

Aufg. 1.

a)

Da $n_G > n_L = 1$

$\Rightarrow$ Phasensprung um $\frac{\lambda}{2}$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta S$$

Mit $\Delta S = 2 \cdot n_L \cdot d + \frac{\lambda}{2} = \underline{\underline{2d + \frac{\lambda}{2}}}$

Maxima bei: $\Delta S = m \cdot \lambda$, $m = 1, 2, 3, \dots$

$$\Rightarrow m \cdot \lambda = 2d + \frac{\lambda}{2}$$

$$\Leftrightarrow d = \left(m - \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad m = 1, 2, \dots$$

Äquivalent zu: $d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\lambda}{2}$, $m = 0, 1, 2, \dots$

b) $d \ll R \Rightarrow \frac{d}{R} \ll 1$

Höhensatz: $r^2 = d(R-d) = R \cdot d \left(2 - \frac{d}{R}\right) \ll 1$
 $\Rightarrow \underline{\underline{r^2 = 2dR}}$

$$r^2 = 2R \cdot \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\lambda}{2} = R \cdot \lambda \cdot \left(m + \frac{1}{2}\right)$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{r_m = \sqrt{R \cdot \lambda \cdot \left(m + \frac{1}{2}\right)}}}$$

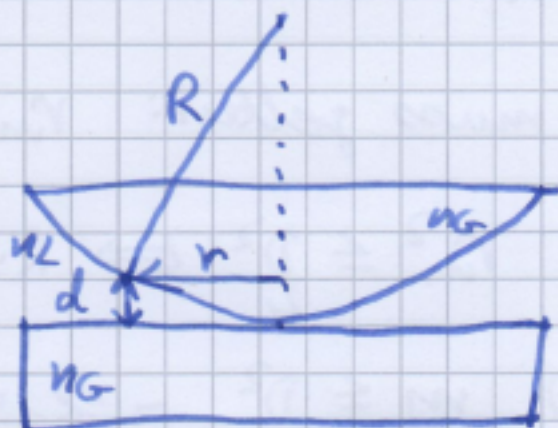
c) Phasensprung an Platte um $\frac{\lambda}{2}$
 Phasensprung an Linse um $\frac{\lambda}{2}$

$$\Rightarrow \Delta S = 2n_L d + 2 \cdot \frac{\lambda}{2} = 2d + \lambda$$

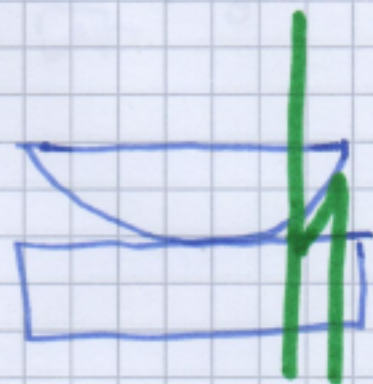
Maxima bei: $\Delta S = m \cdot \lambda$

$$\Rightarrow m \cdot \lambda = 2d + \lambda \Leftrightarrow d(m) = \left(m - 1\right) \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad m = 1, 2, \dots$$

$$\Leftrightarrow \underline{\underline{d(m) = m \cdot \frac{\lambda}{2}}}, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$



$$\frac{5,5}{6}$$



→ Interferenzmuster sind gegeneinander versetzt um den Faktor $\frac{1}{2}$.

d) $\lambda = 490 \text{ nm}$, $R = 1 \text{ m}$, $D = 0,02 \text{ m}$

Es muss gelten: $r_m \leq \frac{D}{2}$

$$\Rightarrow r_m^2 \leq \frac{D^2}{4} \Leftrightarrow R \cdot \lambda \cdot \left(m + \frac{1}{2}\right) \leq \frac{D^2}{4}$$

$$\Rightarrow m \leq \frac{D^2}{4 \cdot R \cdot \lambda} - \frac{1}{2} = 203,58 \rightarrow 204$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{m = 203 \text{ Ringe}}}$$

205 Ringe 1. Ring: $m=0$

e) Es ist $d_6 : m=5$

$$d_6 = 2 \cdot r_6 = 2 \sqrt{R \cdot \lambda \cdot \left(6 + \frac{1}{2}\right)} \approx \underline{\underline{0,357 \text{ cm}}}$$

3,3 mm

$$n_L \rightarrow n_W = 1,33$$

$$\text{Dann ist: } \Delta s = 2 n_W \cdot d + \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow d = \frac{1}{n_W} \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow d_m = \frac{1}{n_W} \cdot 2 \sqrt{R \cdot \lambda \cdot \left(m + \frac{1}{2}\right)} = \underline{\underline{\frac{1}{n_W} 2 r_m}}$$

Um $\frac{1}{n_W}$ kleiner!

$$\Rightarrow d'_6 = \frac{d_6}{n_W} \approx \underline{\underline{0,28 \text{ cm}}}$$

+1

Aufgabe 2:

4/4

(a) $n_{NW} = 1,5$: $r = \frac{E_r}{E_e} = \frac{\frac{n_L}{n_N} - 1}{\frac{n_L}{n_N} + 1} = \frac{n_L - n_N}{n_L + n_N} = \frac{1 - 1,5}{1 + 1,5} = \frac{-0,5}{2,5} = -\frac{1}{5}$ ✓

$t = \frac{E_t}{E_e} = \frac{2 \cdot n_L}{n_L + n_N} = \frac{2 \cdot 1}{1 + 1,5} = \frac{2}{2,5} = 0,8$ ✓

$R = r^2 = \left(-\frac{1}{5}\right)^2 = \frac{1}{25} = 0,04$ ✓

$T = t^2 \frac{n_N}{n_L} = 0,8^2 \cdot \frac{1,5}{1} = 0,96$ ✓ $R + T = 1$

$n_{NB} = 1,74$: $r = \frac{1 - 1,74}{1 + 1,74} = -0,27$ ✓

$t = \frac{2 \cdot 1}{1 + 1,74} = 0,73$ ✓

$R = (-0,27)^2 = 0,073$ ✓

$T = 0,73^2 \cdot \frac{1,74}{1} = 0,927$ ✓

+1

(b) $\left| \frac{E_{r1}}{E_{r2}} \right| = \left| \frac{\frac{n_L}{n_N} - 1}{\frac{n_N}{n_G} - 1} \right| = 1$

$\left| \frac{n_L}{n_N} - 1 \right| = \left| \frac{n_N}{n_G} - 1 \right|$

$\frac{n_L}{n_N} = \frac{n_N}{n_G}$

$n_L \cdot n_G = n_N^2$

$n_N = \sqrt{n_L \cdot n_G}$

Für $n_G = n_{NW}$: $n_N = \sqrt{1,5} = 1,22$ ✓

und $n_G = n_{NB}$: $n_N = \sqrt{1,74} = 1,32$ ✓

+1,5

- (c) Beide Interferenzstrahlen reflektieren an einem optisch dichteren Medium, deswegen tritt diesmal bei beiden eine Phasenverschiebung von $\frac{\lambda}{2}$ auf, die in Δx nicht berücksichtigt werden muss

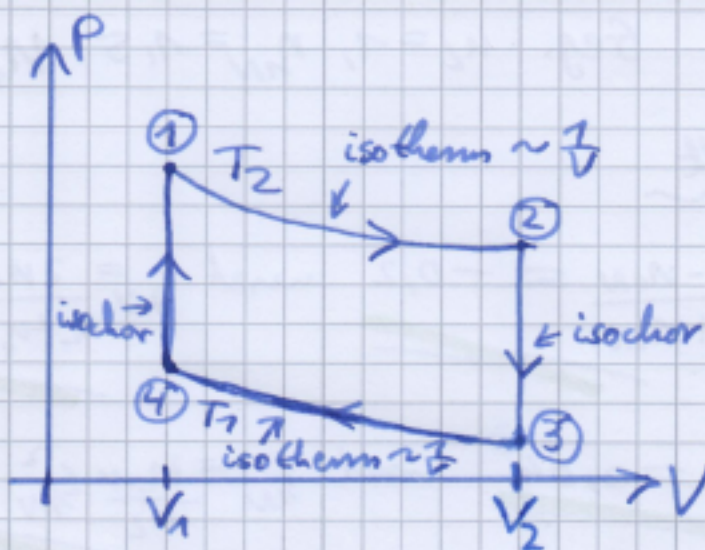
$\Delta x = \Delta s$

$\frac{\lambda}{2} = 2d$

$d = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_0}{4 n_N} = \frac{570 \text{ nm}}{4 \cdot 1,22} = 116 \text{ nm}$ ✓

+1,5

d)



b) Es gilt für ideales Gas mit $\gamma = 7/2$:

$$U = \frac{3}{2} RT \Rightarrow dU = \frac{3}{2} R dT \text{ und } p = \frac{R \cdot T}{V}$$

$$dU = \delta Q + \delta W = \delta Q - p dV$$

① → ②: Isotherm $\Rightarrow dT = 0$

$$\Rightarrow dU_1 = \frac{3}{2} R dT = 0 \Rightarrow \Delta U_1 = \text{const.} = \frac{3}{2} RT_2$$

$$dU = \delta Q - p dV = 0 \Rightarrow \delta Q_1 = p dV$$

$$\Rightarrow \Delta Q_1 = \int_{V_1}^{V_2} p dV = R \cdot T_2 \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV = RT_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta Q_1 = R \cdot T_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \text{ und } \Delta W_1 = -\Delta Q_1 = -RT_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

② → ③: Isochor $\Rightarrow dV = 0$

$$\Rightarrow dU_2 = \frac{3}{2} R dT$$

$$\Rightarrow \Delta U_2 = \frac{3}{2} R \cdot \int_{T_2}^{T_1} dT = \frac{3}{2} R \cdot (T_1 - T_2)$$

$$dU_2 = \delta Q_2 - p dV = \delta Q_2$$

$$\Rightarrow \Delta Q_2 = \Delta U_2 = \frac{3}{2} R (T_1 - T_2) \text{ und } \Delta W_2 = 0$$

A3 b)

③ → ④: Isotherm $\Rightarrow dT=0$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\Delta U_3 = \frac{3}{2} R \cdot T_1}}$$

$$dU_3 = \delta Q_3 + \delta W_3 = 0 \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow \delta Q_3 = p dV \Rightarrow \Delta Q_3 = \int_{V_2}^{V_1} p dV$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\Delta Q_3 = R \cdot T_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}} \quad \text{und} \quad \underline{\underline{\Delta W_3 = -\Delta Q_3 = R \cdot T_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}} \quad \checkmark$$

④ → ①: Isochor $\Rightarrow dV=0$

$$\Rightarrow \Delta U_4 = \frac{3}{2} R \int_{T_1}^{T_2} dT = \underline{\underline{\frac{3}{2} R \cdot (T_2 - T_1)}}$$

$$dU_4 = \delta Q_4 + \underbrace{\delta W_4}_0 = \delta Q_4$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\Delta Q_4 = \Delta U_4 = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1)}} \quad \text{und} \quad \underline{\underline{\Delta W_4 = 0}} \quad \checkmark$$

$$\textcircled{c} \quad \eta = \frac{\Delta W_{\text{ges}}}{Q_{\text{zu}}} = \frac{R \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \cdot (T_2 - T_1)}{R \cdot T_2 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}$$

$\parallel$
 ΔQ_1

+ 1

$$\Rightarrow \underline{\underline{\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2}}} \quad \checkmark$$

4

$$\left(p + a \frac{n^2}{V^2}\right) (V - nb) = nRT$$

4/4

kritischer Punkt $T = T_k$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_{T=T_k} = 0 \quad \text{und} \quad \left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_{T=T_k} = 0$$

a)

Oberhalb der kritischen Temperatur gibt es keine flüssige Phase mehr. Die Verdampfungswärme ist hier $0 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$. Bei der kritischen Temp. T_k herrscht der kritische Druck p_k . +0,5
 (Bei Wasser: $T_k = 374^\circ\text{C}$, $p_k = 220,64 \text{ bar}$)

$$b) \left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_{T=T_k} = 0 = -\frac{nRT_k}{(V_k - nb)^2} + 2a \frac{n^2}{V_k^3} \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_{T=T_k} = 0 = \frac{2nRT_k}{(V_k - nb)^3} - 6a \frac{n^2}{V_k^4} \quad (2)$$

$$p_k = \frac{nRT_k}{V_k - nb} - a \frac{n^2}{V_k^2} \quad (3)$$

$$(2) \rightarrow (3) \quad \frac{2V_k nRT_k}{3(V_k - nb)^3} = \frac{nRT_k}{(V_k - nb)^2}$$

$$\frac{2}{3} V_k nRT_k = (V_k - nb) nRT_k$$

$$\boxed{V_k = 3nb} \quad \checkmark$$

4) b)

$$V_k \sim (2)$$

$$2a \frac{n^2}{27n^3b^3} = \frac{nRT_k}{4n^2b^2}$$

$$\boxed{T_k = \frac{8an^4b^2}{27n^3b^3 \cdot nR} = \frac{8a}{27bR}} \quad \checkmark$$

2) a(1)

$$a \frac{n^2}{V_k^2} = \frac{V_k nRT_k}{2(V_k - nb)^2}$$

$$\Rightarrow p = \frac{nRT_k}{V_k - nb} - \frac{V_k nRT_k}{2(V_k - nb)^2}$$

$$= \frac{RT_k}{2b} - \frac{3RT_k}{4 \cdot 2b} = \frac{RT_k}{8b}$$

$$\boxed{p = \frac{a}{27b^2}} \quad \checkmark$$

④ c) Da bei einem realen Gas die Größe der Teilchen nicht null ist, ist die Größe des verfügbaren Volumens kleiner als das Gesamtvolumen V_0 . Das für die Bewegung verfügbare Volumen ist gegeben durch

$$V = V_0 - n \cdot b$$

$n \cdot b$ ist das Eigenvolumen aller Teilchen in dem Gas. Wenn die Teilchen größer werden, wird also auch b größer und T_k wird dadurch kleiner ($p = \text{const.}$).

Die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen erhöhen den Druck um ~~die Teilchen~~ $+ a \frac{n^2}{V^2}$. Wenn a größer wird, also die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen stärker werden, steigt die Temperatur T_k , auch der Druck steigt ($V = \text{const.}$)

Steigen sowohl a , als auch b um den selben Faktor, so bleibt die Temperatur T_k konstant.