Vorbemerkung

Dies ist ein korrigierter Übungszettel aus dem Modul physik311.

Dieser Übungszettel wurde von einem Tutor korrigiert. *Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.*

Alle Übungszettel zu diesem Modul können auf http://martin-ueding.de/de/university/bsc_physics/physik311/ gefunden werden.

[disclaimer]

physik311 – Übung 13

Gruppe 3 – Matthias Rehberger

Martin Ueding

mu@uni-bonn.de

2013-01-22

Aufgabe	45	46	47	$\sum$
Punkte	✓	✓	✓	100%

45. de Broglie und Buckyballs

45a. Wellenlänge

Es ist eine Beugung am Gitter, es gilt mit dem Spaltabstand d, der Schirmentfernung l, dem Abstand des n-ten Maximum von der Mitte des Schirms x:

$$\frac{x}{l}d = n\lambda$$

Für $n = 1$ lese ich im Plot $x = 45\ \mu\text{m}$ ab. Mit $l = 1.25\ \text{m}$ und $d = 100\ \text{nm}$ errechne ich λ:

$$\lambda = 3.6\ \text{pm}$$

✓

Diese ist deutlich kleiner als deren Durchmesser. Dies liegt an der hohen Geschwindigkeit.

45b. Austrittsgeschwindigkeit

Mit $p = h/\lambda$ errechne ich den Impuls:

$$p = 1.84 \cdot 10^{-22}\ \text{kg}\,\text{m/s}$$

Die Masse der Teilchen sind jeweils $m = 60 \cdot 12\ \text{u} = 1.20 \cdot 10^{-24}\ \text{kg}$.

Die (nichtrelativistische) Geschwindigkeit ist:

$$v = \frac{p}{m} = 154\ \text{m/s}$$

✓

Mit einer thermischen Energie $E = kT/2$ kann ich die Temperatur ausdrücken:

$$T = \frac{p^2}{km} = 2050\,\mathrm{K}$$

Ok!

45c. Rubidium

Mit

$$\frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2}kT$$

kann ich nach λ umstellen:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{kTm}} = 1.48\,\mu\mathrm{m}$$

Ok!

46. Lichtdruck auf Atome

maximale

Atome Der Impulsübertrag pro Photon ist:

Der mittlere Impulsübertrag ist $\Delta p = \hbar k = \frac{h}{\lambda}$

$$p = 2\frac{hf}{c} = 2\frac{h}{\lambda} = 1.70 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg\,m/s}$$ (✓)

Dies passiert jede $\tau/2 = 14\,\mathrm{ns}$, da der Hin- und Rückübergang vollzogen werden muss. Somit ist die Kraft:

$$F = \frac{p}{\tau} = 31\,\mathrm{zN}$$ (✓)

Bei einer Masse von $m = 87\,\mathrm{u}$ ist dies eine Beschleunigung von:

$$a = \frac{F}{m} = 214\,\mathrm{km/s^2}$$ (✓) → ca. 10^5 mal größer als Erdbesch!

Erdbeschleunigung Die Beschleunigung durch die Erde ist $9.81\,\mathrm{m/s^2}$, was einer Kraft von $F_G = 1.42\,\mathrm{yN}$ entspricht.

Freak!

Golfball Der Lichtdruck P auf eine Fläche A bei einer Leistung $\dot{W}$:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\dot{W}}{Ac}$$

Ich löse nach F auf und erhalte:

$$F = 16.7\,\mathrm{nN}$$ ✓

Dies ist eine Beschleunigung von $a_B = 37\,\mu\mathrm{m/s^2}$. $= 3{,}7 \cdot 10^{-7}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ $= 0{,}37\,\frac{\mu\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Alles zusammen zur Übersicht:

Objekt	Kraft F	Beschleunigung a
Atom – Laser	31 zN	214 km/s^2
Atom – Schwerkraft	1.42 yN	9.81 m/s^2
Golfball – Laser	16.7 nN	37 µm/s^2

Gut!

47. Schwarzkörperstrahlung der Sonne

Mit dem Fluss F, der Entfernung Erde–Sonne R kann ich die Leuchtleistung P der Sonne bestimmen:

$$P = 4\pi R^2 F = 395\ \text{YW}$$

Die Temperatur T errechne ich über das Stefan-Boltzmann-Gesetz mit dem Sonnenradius r:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{4\pi r^2 \sigma}} = 5800\ \text{K}$$

Die maximale Frequenz erhalte ich über das Wien'sche Verschiebungsgesetz:

$$\nu = 58.8\ \text{nHz/K} \cdot T = 340\ \text{THz}$$

Dies entspricht einer Wellenlänge von:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = 879\ \text{nm}$$

Allerdings ist ~~die~~ die Wellenlänge zur Frequenz mit der maximalen Leistung $\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}\nu}$, nicht die Wellenlänge zur maximalen Leistung $\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}\lambda}$. Letzere berechnet sich mit:

$$\lambda' = \frac{2.89\ \text{mm/K}}{T} = 500\ \text{nm}$$

Dies ist grün, passt also.