14. Übung zur Physik III (WS 2014/15) **Prof. Kohl/Prof. Rohlfing**

Ausgabedatum: 28.01.2015 Abgabedatum: 04.02.2015

10:30 Uhr, Briefkasten neben IG 1-85

Am 13.02.2015 findet um 09:30 Uhr die erste Klausur statt. Bitte melden Sie sich bis zum 10.02.2015 im QISPOS-System dazu an!

Aufgabe 48: Lichtelektrischer Effekt (schriftlich, 5 Punkte)

In der Vorlesung wurden für fünf Frequenzen die Maximalenergien der durch den lichtelektrischen Effekt ausgelösten Photoelektronen gemessen. Bestimmen Sie daraus mit Hilfe der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die Idealgerade. Welche Werte ergeben sich für die Austrittsarbeit und für den Quotienten h/e?

Hg-Linie	ν/Hz	U/V
gelb	$5{,}19 \cdot 10^{14}$	0,89
grün	$5{,}49 \cdot 10^{14}$	1,02
blau	$6{,}88 \cdot 10^{14}$	1,66
violett	$7{,}41 \cdot 10^{14}$	1,87
ultraviolett	$8{,}20 \cdot 10^{14}$	2,11

Aufgabe 49: Thomson'sches Atommodell (schriftlich, 5 Punkte)

Ein Atom stellen wir uns als eine mit Z Elementarladungen homogen positiv geladene Kugel mit Radius R vor, in der sich Elektronen ohne weitere Kräfte bewegen können. Welchen Verlauf hat die elektrische Feldstärke im Innern der Kugel? Mit welcher Frequenz schwingt darin ein Elektron? Berechnen Sie dies für $Z = 1$ und $R = 0{,}5$ Å.

Hinweis: Zur Bestimmung der Feldstärke sei an Aufgabe 35/36 (Blatt 8) aus Physik II erinnert!

Aufgabe 50: Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation (mündlich, 10 Punkte)

Betrachten Sie einen Lichtimpuls (in einer Dimension) im Vakuum in Form eines Wellenpaketes,

$$f(x,t) = \frac{1}{\pi^{\frac{1}{4}}\,\sigma^{\frac{1}{2}}}\,\mathrm{e}^{-\frac{(x-ct)^2}{2\sigma^2}}\,\mathrm{e}^{i k_0 (x-ct)} \; .$$

$f(x,t)$ dient als Wellenfunktion eines Photons.

a) Zeigen Sie, dass

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(x,t)|^2 \, dx = 1$$

gilt, d. h. $f(x,t)$ ist „normiert".

b) Zeigen Sie, dass der Erwartungswert der Position des Photons

$$\bar{x}\,(t) \;=\; \int\limits_{-\infty}^{\infty} x\,|f\,(x,\,t)|^2\,d\,x$$

durch $\bar{x}\,(t) \;=\; c\,t$ gegeben ist.

c) Die mittlere quadratische Abweichung $\Delta\,x\,(t)$ vom Erwartungswert ist gegeben durch

$$(\Delta\,x\,(t))^2 \;=\; \int\limits_{-\infty}^{\infty} (x \;-\; \bar{x}\,(t))^2\,|f\,(x,\,t)|^2\,d\,x \;.$$

Berechnen Sie $\Delta\,x\,(t)$.

d) Bestimmen Sie die Fouriertransformierte von $f\,(x,\,t)$ bzgl. x, d. h. $\tilde{f}\,(k,\,t)$. Zeigen Sie, dass

$$\tilde{f}\,(k,\,t) \;=\; \frac{\sqrt{\sigma}}{\pi^{\frac{1}{4}}}\,\mathrm{e}^{-\frac{\sigma^2}{2}\,(k\,-\,k_0)^2}\,\mathrm{e}^{-i\,k\,c\,t}$$

gilt.

e) Überzeugen Sie sich von der Normiertheit, d. h.

$$\int\limits_{-\infty}^{\infty} |\tilde{f}\,(k,\,t)|^2\,d\,k \;=\; 1 \;.$$

f) Bestimmen Sie den Erwartungswert der Wellenzahl, d. h.

$$\bar{k}\,(t) \;=\; \int\limits_{-\infty}^{\infty} k\,|\tilde{f}\,(k,\,t)|^2\,d\,k \;.$$

g) Bestimmen Sie $\Delta\,k\,(t)$ mittels

$$(\Delta\,k\,(t))^2 \;=\; \int\limits_{-\infty}^{\infty} (k \;-\; \bar{k}\,(t))^2\,|\tilde{f}\,(k,\,t)|^2\,d\,k \;.$$

h) Da der Impuls eines Photons

$$p \;=\; \frac{h}{\lambda} \;=\; \frac{h}{2\,\pi}\;\cdot\;k \;=\; \hbar\,k$$

beträgt, ergibt sich $\Delta\,p \;=\; \hbar\;\cdot\;\Delta\,k$. Berechnen Sie $(\Delta\,x)\;\cdot\;(\Delta\,p)$ und überzeugen Sie sich davon, dass die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation $\left(\Delta\,x\;\cdot\;\Delta\,p\;\geq\;\dfrac{\hbar}{2}\right)$ erfüllt ist.