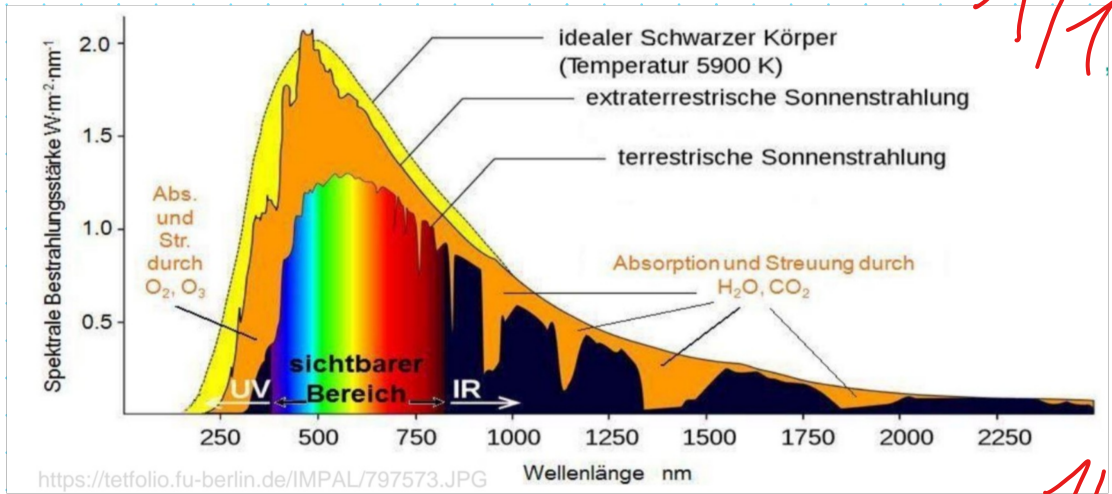


- 45) Terrestrische Sonnenstrahlung umfasst Wellenlängen von $\sim 280 - 2500 \text{ nm}$.
 Das Maximum liegt bei ca. 500 nm .
 Die spektrale Empfindlichkeit des Augs reicht von $\sim 380 - 780 \text{ nm}$
 und die maximale Empfindlichkeit liegt bei $\sim 550 \text{ nm}$.



- b) Lichtstrom Φ_v : Beschreibt die gesamte Lichtmenge, die eine Lichtquelle abstrahlt und berücksichtigt die Empf. des menschlichen Augs. Einheit: Lumen (lm) ✓

Lichtstärke I_v : Beschreibt Lichtstrom, der in eine bestimmte Richtung pro Raumwinkel emittiert wird. Einheit: Candela (cd) ✓

Beleuchtungsstärke E_v : Lichtstrom Φ_v pro Fläche A . Beschreibt, wie gut eine Fläche beleuchtet ist. Einheit: lx (lx) ✓

$$\Phi_v = 1500 \text{ lm} \quad \varphi_v = 45^\circ \quad E_v = 500 \text{ lx}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } \Omega &= \int_0^{2\pi} \int_0^{\varphi_0} \sin \vartheta \, d\vartheta \, d\phi = 2\pi \cdot \left[-\cos \vartheta \right]_0^{\varphi_0} = 2\pi \cdot (1 - \cos \varphi_0) \\ &= 2\pi \cdot (1 - \cos(45^\circ)) \approx 7.84 \text{ sr} \end{aligned}$$

$$I_v = \frac{\Phi_v}{\Omega} = \frac{1500 \text{ lm}}{1,84 \text{ sr}} \approx 815,22 \text{ cd} \quad // \quad \checkmark \quad 1/1$$

d)



$$A = \pi r^2$$

$$\tan v_0 = \frac{r}{d} \Rightarrow A = \pi \cdot \tan^2 v_0 \cdot d^2$$

$$\Phi_v = \frac{I_v}{A} = \frac{I_v}{\pi \tan^2 v_0 \cdot d^2}$$

$$\Leftrightarrow d^2 = \frac{I_v}{\Phi_v \pi \tan^2 v_0}$$

$$d = \sqrt{\frac{I_v}{\Phi_v \pi \tan^2 v_0}} = \sqrt{\frac{815,22 \text{ cd}}{500 \text{ lx} \cdot \pi \cdot 1}} \approx 0,72 \text{ m} \quad //$$

0,5/1

e) Glühlampe: $P_{\min} = \frac{1500 \text{ lm}}{10 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = 150 \text{ W}$

weiße LED: $P_{\min} = \frac{1500 \text{ lm}}{100 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = 15 \text{ W}$

Energiesparlampe: $P_{\min} = \frac{1500 \text{ lm}}{65 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = 23 \text{ W}$

Natriumdampflampe: $P_{\min} = \frac{1500 \text{ lm}}{125 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = 12 \text{ W}$

$$P_{\min} = \frac{\Phi_v}{683 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = 2,24$$

0,5/1

② Ein Lambertscher Strahler ist eine leuchtende Fläche mit der Eigenschaft $I_v = I_0 \cos v$, die in jede Richtung die gleiche Leuchtdichte erzeugt.

In der Realität ist es nicht möglich einen perfekten Lambertschen Strahler zu erzeugen. Es gibt aber Materialien, die sehr nah dran kommen: z.B. Mattes Papier, Milchglas

2/2

✓

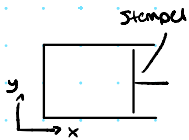
- ③ $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \Leftrightarrow$ Ladungen sind Quellen eines E -Felds. 2/2
- $\nabla \cdot \vec{B} = 0 \Leftrightarrow$ Es gibt keine Quellen/Monopole eines Magnetfelds
- $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \Leftrightarrow$ Die Änderung eines Magnetfelds ruft ein elektrisches Wirbelfeld hervor (Minus wegen Lenz'scher Regel)
- $\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \Leftrightarrow$ Elektrische Ströme (sowie Verschiebungsstromen) rufen ein magnetisches Wirbelfeld hervor. ✓

b) $\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) = \vec{\nabla} \times \left(\frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \frac{1}{c^2} (\vec{\nabla} \times \vec{E})$

$\Leftrightarrow \underbrace{\vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{B})}_{=0} - \vec{\nabla}^2 \vec{B} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$ 2/2

$\Leftrightarrow \vec{\nabla}^2 \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \Rightarrow$ Wellengleichung für magnetisches Feld mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = \text{Lichtgeschw.}$ ($c = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}}$) ✓

4.



Kraftstoß auf Stempel im Zeitintervall dt und Teilchen mit Impuls p_{ix} : $F_{ix} dt = 2 p_{ix} dN_i$ 5/5

Zahl der Teilchen dN_i , die im Zeitintervall dt mit dem Stempel stoßen, also dx vom Stempel entfernt sind:

$\frac{dN_i}{N_i} = \frac{1}{2} \frac{dx}{A} = \frac{1}{2} \frac{v_{ix} dt dy}{A}$ ✓

$\Rightarrow F_{ix} dt = \frac{dy}{A} N_i \frac{p_{ix}}{m} \overset{(p=v \cdot m)}{=} \frac{p_{ix}^2}{m} dt$; es resultiert der Druck $P_i = \frac{F_{ix}}{dy}$

$\Rightarrow P_i = \frac{1}{A} N_i \frac{p_{ix}^2}{m}$; Summation über alle Impulse p_{ix} :

$P = \frac{1}{A} \sum_i N_i \frac{p_{ix}^2}{m}$ klass. Mechanik: $E_{kin} = \sum_i N_i \left(\frac{1}{2} \frac{p_{ix}^2}{m} + \frac{1}{2} \frac{p_{iy}^2}{m} \right) \Rightarrow$ Gleichverteilungssatz (mittlere kinetische Energie) ✓

$\Rightarrow E_{kin} = \frac{3}{2} \sum_i N_i \frac{p_{ix}^2}{m} \Rightarrow E_{kin} = P \cdot A$ bzw mit $E_{kin} = \frac{E_{tot}}{N} \Rightarrow P \cdot A = N \cdot E_{kin}$ ✓

(Boltzmann-Konst.)

Mit $P \cdot A = N \cdot k_B T$ folgt: $E_{kin} = \frac{3}{2} k_B T = k_B T_{\parallel}$ für 2 Dimensionen.