

**1.Aufgabe:** a) Erläutern Sie das Bohrsche-Atommodell am Beispiel des Wasserstoffs. Geben Sie auch die Bohrschen Postulate an.

b) Leiten Sie die Beziehung für die Gesamtenergie des Elektrons auf der n-ten Bahn her. Zeigen Sie, dass beim Elektron der Betrag der kin. Energie halb so groß ist wie der Betrag der potentiellen Energie.

Geben Sie die Energie in eV an für die ersten drei Linien der Balmer-Serie.

c) Ein Satellit mit der Masse  $m = 500 \text{ kg}$  bewegt sich in der Zeit  $T = 2 \text{ h}$  einmal auf einer kreisförmigen Bahn mit dem Radius  $r = 8000 \text{ km}$  um die Erde. Wie groß ist unter der Voraussetzung, dass das BOHR-Postulat (Quantenbedingung) auch in der Himmelsmechanik gilt, die Hauptquantenzahl  $n$  der angegebenen Bahn?

Zeigen Sie für Satelliten, dass die Radien der erlaubten Bahnen dem Quadrat der Hauptquantenzahl  $n$  proportional sind, vorausgesetzt, dass man das BOHR-Postulat (Quantenbedingung) auch in der Himmelsmechanik anwenden darf.

**2.Aufgabe:** Das MAX-PLANCK-Institut für Metallforschung in Stuttgart besitzt ein 1,2-MeV-Elektronenmikroskop, Die beschleunigten Elektronen erreichen durch die Beschleunigungsspannung  $U = 1,2 \cdot 10^6 \text{ V}$  eine so hohe Geschwindigkeit, dass bei der Bearbeitung der Teilaufgaben a) bis c) der relativistische Massenzuwachs berücksichtigt werden muss.

a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v$ , die die Elektronen nach der Beschleunigung haben. Geben Sie den Größenwert von  $v$  mit 4 signifikanten Ziffern an. Um wie viel Prozent unterscheidet sie sich von der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit?

b) Berechnen Sie den Impuls  $p$ , den die Elektronen nach der Beschleunigung haben.

c) Berechnen Sie die DE BROGLIE-Wellenlänge  $\lambda$ , die den Elektronen mit dem unter b) berechneten Impuls zugeordnet werden muss.

d) Ohne die Zwischenergebnisse von a) und b) können Sie die DE BROGLIE-Wellenlänge mit Hilfe der Formel

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{(eU/c)^2 + 2m_0eU}}$$

berechnen. Berechnen Sie zur Kontrolle Ihres Ergebnisses von c) die DE BROGLIE-Wellenlänge mit Hilfe dieser Formel.

e) Zeigen Sie dass man für die DE BROGLIE-Wellenlänge ein ganz falsches Ergebnis erhält, wenn man den relativistischen Massenzuwachs nicht berücksichtigt und mit der klassischen Formel für die kinetische Energie rechnet.

**3.Aufgabe:** a) Erläutern Sie den Begriff des linearen Potentialtopfs mit unendlich hohen Wänden. In Ihrer Erläuterung sollten die Begriffe Schrödinger-Gleichung, Eigenfunktion, Eigenwerte, Nullpunktsenergie auftauchen. Welche physikalische Bedeutung hat die Wellenfunktion? Stellen Sie die ersten drei Eigenfunktionen mit ihrer physikalischen Bedeutung graphisch dar.

b) Was ändert sich beim linearen Potentialtopf, wenn die Wände eine endliche Höhe haben?

c) Kann sich ein Elektron im Kern eines Atoms befinden? Ersetzen Sie den Kern durch einen linearen Potentialtopf der Länge  $l = 10^{-14} \text{ m}$ . Welche Geschwindigkeit würde es haben? Versuche zeigen, dass Energien in der Größenordnung von 10 MeV notwendig sind, um einen Atomkern in seine Bestandteile zu zerlegen. Welchen Schluss ziehen Sie daraus?

d) Erklären Sie mit dem Wellenmodell des linearen Potentialtopfes, warum es niemals möglich sein wird, durch ein noch so gutes Mikroskop ein Elektron "sichtbar" zu machen.

**4.Aufgabe:** a)  $\alpha$ -Teilchen (2 Neutronen + 2 Protonen), die von einem Radium-Atom mit der kinetischen Energie  $W_{\text{kin}} = 4,78 \text{ MeV}$  ausgesandt wurden, fliegen auf einen Spalt mit der

Spaltbreite  $l = 0,1$  mm. Kann man hinter dem Spalt Beugungsstreifen der Materiewellen beobachten? Verwenden Sie die klassische Formel für die kinetische Energie!

b) Ein Elektron mit der kinetischen Energie  $W_{\text{kin}} = 10^3$  eV fliegt durch eine Nebelkammer und hinterlässt Bahnsuren, deren Unschärfe durch den Durchmesser  $x = 10^{-3}$  cm der Nebeltröpfchen gegeben sind. Wie groß ist die relative Impulsunschärfe  $\Delta p / p$  der Elektronen? Rechnen Sie mit den klassischen Formeln für die kinetische Energie und den Impuls!

c) Kann man den Ort oder den Impuls eines einzelnen Photons scharf bestimmen?

d) Wie groß ist die Impulsunschärfe in Querrichtung in Prozent des Gesamtimpulses für Photonen der Wellenlänge  $\lambda = 600$  nm hinter einer Öffnung von 1 cm Breite oder 0,01 mm Breite.

**5.Aufgabe:** a) T.S.Kuhn hat in seinem Buch: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen eine Theorie über die Entwicklung von Wissenschaft dargestellt. Dabei verwendet Kuhn die Begriffe Paradigma und Paradigmawechsel. Erläutern Sie diese. Geben Sie dazu eine Definition des Begriffs Wissenschaft und erläutern Sie diese.

b) Erläutern Sie ausführlich folgende Begriffe, die in der Quantenmechanik eine große Bedeutung haben:

Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation,

Wellenfunktion, Materiewellen, Korrespondenzprinzip.

Einstein, ein entschiedener Gegner der Quantenmechanik, wird folgender Ausspruch zugeschrieben: "Der Alte würfelt nicht". Nehmen Sie Stellung dazu.

### Physikalische Konstante:

Elementarladung	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ As	Masse des Elektrons	$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg
elektr. Feldkonstante	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ As/Vm	Plancksche Konstante	$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js
Vakuum-Lichtgeschw	$c = 2,997 \cdot 10^8$ m/s	Gravitationskonstante	$G^* = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Masse der Erde	$M = 5,973 \cdot 10^{24}$ kg	Protonenmasse	$m_p = 1,675 \cdot 10^{-27}$ kg
Neutronenmasse	$m_n = 1,673 \cdot 10^{-27}$ kg		

$$r_n = \epsilon_0 \frac{h^2}{\pi e^2 m_e} n^2 \quad v_n = \frac{e^2}{2 \epsilon_0 h} \cdot \frac{1}{n}$$

$$\omega_n = \frac{\pi e^4 m_e}{2 \epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3} \quad f_n = \frac{e^4 m_e}{4 \epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3}$$