

10) Der Brechungsindex des Wassers beträgt $4/3$, derjenige des Glases $3/2$.

a) Vervollständigen Sie die folgende Tabelle!

Farbe	Rot	Gelb	Grün	Violett
λ in Luft	700 nm	600 nm	500 nm	400 nm
λ in Wasser				
λ in Glas				

[Wasser: 525 nm; 450 nm; 375 nm; 300 nm]

[Glas: 467 nm; 400 nm; 333 nm; 267 nm]

b) Welche Dicke muss eine Luftschicht bzw. eine Glasschicht haben, damit Gelb bei senkrechtem Einfall im reflektierten Licht durch Interferenz ausgelöscht wird? (Die Glasschicht sei von Luft umgeben.)

[$d_{\text{Luft}} = 300 \text{ nm}$; $d_{\text{Glas}} = 200 \text{ nm}$]

a) Es gilt:

Vakuum

Brechzahl: $n = \frac{c_0}{c_m}$ (*)

Lichtgeschwindigkeit im Medium

und $c = \lambda \cdot f$

(*) $\Leftrightarrow n = \frac{\lambda_0 \cdot f}{\lambda_m \cdot f}$

$\Leftrightarrow n = \frac{\lambda_0}{\lambda_m}$ / Wellenlänge im Vakuum

Wellenlänge im Medium

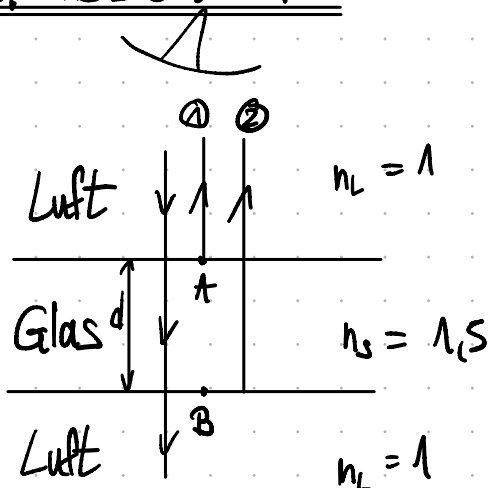
$\Leftrightarrow \lambda_m = \frac{\lambda_0}{n} \approx \frac{\lambda_{\text{Luft}}}{n}$

(und $n_{\text{Luft}} \approx n_{\text{Vakuum}} = 1$)

Beispiel:

$$\lambda_{\text{H}_2\text{O}(\text{Rot})} = \frac{\lambda_{\text{Rot}}}{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{700 \text{ nm}}{1,33} = 525 \text{ nm}$$

b) GLASSCHICHT



① und ② sollen ausgelöscht werden

$$\Delta s_{\text{geom}} = 2d$$

$$\Delta s_{\text{opt}} = 2d n_s$$

Phasensprung von T_L in A , weil $n_s > n_L$

$$\text{Daher } \Delta s_g = 2d n_s \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta s_g = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad k \in \mathbb{N}$$

$$\Rightarrow 2d n_s \pm \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

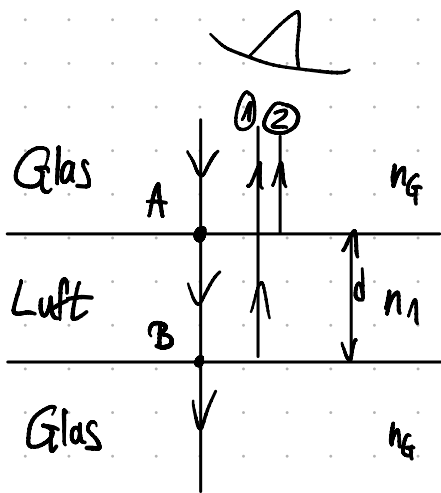
$$\Leftrightarrow \cancel{2d n_s} + \cancel{\frac{\lambda}{2}} = \cancel{2k+1} \frac{\lambda}{2} + \cancel{\frac{\lambda}{2}}$$

Entscheidung

$$\Leftrightarrow d_k = \frac{k \cdot \lambda}{2 n_s} \quad (k \in \mathbb{N}^*)$$

$$\text{für } k=1: d_{k=1} = \frac{\lambda}{2 n_s} = \frac{600 \text{ nm}}{2 \cdot 1,5} = 200 \text{ nm}$$

LUFTSCHICHT



① und ② sollen ausgelöscht werden

$$\Delta s_{\text{geom}} = 2d$$

$$\Delta s_{\text{opt}} = 2d n_1$$

$$\Delta s_g = 2dn_1 \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta s_g = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k \in \mathbb{N})$$

Phasensprung von TL:

$$2dn_1 \pm \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow 2dn_1 + \frac{\lambda}{2} = k\lambda + \frac{\lambda}{2}$$

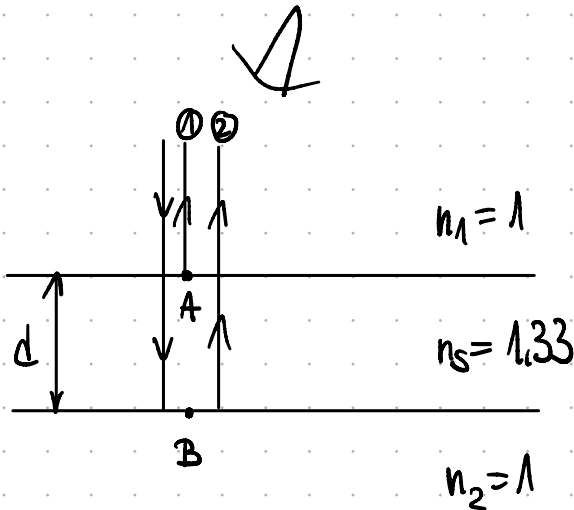
Entscheidung

$$\Leftrightarrow d_k = \frac{k \cdot \lambda}{2n_1}$$

für: $k=1$

$$d_k = \frac{1 \cdot 600 \text{ nm}}{2 \cdot 1} = 300 \text{ nm}$$

- 11) Eine Seifenhaut mit dem Brechungsindex $n = 4/3$ wird mit gelbem Licht senkrecht beleuchtet. Die im Vakuum gemessene Wellenlänge des Lichtes beträgt $\lambda = 540 \text{ nm}$. Wie dick muss die Seifenhaut mindestens sein, damit das reflektierte Licht durch Interferenz verstärkt wird? [101,25 nm]



$$\lambda = 540 \text{ nm}$$

① und ② Verstärkung:

$$\Delta s_{\text{geom}} = 2d$$

$$\Delta s_{\text{opt}} = 2dn_s$$

Phasensprung in A:

$$\Delta s_g = 2dn_s \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta s_g = k \cdot \lambda \quad (k \in \mathbb{N})$$

$$\Rightarrow 2dn_s - \frac{\lambda}{2} = k \cdot \lambda$$

$$\Leftrightarrow 2d n_s = 2k \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2}$$

$$\Leftrightarrow 2d n_s = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

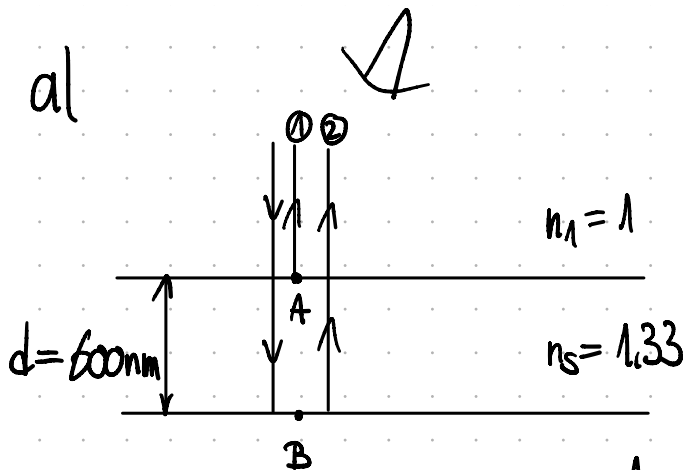
$$\Leftrightarrow d_k = \frac{(2k+1) \lambda}{4 n_s} \quad (k \in \mathbb{N}^*)$$

minimale Dicke $\rightarrow k=0$

$$d_{\min} = \frac{1 \cdot 540 \text{ nm}}{4 \cdot 1,33} = 101 \text{ nm}$$

12) Eine Seifenlamelle ist $0,6 \mu\text{m}$ dick. Ihre Brechzahl ist $1,33$. Es fällt weißes Licht senkrecht auf.

- a) Welche Wellenlängen des sichtbaren Spektrums ($400 \text{ nm} - 800 \text{ nm}$) werden im reflektierten Licht durch Interferenz ausgelöscht? [798 nm; 532 nm]
- b) Welche Wellenlängen des sichtbaren Spektrums ($400 \text{ nm} - 800 \text{ nm}$) werden im durchgehenden Licht durch Interferenz ausgelöscht? [638,4 nm; 456 nm]



Weißes Licht: $(400 \text{ nm} - 800 \text{ nm})$

① und ② Auslöschung:

$$\Delta s_{\text{geom}} = 2d$$

$$\Delta s_{\text{opt}} = 2d n_s$$

Phasensprung in A:

$$\Delta s_g = 2d n_s \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta s_g = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k \in \mathbb{N})$$

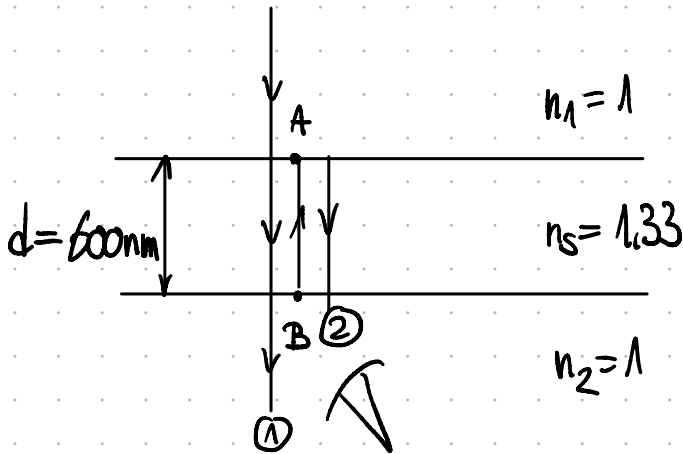
$$\Rightarrow 2d n_s + \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \frac{2d n_s}{k} \quad (k \in \mathbb{N}^*)$$

k	1	2	3	4	5
$\lambda(\text{nm})$	1596	798	532	399	319

IR (under 1596)
UV (under 399)
nicht in angegebenen Bereich (under 319)

b)



Weißes Licht: (400nm - 800nm)

① und ② Auslöschung:

$$\Delta s_{\text{geom}} = 2d$$

$$\Delta s_{\text{opt}} = 2d n_s$$

kein Phasensprung:

$$\Delta s_g = 2d n_s$$

$$\Delta s_g = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k \in \mathbb{N})$$

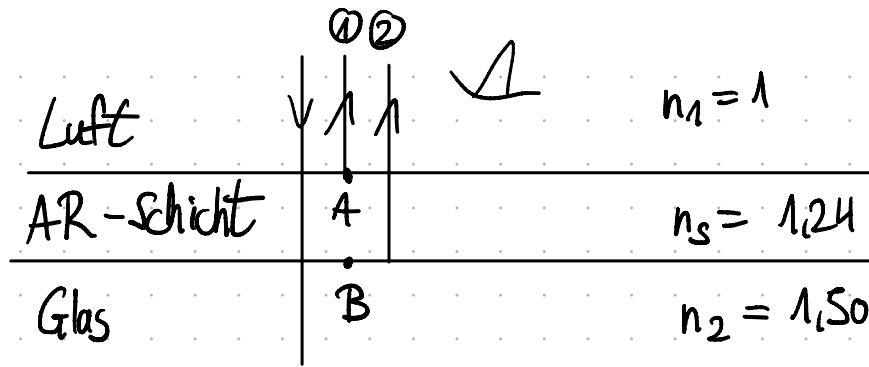
$$\Rightarrow 2d n_s = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \frac{4d n_s}{2k+1} \quad (k \in \mathbb{N})$$

k	0	1	2	3	4
$\lambda(\text{nm})$	3192	1064	638	456	355

- 13) Eine dünne Antireflexschicht, die auf ein Brillenglas der Brechzahl 1,50 aufgetragen wird, besteht aus einem Stoff mit der Brechzahl 1,24. Berechne die minimale Dicke dieser Schicht so, dass im reflektierten Licht die mittlere Wellenlänge von 560 nm ausgelöscht wird. Dabei wird senkrechter Lichteinfall angenommen.

[112,9 nm]



① + ② destruktive ^{*} Interferenz

$$\Delta s_{\text{geo}} = 2d$$

$$\Delta s_{\text{opt}} = 2d n_s$$

Phasensprünge von π in A und B

$$\Delta s_{\text{g}} = 2d n_s \quad \underbrace{\pm \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}}_{\pm \pi}$$

2 Phasensprünge von π heben sich in ihrer Wirkung auf.

$$\Delta s_{\text{g}} = 2d n_s$$

$$* \Delta s_{\text{g}} = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k \in \mathbb{N})$$

$$\Rightarrow 2d n_s = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

minimale Dicke für $k=0$

$$\Leftrightarrow d_k = \frac{(2k+1) \lambda}{4 n_s}$$

$$\Leftrightarrow d_{\min} = d_{k=0} = \frac{\lambda}{4 n_s} = \frac{560 \text{ nm}}{4 \cdot 1,24} = 112,9 \text{ nm}$$