

### Übungsaufgaben zur Optischen Spektroskopie

- 1) Nennen Sie drei Arten von elektronischen Übergängen und geben Sie jeweils ein Beispiel an!
- 2) Welche grundlegenden Arten der Wechselwirkung von Licht mit Materie kennen Sie?
- 3) Wie unterscheiden sich radiometrische von physiologischen Lichtgrößen?
- 4) Aus welchen Komponenten besteht grundsätzlich ein optisches Spektrometer?
- 5) Skizzieren Sie den Aufbau eines Fluoreszenz- und eines Absorptionsspektrometers!
- 6) Welche Größe trägt man bei den folgenden Spektren gegen welche auf?
  - a) Reflexionsspektrum
  - b) Anregungsspektrum
  - c) Emissionsspektrum
  - d) Thermolumineszenzspektrum
  - e) Mößbauerspektrum
- 7) Nennen Sie jeweils die Ursache für eine echte und eine scheinbare Abweichung vom Lambert-Beer Gesetz!
- 8) Was versteht man unter dem Schmelzen von DNA und wie lässt sich dieser Prozess spektroskopisch verfolgen?
- 9) Definieren Sie den Begriff Quantenausbeute!
- 10) Welche Informationen liefert ein Thermolumineszenzspektrum?
- 11) Skizzieren Sie die Abklingkurve für einen Prozess erster und zweiter Ordnung ( $y$ -Achse soll logarithmisch sein)!
- 12) Erläutern Sie anhand der Kubelka-Munk-Funktion, warum es keine ideal schwarzen Substanzen geben kann!
- 13) Wie lautet der Energieerhaltungssatz für Strahlung?
- 14) Sie haben ein Spektrum gemessen, in dem die Intensität gegen die Wellenlänge aufgetragen ist. Wie müssen Sie das Spektrum umrechnen, damit das Spektrum gegen eine Größe, die proportional zur Energie ist, aufgetragen ist?
- 15) Zu welchen Arten von physikalischen Prozessen kann die Absorption eines Photons in einem Festkörper führen?

- 16) Wie lässt sich feststellen, ob die Ursache für die Färbung eines SiO<sub>2</sub>- oder Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Einkristalls Kristalldefekte oder Verunreinigungen (Dotierungen) sind?
- 17) Bestimmung des Lumenäquivalentes des Spektrums einer Lichtquelle oder eines Leuchtstoffes

Die Berechnung des Lumenäquivalentes erfolgt mit der normierten V(λ) Kurve:

$$\Phi_v = K_{\max} \int_{380}^{780} V(\lambda) \Phi_e(\lambda) d\lambda$$

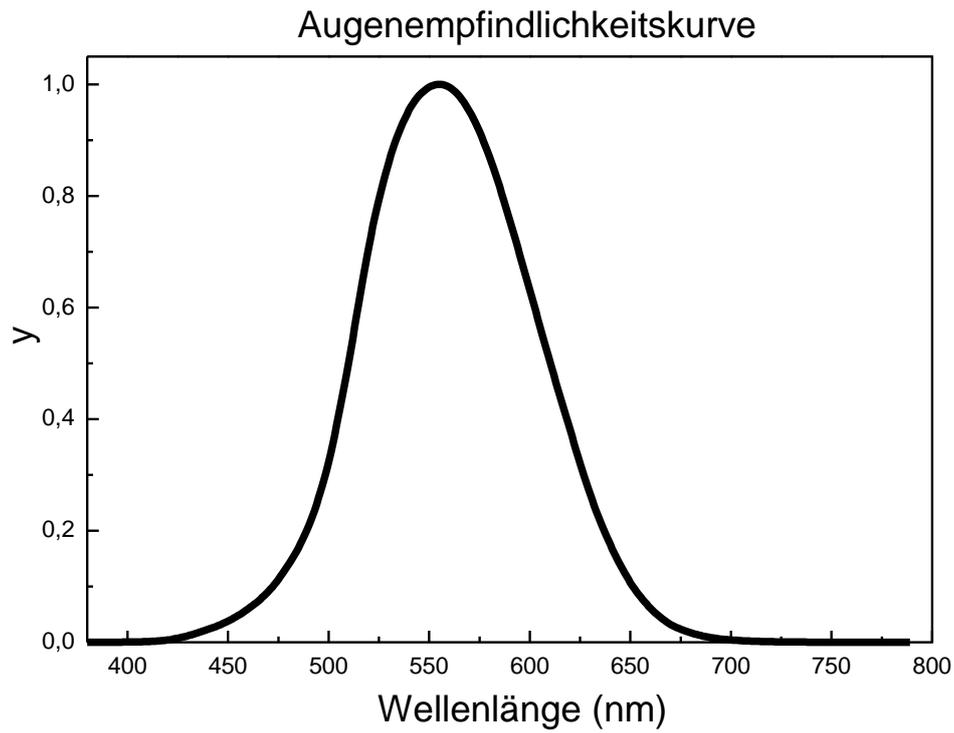
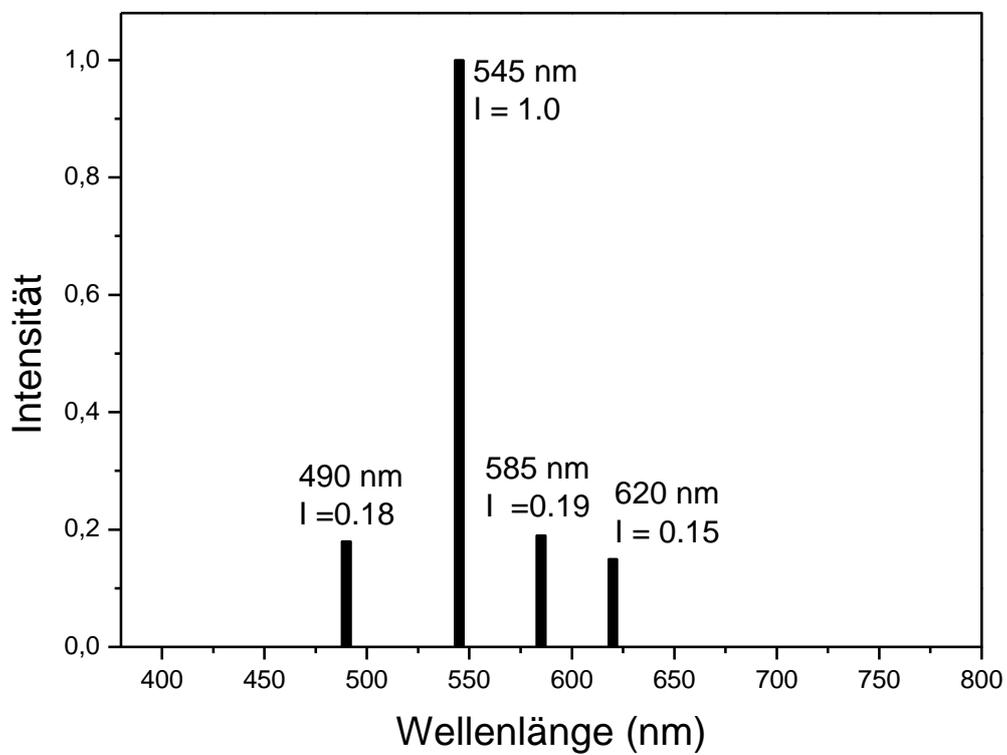
mit  $K_{\max} = 683 \text{ lm/W}$  und  $\Phi_e = \text{Integral normiertes Emissionsspektrum}$

λ [nm]	V(λ)	λ [nm]	V(λ)	λ [nm]	V(λ)
380	3.90044E-5	520	0.71	660	0.061
385	6.39971E-5	525	0.7932	665	0.04458
390	1.2E-4	530	0.862	670	0.032
395	2.16999E-4	535	0.91485	675	0.0232
400	3.96003E-4	540	0.954	680	0.017
405	6.4E-4	545	0.9803	685	0.01192
410	0.00121	550	0.99495	690	0.00821
415	0.00218	555	1	695	0.00572
420	0.004	560	0.995	700	0.0041
425	0.0073	565	0.9786	705	0.00293
430	0.0116	570	0.952	710	0.00209
435	0.01684	575	0.9154	715	0.00148
440	0.023	580	0.87	720	0.00105
445	0.0298	585	0.8163	725	7.4E-4
450	0.038	590	0.757	730	5.2E-4
455	0.048	595	0.6949	735	3.61098E-4
460	0.06	600	0.631	740	2.49195E-4
465	0.0739	605	0.5668	745	1.71903E-4
470	0.09098	610	0.503	750	1.2E-4
475	0.1126	615	0.4412	755	8.48023E-5
480	0.13902	620	0.381	760	6E-5
485	0.1693	625	0.321	765	4.24012E-5
490	0.20802	630	0.265	770	3E-5
495	0.2586	635	0.217	775	2.12006E-5
500	0.323	640	0.175	780	1.49927E-5
505	0.4073	645	0.1382	785	1.06003E-5
510	0.503	650	0.107	790	7.42313E-6
515	0.6082	655	0.0816		

Berechnen Sie das Lumenäquivalent des Leuchtstoffes LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb (LAP:Ce,Tb), dessen vereinfachtes Linienspektrum auf der folgenden Seite unten abgebildet ist!

Wie hoch ist das maximale Lumenäquivalent, das eine Lichtquelle aufweisen kann?

Eine typische LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb Probe hat bei einer Anregungswellenlänge von 254 nm eine Quantenausbeute von 90% und eine Absorption von 85%. Wie hoch ist die Lichtausbeute LO bei 254 nm?

Vereinfachtes Emissionsspektrum von  $\text{LaPO}_4:\text{Ce},\text{Tb}$ 

- 18) Berechnen Sie die Quantenausbeute  $\Phi_{254}$  der in der Tabelle angegebenen BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu (BAM) Leuchtstoffproben!

Probe	$\Phi_{254}$ [%]	$R_{254}$ [%]	$I_{254}$ [Counts/s]
Black (Schwarzstandard)	-	-	29251
BAM (Referenzprobe)	90.0	8.1	1457725
BAM Hersteller A	?	10.0	1517085
BAM Hersteller B	?	19.6	1380176

- 19) Schätzen Sie mit Hilfe der Kubelka-Munk-Funktion, des Reflexionswertes  $R_{254} = 0.10$  und der mittleren Teilchengröße  $d_{50} = 10 \mu\text{m}$ , für den Leuchtstoff LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb die Absorptionskonstante  $A$  bei 254 nm ab!

Kubelka-Munk-Funktion:

$$F(R_{\infty}) = \frac{A}{S} = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2 \cdot R_{\infty}} \sim \frac{\epsilon \cdot c}{d}$$

- 20) Welche Standardmaterialien finden in der Reflexionsspektroskopie Verwendung? Durch welche physikalischen Eigenschaften wird der nutzbare Wellenlängenbereich dieser Referenzen begrenzt?
- 21) Mit welchen spektroskopischen Methoden würden Sie jeweils die Lage der Absorptionsbanden einer transparenten Keramik bzw. einer streuenden Pulverprobe bestimmen?
- 22) Welche Farbe sollten folgende Komplexe haben, die jeweils eine Absorptionsbande mit einer Halbwertsbreite von ca. 50 nm aufweisen?

Co <sup>3+</sup> -Komplex	Absorptionsmaximum [nm]
[Co(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>3-</sup>	640
[Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup>	600
[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Cl] <sup>2+</sup>	535
[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> OH] <sup>2+</sup>	500
[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup>	475
[Co(CN) <sub>5</sub> Br] <sup>3-</sup>	415
[Co(CN) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	310

- 23) Quantenausbeuten werden meist relativ zu einem Standard bzw. zu einem Referenzleuchtstoff gemessen. Geben Sie ein Verfahren an, mit dem man die Quantenausbeute eines Leuchtstoffes direkt bestimmen könnte!
- 24) Was versteht man unter Aktinometrie? Geben Sie eine photochemische Reaktion an, die für die Aktinometrie verwendet wird!
- 25) Welche Fenstermaterialien würden Sie für folgende Spektralbereiche bevorzugen?
- Röntgen (x-ray)
  - Vakuum-Ultraviolett (VUV)
  - Ultraviolett (UV-A/B/C)
  - Sichtbar (VIS)

26) Sie haben folgende rot-emittierende Leuchtstoffe eingekauft:

(Y,Gd)BO<sub>3</sub>:Eu

Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu

Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu

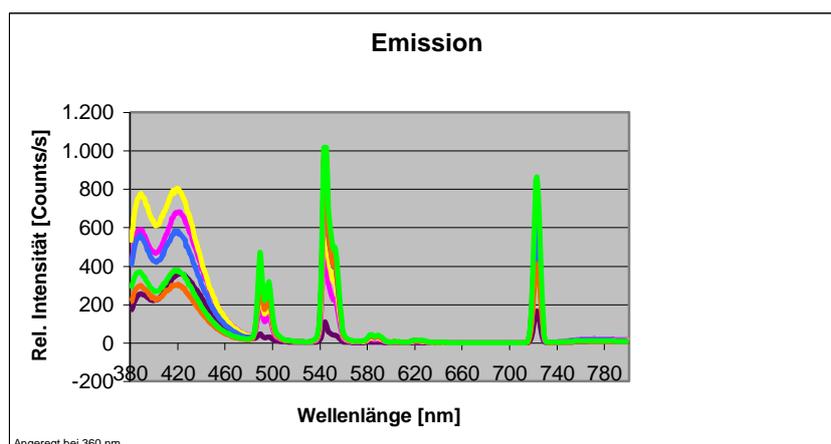
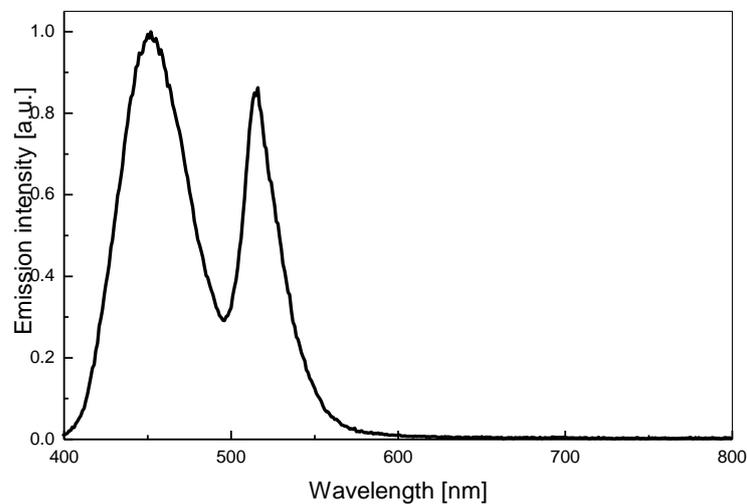
YVO<sub>4</sub>:Eu

Sr<sub>2</sub>Si<sub>5</sub>N<sub>8</sub>:Eu

CaS:Eu

Welche Messungen müssen Sie durchführen, um zu entscheiden, welche dieser Materialien für Plasmafernseher ( $\lambda_{ex} = 172$  nm), für Fluoreszenzlampen ( $\lambda_{ex} = 254$  nm) oder für blaue Leuchtdioden ( $\lambda_{ex} = 450$  nm) geeignet ist. Wie können Sie außerdem feststellen, ob es sich um Eu<sup>2+</sup> oder Eu<sup>3+</sup>-Leuchtstoffe handelt?

27) Von BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu,Mn bzw. (Y,Gd)BO<sub>3</sub>:Ce,Tb wurden folgende Emissionsspektren unter 254 nm bzw. 360 nm Anregung aufgenommen:



Mit welchem Messverfahren lässt sich feststellen, welche Emissionsbande zu welchem Aktivatorion gehört?

Welche Änderung des Spektrums würden Sie bei einer Temperaturerhöhung erwarten?