale eines Atoms herauslöst und danach ein Elektron aus einer höheren Schale auf diesen freien Platz in der K-Schale übergeht. Dabei wird wiederum Röntgenstrahlung abgegeben.
Erklären Sie qualitativ, wie man mit Hilfe der Röntgenfluoreszenz die Elementzusammensetzung einer Materialprobe zerstörungsfrei untersuchen kann.

(18 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Taschenrechner (wissenschaftlicher Taschenrechner ohne oder mit Grafikfähigkeit/ CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung