

## 5. Übung am 21. 11. 2013

### 21) De-Broglie-Wellenlängen

(a) Ein Elektron bewegt sich in einem homogenen elektrischen Feld. Die das Elektron beschleunigende Potentialdifferenz habe den Wert  $U = 1000 \text{ V}$ . Damit ist die resultierende Endgeschwindigkeit des Elektrons klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit. Wie groß ist die de-Broglie-Wellenlänge  $\lambda$  des Elektrons am Ende des Beschleunigungsvorgangs ?

(b) Wie groß ist die de-Broglie-Wellenlänge  $\lambda$  eines Geschosses der Masse  $m = 1 \text{ g}$ , das sich mit der Geschwindigkeit  $v = 100 \text{ m/s}$  bewegt ?

**(1 Pkte)**

### 22) Unschärferelationen

a) Ein Elektron bewege sich in x-Richtung mit der Geschwindigkeit  $v_x = 3.6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ . Wir können seine Geschwindigkeit mit einer Genauigkeit von 1‰ messen. Mit welcher Genauigkeit können wir gleichzeitig seine Position bestimmen?

b) Welche Aussagen können wir über die Bewegung in y-Richtung treffen?

c) Ein gegnerischer Spieler versucht, den Fußball an Robert Almer vorbei ins österreichische Tor zu schießen. Robert Almer erfasst die Geschwindigkeit des Balls ( $m_F = 0.43 \text{ kg}$ ) blitzschnell zu  $v = 40 \text{ m/s}$  mit einer Genauigkeit von 1% (ob das mal gut geht!) und hechtet nach dem Ball. Wie groß ist die Ortsungenauigkeit des Balls? Besteht Gefahr für das österreichische Tor?

d) Ein Elektron in einem angeregten Zustand des Wasserstoffatoms verbleibt dort im Mittel  $10^{-8} \text{ s}$ . Wie groß ist die minimale Energieunschärfe dieses Anregungsniveaus in eV?

e) Ein freies Neutron ( $m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ) hat eine mittlere Lebensdauer von 900 s. Wie groß ist die daraus resultierende minimale Unschärfe seiner Masse?

**(2 Pkte)**

### 23) Wasserstoffatom

(a) Bestimmen Sie den kleinsten stabilen Radius des Elektrons für das Wasserstoffatom gemäß dem Bohr'schen Atommodell.

(b) Bestimmen Sie die Bindungsenergie des Wasserstoffatoms in seinem Grundzustand.

(c) Berechnen Sie gemäß der Bohr'schen Theorie die Gesamtenergie eines Elektrons, das sich auf der zweiten Quantenbahn eines Wasserstoffatoms befindet.

(d) Wie groß ist die Wellenlänge eines Photons, das beim Übergang des Wasserstoffelektrons von der vierten auf die zweite Quantenbahn emittiert wird ?

Rechnen Sie zunächst allgemein und dann erst mit Zahlenwerten

**(3 Pkte)**

### 24) Ionisierungsenergie des Wasserstoffatoms

Die Ionisationsenergie ist die Arbeit, die verrichtet werden muss, um ein Elektron eines Atoms im Grundzustand zu entfernen. Für das freie Wasserstoffatom beträgt diese Energie 13.6 eV.

Das Anlegen eines elektrischen Feldes verändert die potentielle Energie (um den Kern des Wasserstoffatoms) um einen zusätzlichen Term  $V_{Stark} = e \cdot E \cdot z$  und führt zu einem Sattelpunkt des Potentials. Berechnen Sie die Änderung der Ionisationsenergie eines Wasserstoffatoms, wenn ein Feld von  $E = 40 \text{ kV/m}$  entlang der z-Achse angelegt wird. Nehmen Sie dabei an, dass die Grundzustandsenergie unverändert bleibt und vernachlässigen Sie Tunnelprozesse.

**(2 Pkte)**

**25) Spektrometrie am Wasserstoffatom**

Ein hochpräzises Gitterspektrometer kann die 162. und 163. Linie der Balmer-Serie gerade noch auflösen. Wie groß ist das inverse Auflösungsvermögen  $\Delta\lambda / \lambda$  des Spektrometers?

**(2 Pkte)**