

**Allgemeine Hinweise:**

- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

**Erlaubte Hilfsmittel:** Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

**Aufgabe 1: Der Fotoeffekt** Der Physiker Hallwachs führte 1888 als erster einen Versuch zum Fototeffekt aus, bei dem er beobachtete, dass eine negativ geladene Zinkplatte von UV-Licht entladen wird, von Licht längerer Wellenlänge jedoch nicht (auch wenn dieses eine höhere Intensität besaß). Spätere Versuche mit sogenannten Fotozellen zeigten quantitativ den Zusammenhang zwischen der Energie und Frequenz des eingestrahlt Lichtes und der Auslösearbeit und kinetischen Energie der herausgelösten Elektronen des bestrahlten Materials. Die in Folge erarbeitete Lichtquantenhypothese brachte Einstein 1921 den Nobelpreis ein. Die Entdeckung des Fotoeffektes gilt gemeinhin als Geburtsstunde der Quantenphysik.

- Schildern Sie ausführlich und physikalisch ergiebig den Versuchsaufbau, die messtechnischen Schwierigkeiten und die Ergebnisse des im Unterricht durchgeführten quantitativen Experimentes zum Fotoeffekt mit einer Fotozelle. Gehen Sie dabei insbesondere darauf ein, was gemessen wurde und welche physikalischen Größen sich aus den Messwerten bestimmen ließen.
- Man bestrahlt die Kathode einer Fotozelle nacheinander mit drei ausgewählten Linien einer Heliumdampfampe (rot, grün und violett) und misst die maximale kinetische Energie der herausgelösten Elektronen (Wie? Darauf sollten Sie in 1.1. eingegangen sein!):

|                 |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|
| $\lambda$ in nm | 668  | 492  | 403  |
| U in V          | 0,81 | 1,48 | 2,03 |

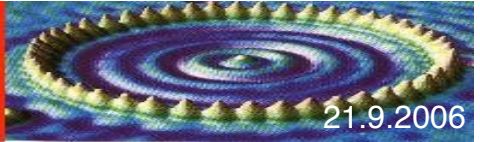
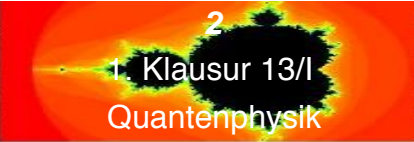
- Tragen Sie in einem geeigneten Koordinatensystem die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen gegen die Frequenz  $f$  auf.
  - Bestimmen Sie Steigung und Achsenabschnitte (auf der  $E_{kin,max}$ - und auf der Frequenzachse) der Geraden und interpretieren Sie diese Werte physikalisch.
  - Bestimmen Sie das Plancksche Wirkungsquantum  $h$  in der Einheit Js und vergleichen Sie den Wert mit dem in der Formelsammlung angegebenen, indem Sie den prozentualen Fehler  $\frac{\Delta h}{h_{Lit}}$  berechnen.
  - Begründen Sie mit den Ergebnissen aus b), dass sich die verwendete Fotozelle auch zum Nachweis infraroten Lichtes eignet.
- 1.3. Auch im Auge findet eine Art Fotoeffekt statt, nur werden dort keine Elektronen aus einem Material herausgelöst, wie bei dem bisher behandelten „äußeren“ Fotoeffekt, sondern lediglich in einen Zustand höherer Leitfähigkeit versetzt, ähnlich wie beim durch Licht verursachten Anheben von Elektronen aus dem Valenz- in das Leitungsband in Halbleitern („innerer“ Fotoeffekt).

Das Auge nimmt bei  $\lambda = 600$  nm gerade noch die Bestrahlungsstärke (Intensität) von

$$S = 10^{-10} \frac{W}{m^2} \text{ wahr. Wieviele Photonen treffen bei dieser Intensität pro Sekunde die}$$

Pupillenöffnung (  $d = 6 \text{ mm}$  )?

(Tipp:  $Intensität = \frac{Leistung}{Fläche}$  ,  $Leistung = \frac{Energie}{Zeit}$  also  $1W = 1 \frac{J}{s}$  ,  $c = \lambda \cdot f$  )



**Aufgabe 2: Elektronen und Photonen als Quantenobjekte** *In den Beiträgen der Quarks & Co-Sendung über Quantenmechanik haben wir einiges über das seltsame Verhalten kleiner Teilchen erfahren - in der Quantenphysik gelten z.T. völlig andere physikalische Gesetze als in unserer makroskopischen Welt.*

- 2.1. Nennen und erläutern Sie Unterschiede zwischen der makroskopischen und der Quantenphysik an Hand von experimentellen Ergebnissen und „klassischen“ Erwartungen. („Was ist anders in der Welt der Quanten?“)
- 2.2. Analog zu der Erkenntnis, dass sich Licht in manchen Experimenten wie ein Teilchen verhält, folgerte der Physiker De Broglie, dass auch Teilchen einen Wellencharakter besitzen. Kennt man die Energie eines Teilchens, kann mit derselben Beziehung, die auch für Licht gilt, die Wellenlänge eines Teilchens berechnet werden.
  - a) Berechnen Sie die Wellenlänge der schnellsten Elektronen, die im LEP-Beschleuniger (*Large Electron-Positron-Collider*) des Europäischen Kernforschungszentrums CERN eine Energie von 209 GeV besaßen.
  - b) Auch für ruhende Elektronen läßt sich eine Wellenlänge berechnen, wenn man sich daran erinnert, dass gemäß Einsteins berühmtester „Gleichung“ jede Masse einer Energie entspricht:  
 $E = m \cdot c^2$ , wobei  $m$  in diesem Fall die Ruhemasse des Elektrons ist. Welche Wellenlänge besitzt ein ruhendes Elektron und welchem Bereich des elektromagnetischen Spektrums entspricht Strahlung dieser Wellenlänge?
- 2.3. Der Schweif eines Kometen, der in Sonnennähe aus verdampfter Materie des Kometen entsteht, die wiederum das Licht der Sonne reflektiert, ist immer von der Sonne weg gerichtet. Erklären Sie diese Beobachtung.

