

Für die Lösung dieser Klausur steht Ihnen Klausurpapier, Papier für Skizzen, die eingeführte Formelsammlung (unbeschriftet, selbst mitzubringen) und der grafikfähige Taschenrechner (zu Beginn der Klausur Reset, selbst mitzubringen) zur Verfügung. Weitere Hilfsmittel dürfen nicht benutzt werden. Handys und Mediengeräte sind mit Ihrer Schultasche und Jacke an der Wand Stirnseite des Klausorraums abzulegen. Jeder Täuschungsversuch, gleich ob aktiv oder passiv wird geahndet.

Name: _____

Aufgabe 1: lichtelektrischer Effekt und Fotoeffekt

Das Licht eines Helium-Neon-Lasers mit der Wellenlänge 633nm fällt auf die Kathode K einer Fozelle (siehe Abb. 1)

Das Metall der Kathode hat eine Ablösearbeit für Elektronen von 1,5eV. Zwischen der Kathode K und der Ringanode A ist eine „Beschleunigungsspannung“ U angelegt. Mit ihrer Hilfe sollen die von der Kathode K abgelösten Elektronen auf die Ringanode gezogen werden. Der zugehörige „Fotostrom“ I wird mit einem Amperemeter gemessen.

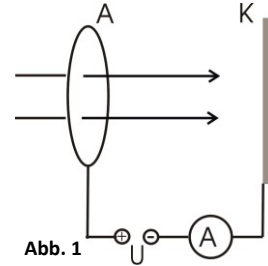


Abb. 1

- a) Der Fotoeffekt führte zu einem Paradigmenwechsel in der Physik; **erklären** Sie dazu die von Einstein formulierte Theorie u. **begründen** Sie Unterschiede zu vorhergehenden Annahmen.
- b) zunächst sei die Beschleunigungsspannung U null ($U = 0V$)

- **begründen** Sie rechnerisch, dass das Licht des Lasers überhaupt Elektronen aus K ablösen kann. **Bestimmen** Sie die kinetische Energie dieser abgelösten Elektronen in Joule und in Elektronenvolt (eV).
- **Bestimmen** Sie die Geschwindigkeit der abgelösten Elektronen, wenn sie die Kathode verlassen.

- c) jetzt wird die Saugspannung U kontinuierlich von $U=0V$ an erhöht und die zugehörige Fotostromstärke I gemessen. Dabei ergibt sich das $U-I$ Diagramm aus Abb. 2.

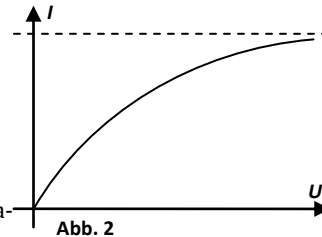


Abb. 2

- **Begründen** Sie den Kurvenverlauf.
- **Skizzieren** Sie zusätzlich (qualitativ) in das $U-I$ Diagramm Abb. 2 die $U-I$ Kurve für einen He-Ne-Laser mit geringerer Lichtleistung und **begründen** Sie Ihre Darstellung physikalisch.

- d) die Photonen des Lasers lösen aus der Kathode K mit einer Wahrscheinlichkeit von 3,9% Elektronen aus (die restlichen Photonen machen keinen Photoeffekt, sondern bewirken eine Erwärmung der Kathode). Die Saugspannung ist so groß gewählt, dass sich gemäß Abb. 2 eine maximale Stromstärke ergibt. Diese maximale Stromstärke (im obigen Diagramm als waagrechte Linie gestrichelt angedeutet) ist $I_{max} = 0,002A$.

- **Berechnen** Sie aus diesen Angaben die Lichtleistung P des Lasers

- e) der obige Versuch wird nun so abgeändert, dass man die Spannungsquelle und den Strommesser entfernt und stattdessen direkt die Fotospannung U zwischen Kathode und Anode misst. Anstelle des Lasers wird nacheinander das Licht der Spektrallinien einer Quecksilberdampfampe auf die Kathode K gerichtet. Diese Spektrallinien haben die Wellenlängen: violett: 405nm, blau: 436nm, blaugrün: 490nm

- **berechnen** Sie für jede Wellenlänge die zugehörige Fotospannung U .
- **geben Sie** eine quantitative Bedingung an, ab welcher Wellenlänge λ_0 keine Fotoelektronen mehr aus K abgelöst werden.
- **Beantworten** Sie mit kurzer Begründung: ändert sich die Fotospannung, wenn man die Intensität der Lichtquelle erhöht?

- f) Anstelle der Fozelle wird nun eine hochempfindliche Diode (APD) mit $0,2mm^2$ Detektorfläche verwendet. Die APD kann einzelne Photonen zählen. In 5 Meter Entfernung von der APD steht eine Leuchtdiode, die nach allen Seiten gleichmäßig Licht der Wellenlänge 633nm abstrahlt. Die Lichtleistung der Leuchtdiode ist 1mW. Die APD zählt 2% der auftreffenden Photonen. **Berechnen** Sie, wie viele Photonen die APD in 1 Sekunde zählt, wenn sich sonst keine Lichtquellen im Raum befinden?

Aufgabe 2: Röntgenlicht und Braggbedingung

In der Abb. 3 sehen Sie ein Röntgenspektrum einer alten Röhre mit Kupferanode.

- a) **Skizzieren** Sie den Aufbau einer Röntgenröhre, **erklären** Sie wie darin Röntgenlicht entsteht.
- b) **Erläutern** Sie, dass das Röntgenspektrum aus zwei grundlegenden Anteilen besteht. **Beschreiben** Sie den markanten Unterschied dieser beiden Anteile mit Hilfe der Abb. 3.

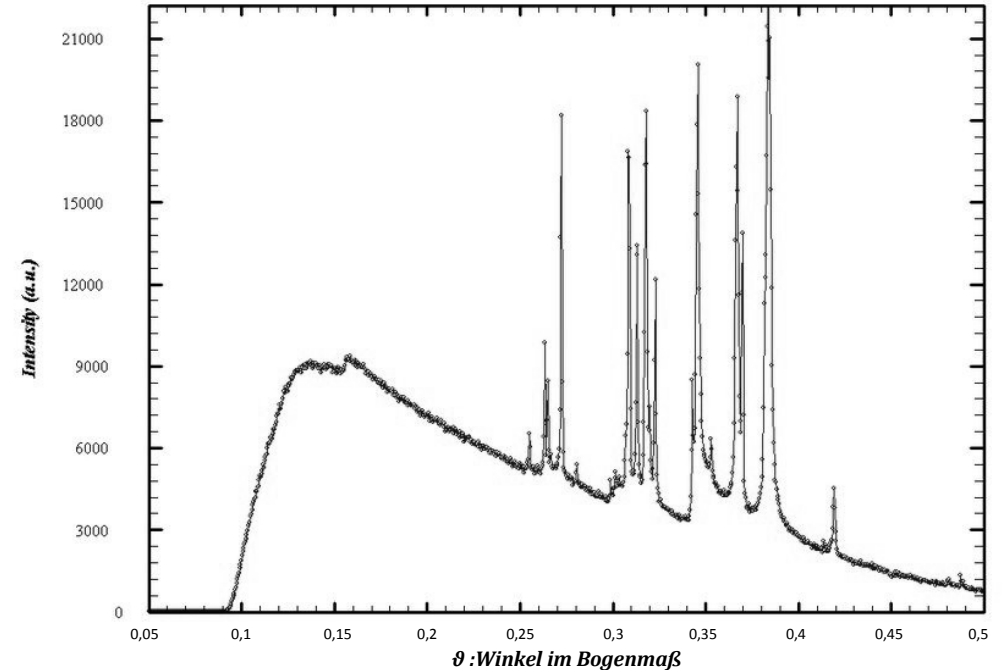


Abb.3 entnommen aus Wikimedia Commons und adaptiert

- c) **Begründen** Sie, bei welchem Peak es sich um die $K\alpha$ -Line handelt. (Hinweis: Es sind nicht die beiden Peaks bei 29° und bei 49° . Winkel umrechnen!!!)
- d) Im Unterricht haben wir im Spektrum nur 2 hohe Peaks gesehen. **Erklären** Sie, warum hier weitere Peaks zu sehen sind?
- e) **Leiten Sie** eine allgemeine Formel her, mit der Sie die Beschleunigungsspannung der Röntgenröhre aus den Angaben dieses Diagramms berechnen könnte, falls Sie den Gitterebenenabstand des Bragg-Kristalls kennen würden.
- f) Eine andere Röntgenröhre wird mit der Beschleunigungsspannung 12,0kV betrieben. Durch bragg'sche Interferenz an einem NaCl-Kristall (Netzebenenabstand $d=2,82 \cdot 10^{-10}m$) soll die Intensität der Röntgenstrahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge bestimmt werden. Das Spektrum soll von der Grenzwellenlänge bis zum 2-fachen dieser Wellenlänge untersucht werden. **Berechnen** Sie, in welchem Ablenkwinkelbereich die Maxima 1. und 2. Ordnung für diesen Wellenlängenbereich zu finden sind. **Erklären** Sie warum es zu diesen Ordnungen kommt.
- g) Das Röntgenlicht der Röntgenröhre aus Aufgabenteil f wird auf einen unbekanntem Einkristall gelenkt. Dabei wird bei einem Glanzwinkel von $\vartheta=7,2^\circ$ zuerst eine erhöhte Strahlung (Peak) wahrgenommen. **Bestimmen** Sie den Gitterabstand des unbekanntem Einkristalls.

viel Erfolg