Hinweise und Lösungen

27. März 2014

Übungen Ferienkurs Experimentalphysik III — Blatt 4

A# 1:

a) Wiensches Verschiebungsgesetz:

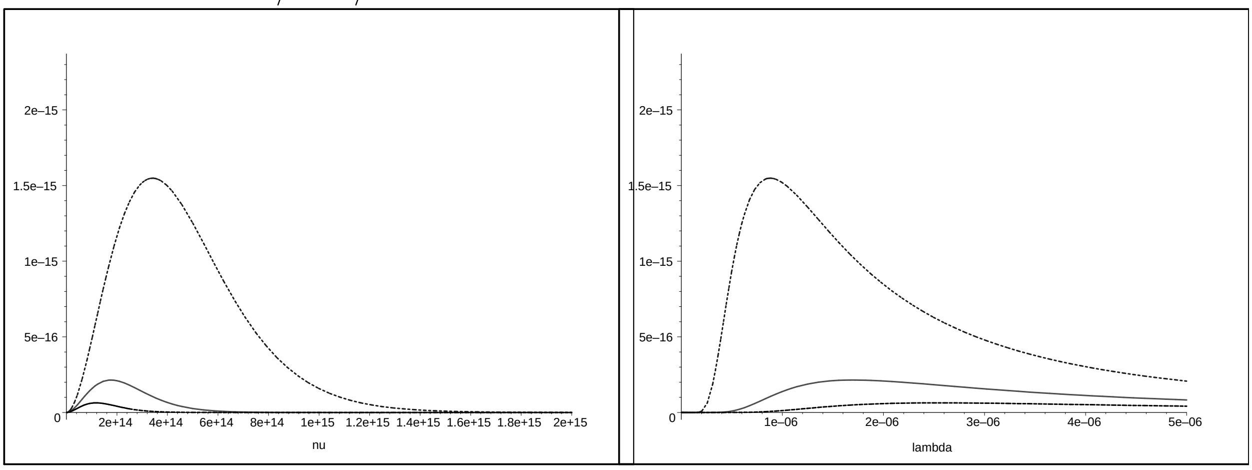
$$\lambda_{max} = \frac{0.2898 \text{ cm K}}{T}$$

T(Sonne)=5782 K; T(Stahl)=2041 K
Um von den Maxmialfrequenzen zur Temperatur zu kommen, muss man vom Planck'schen Strahlungsgesetz in Frequenzdarstellung ausgehen. Da die Strahlungsgesetze Dichteverteilungen sind (Intensität pro Wellenlängen-/Frequenzintervall), muss beim Wechsel zwischen Wellenlängen- und Frequenzdarstellung nachdifferenziert werden. Daher liegt das Frequenzmaximum nicht bei c/λ^{max}. Das Maximum der Frequenzdarstellung findet sich durch Ableiten und Null setzen, was zum folgenden Ausdruck führt:

$$3 = \frac{h\nu/(kT)e^{\frac{h\nu}{kT}}}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{y}{1 - e^{-y}} \quad \text{mit } y = \frac{h\nu}{kT}$$

Eine numerische Lösung liefert y = 2.821, womit die selben Temperaturen wie oben heraus kommen.

b) Skizzen für T=2000/3000/5800K



Selbst bei T=2000K ist das Maximum weit im IR-Bereich. Aufgrund der Empfindlichkeit des Auges ('Apparatefunktion') liegt das Maximum des wahrgenommen Lichtes im Gelben. Physiologisch kommt noch ein 'Ausbleich-Effekt' bei hoher einfallender Intensität hinzu, der helle Gegenstände weiß erscheinen läßt.

c) Eine Fläche strahlt (nach einer Seite) mit : $P = \sigma A T^4$ (Stefan-Boltzmann-Gesetz)
A_{Sonne}= $4\pi R^2_{Sonne}$= 6,16 $\cdot 10^{18}$ m^2; P_{Sonne}= 3,95 $\cdot 10^{26}$ W;

Bruchteil f der vom Planeten eingefangen wird: $f = \frac{R^2\pi}{4\pi r^2}$
f wird um den Faktor γ reduziert, wenn nur ein Bruchteil γ der ausgeleuchteten Fläche gesehen wird. Hier ist angenommen, dass in 4π abgestrahlt wird; die Intensitäten I_M, I_V sind zu halbieren, wenn nur die beleuchtete Halbkugel abstrahlt.

c1) Vollmond:
$r_{S-M} = r_{S-E} + r_{E-M}$=150,38 $\cdot 10^6$ km; f_{S-M}=3,2 $\cdot 10^{-11}$; $f'_{M-E} = \frac{1}{4\pi r^2}$=5,5 $\cdot 10^{-19}$ /m^2
$I_M = P * f_{S-M} * \alpha_M * f'_{M-E}$= 4,87 $\cdot 10^{-4}$ W/m^2

c2) Venus (sieht man am Abend- oder Morgenhimmel): f_{S-V}=7,72 $\cdot 10^{-10}$;

Für den Abstand Venus-Erde können verschiedene Annahmen gemacht werden. $r_{V-E}^{max} = r_{S-V} + r_{S-E}$=258 $\cdot 10^6$ km; f'_{V-E}=1,2 $\cdot 10^{-24}$ /m^2; $\alpha = \alpha_V$; I_V=2,2 $\cdot 10^{-7}$ W/m^2

$r_{V-E}^{min} = r_{S-V} - r_{S-E}$=42 $\cdot 10^6$ km; f'_{V-E}=4,5 $\cdot 10^{-23}$ /m^2; $\alpha(\sim 0)$ sei 0,01; I_V=1,38 $\cdot 10^{-7}$ W/m^2

$r_{V-E}^{\perp} = \sqrt{r_{S-V}^2 + r_{S-E}^2}$=185 $\cdot 10^6$ km; f'_{V-E}=2,3 $\cdot 10^{-24}$ /m^2; $\alpha = \alpha_V/2$; I_V=2,17 $\cdot 10^{-7}$ W/m^2

A# 2:

a) Beim Laser entstehen zwischen den beiden Spiegeln stehende Wellen, mit Knoten bei den beiden Spiegeln. Deshalb muss der Abstand L der beiden Spiegel ein Vielfaches der halben Wellenlänge sein.

$$L = n\lambda/2 = n\frac{c}{2f} \Rightarrow f = n\frac{c}{2L} \Rightarrow \Delta f_{min} = \frac{c}{2L} = \frac{3.0 \cdot 10^8 \text{m}s}{2 \cdot 0.5\text{m}} = 300\text{MHz}$$

b)

$$\begin{aligned}
\lambda &= \frac{hc}{\Delta E} \\
\lambda_1 &= \frac{6.626 \cdot 10^{-24}\text{Js}3.0 \cdot 10^8\text{m}s}{.36 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}\text{J}} = 3.4 \cdot 10^-6\text{m(infrarot)} \\
\lambda_2 &= \frac{6.626 \cdot 10^{-24}\text{Js}3.0 \cdot 10^8\text{m}s}{1.96 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}\text{J}} = 6.33 \cdot 10^-7\text{m(sichtbar)} \\
\lambda_1 &= \frac{6.626 \cdot 10^{-24}\text{Js}3.0 \cdot 10^8\text{m}s}{1.09 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}\text{J}} = 1.15 \cdot 10^-6\text{m(infrarot)}
\end{aligned}$$

c) Die Unschärfe der Niveaus liegt zwischen der Hälfte und dem Einfachen der Unschärfe der Übergänge. Zwei beobachtete benachbarte Frequenzen haben den in a) berechneten Frequenzabstand. Der Frequenzabstand von der ersten zur 6. Frequenz ist also $5 \cdot \Delta f = 1500$ MHz. Dazu gehört eine Energie von

$$\Delta E = h \cdot 5 \cdot \Delta f \Rightarrow \Delta E = 6.62 \cdot 10^{-34}\text{JS}1.5 \cdot 10^9 1/\text{s} = 9.93 \cdot 10^{-25}\text{J} = 6.2 \cdot 10{-}6\text{eV}.$$

==