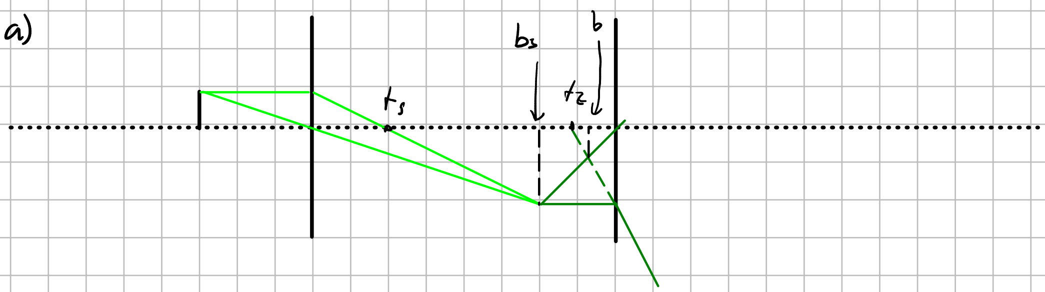
Aufgabe 1

a)



b) $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g} \Rightarrow b = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{g}\right)^{-1}$ $\quad d = 8cm$

$b_s = \left(\frac{1}{2cm} - \frac{1}{3cm}\right)^{-1} = 6cm$

$b = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{d-b_s}\right)^{-1} = \left(-1 - \frac{1}{2}\right)^{-1} = -\frac{2}{3}cm$

c) $B_s = -G\frac{b_s}{g} = 2G = -2cm$

$B = -B_s\frac{b}{d-b_s} = 2cm\frac{-\frac{2}{3}}{2cm} = -\frac{2}{3}cm$

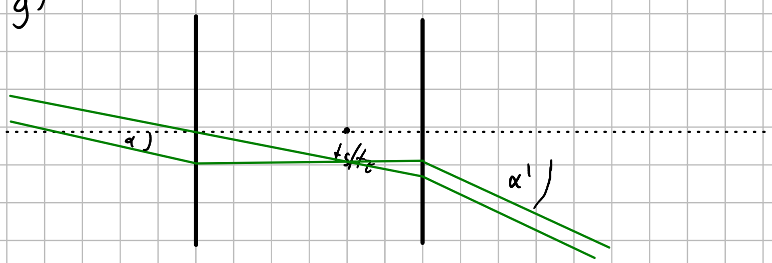
d) Da $b < 0$ ist das Bild virtuell

e) Da $B < 0$ ist das Bild invertiert.

f) Für das Galilei-Fernrohr muss $f_s + f_z = d = 1cm$

Der Abstand der Linsen muss also 1cm betragen.

g)



h) Einfallender Strahl $\vec{s} = (0, \alpha)^T$

Ausfallender Strahl: $\vec{s}\,' = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_z & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_s & 1 \end{bmatrix}\vec{s}$

$= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_z & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0 \\ \alpha \end{bmatrix}$

$= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_z & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \alpha d \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha d \\ \alpha - \alpha\frac{d}{f_z} \end{bmatrix} \Rightarrow \alpha' = \alpha\left(1 - \frac{d}{f_z}\right)$

$\Rightarrow V = \frac{\alpha'}{\alpha} = 1 - \frac{d}{f_z} = 1 - \frac{f_z + f_s}{f_z} = -\frac{f_s}{f_z} = 2$

Aufgabe 2

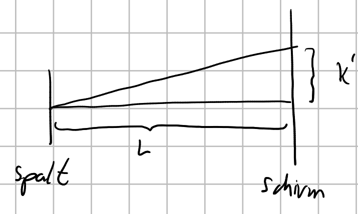
a) $T(x) = \left(\delta(x+d) + \delta(x) + \delta(x-d)\right)$

Fraunhofer-Näherung des Beugungsintegrals:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \int T(x)\, e^{ik_x x}\, dx.$$

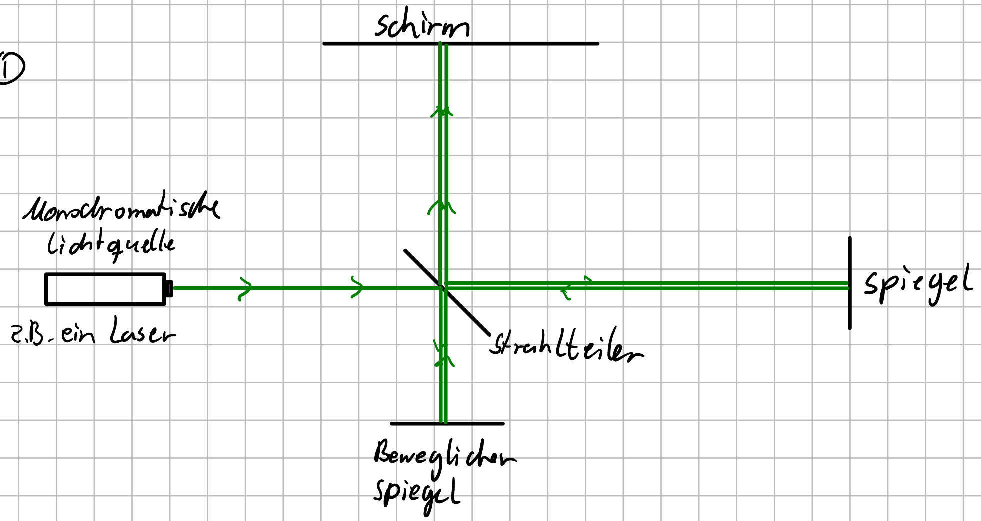
$$I = I_0 \left| \int T(x)\, e^{ik_x x}\, dx \right|^2 = I_0 \left| e^{-ik_x d} + e^{-ik_x 0} + e^{ik_x d} \right|^2$$

$$= I_0 \left| 1 + 2\cos(k_x d) \right|^2$$



$k_x = \frac{k'}{L}$

b) (i)



(ii) Mit einer Verschiebung ändert sich die Lauflänge um $\Delta l = 2d$ und es werden 10 Phasen durchlaufen $\Rightarrow \Delta l = 10\lambda$

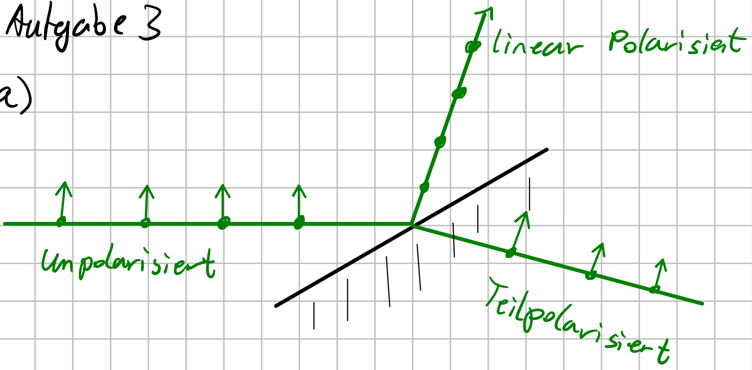
$2d = 10\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{1}{5} d = 500\,\text{nm}$

(iii) $\Delta l = 200\lambda$

$$\frac{L + \frac{\Delta l}{2}}{L} = 1 + \frac{100\lambda}{L} = 1 + \frac{50 \cdot 10^{-6}\,\text{m}}{10^{-1}\,\text{m}} = 1 + 5 \cdot 10^{-4} = 1{,}0005$$

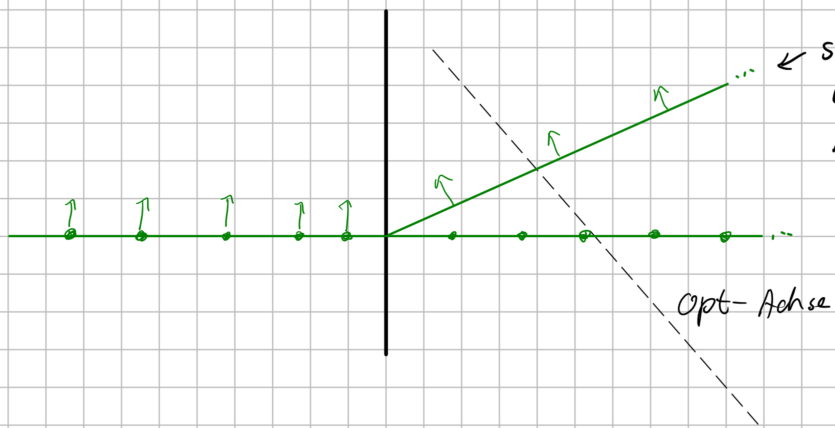
Aufgabe 3

a)



Im gebrochenen strahl ist die $\vec{E}_\perp$ - Komponente abgeschwächt.
Durch staffelung mehrerer Brooster - Plättchen lässt sich eine Komponente fast vollständig herausfiltern, sodass nur $\vec{E}_\parallel$ übrig bleibt.

b)

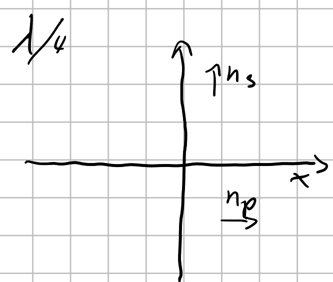


strahlwinkel abhängig von α und n_o / n_{ao}.
Auch brechung nach unten möglich.

Indem man den Kristall so formt, dass der außerordentliche Strahl an einer anderen Seite austritt als der ordentliche strahl, kann einen Polarisations - unterscheidenden Strahlteiler zu bauen.
Wie z.B in einem Glan - Thompson - Polarisator

c) Die Welle ist zirkular polarisiert, da sin und cos genau $\frac{\pi}{2}$ Phasenunterschied haben.

d) X - komponente der Welle wird um $\frac{\pi}{2}$ schneller.



$$\Rightarrow \vec{E}'(t,z) = E_0 \begin{bmatrix} -\sin(\omega t - kz + \frac{\pi}{2}) \\ \cos(\omega t - kz) \\ 0 \end{bmatrix} = E_0 \begin{bmatrix} -\cos(\omega t - kz) \\ \cos(\omega t - kz) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$\hat{=}$ Linear Polarisiert in Richtung $\begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$

e) Phasenverschiebung der y-Komponente um π

$$\vec{E}''(t,z) = E_0 \begin{bmatrix} -\cos(\omega t - kz) \\ -\cos(\omega t - kz) \\ 0 \end{bmatrix} \hat{=} \text{ Linearer Polarisation in } \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ Richtung.}$$

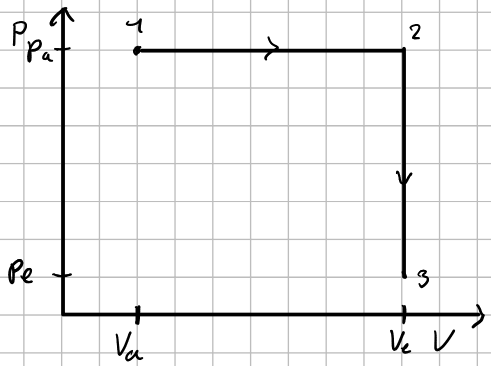
Die Welle ist um $90°$ zu $\vec{E}'$ gedreht.

f) linear polarisierte Welle wird um $\alpha = \frac{k}{2} d (n^- - n^+) = \frac{\pi}{\lambda} d (n^- - n^+)$

Aufgabe 4

Gegeben $p_a, V_a \quad U_a$

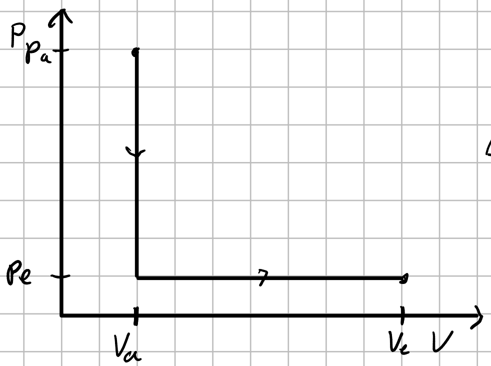
a)



$$\Delta W = -p_a(V_e - V_a)$$

$$\Delta Q = \Delta U - \Delta W = U_2 - U_1 + p_a(V_e - V_a)$$

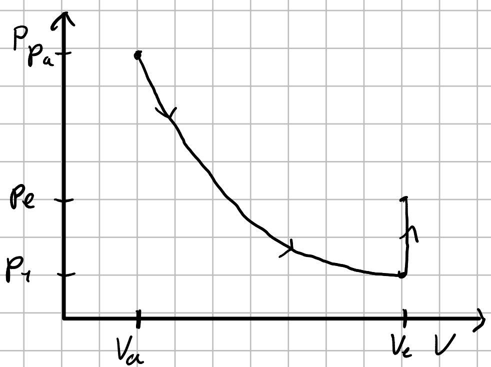
b)



$$\Delta W = -p_e(V_e - V_a)$$

$$\Delta Q = U_2 - U_1 + p_e(V_e - V_a)$$

c)



$p_1 = p_a \frac{V_a}{V_e}$ nach ideal. Gasgleichung

$$\Delta W = -\int_{V_a}^{V_e} p\,dV = -p_aV_a\int_{V_a}^{V_e}\frac{1}{V}\,dV = -p_aV_a\ln\left(\frac{V_e}{V_a}\right)$$

$$Q = U_2 - U_1 + p_aV_a\ln\left(\frac{V_e}{V_a}\right)$$

d)

Einatomiges Gas $\Rightarrow f = 3 \Rightarrow \kappa = \frac{f+2}{f} = \frac{5}{3}$

Adiabatengleichung $p_a\frac{V_a^\kappa}{V^\kappa} = p$

$$\Delta W = -\int_{V_a}^{V_e} p\,dV = -\int_{V_a}^{V_e} p_a\frac{V_a^\kappa}{V^\kappa}\,dV = -p_aV_a^\kappa\left[\frac{1}{\kappa-1}V^{1-\kappa}\right]_{V_a}^{V_e}$$

$$= -p_aV_a^\kappa\frac{1}{\kappa-1}\left(V_e^{1-\kappa} - V_a^{1-\kappa}\right)$$

$$\Delta Q = U_2 - U_1 + p_aV_a^\kappa\frac{1}{\kappa-1}\left(V_e^{1-\kappa} - V_a^{1-\kappa}\right)$$

e) $dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$

(I) isobar: $dp = 0$

$dH = dU + d(pV) = dQ_{rev} - \cancel{pdV} + \cancel{pdV} + \underbrace{Vdp}_{=0}$

$= dQ_{rev}$

außerdem $dH = c_p dT$

$\Rightarrow dS = \frac{dQ_{rev}}{T} = \frac{dH}{T} = \frac{c_p dT}{T}$

$\Rightarrow \Delta S = c_p \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = c_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

(II) isochor: $dV = 0$

$\Rightarrow dU = dQ_{rev} + dW = dQ_{rev} - pdV = dQ_{rev}$

$\Rightarrow dS = \frac{dQ_{rev}}{T} = \frac{dU}{T} = \frac{c_V dT}{T}$

$\Delta S = c_V \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = c_V \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

(III) isotherm $dU = 0$

$dU = dQ_{rev} + dW = dQ_{rev} - pdV = 0$

$\Rightarrow dS = \frac{dQ_{rev}}{T} = \frac{p}{T} dV = \frac{nR}{V} dV$ (ideal. Gasgesetz)

$\Delta S = nR \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

(IV) adiabate $\Delta Q_{rev} = 0$

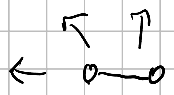
$\Rightarrow \Delta S = 0$

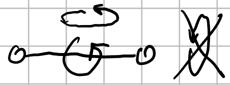
c)

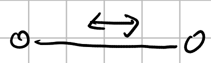
3 Translations - Freiheitsgrade

2 Rotations freiheitsgrade

1 Vibrationsfreiheitsgrade (Doppelte Gewichtung)

Translation:  Verschiebung in allen 3 Dimensionen

Rotation:  Rotation um die nicht-Symmetrieachsen

Vibration  Längenänderung der einen Bindung

Bei niedrigen Temperaturen werden erst die Translationsfreiheitsgrade angeregt, während rotations und vibrationsfreiheitsgrade eingefroren sind. Danach werden mit steigender Temperatur auch Rotations und und dann Vibrationsfreiheitsgrade angeregt.

$\overline{E}_{Trans} = \frac{1}{2} k_B T$ pro Freiheitsgrad

$\overline{E}_{Rot} = \frac{1}{2} k_B T$

$\overline{E}_{vib} = k_B T$

Aufgabe 5

a) $pV = nRT$

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

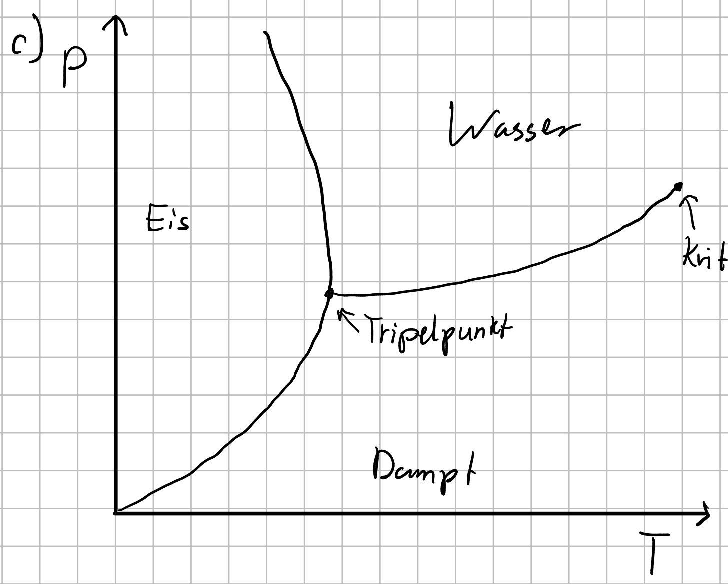
a: Kohäsionsdruckparameter

Bei tiefen Temperaturen und hohen Drücken ist di Potentielle Energie der gasmoleküle aufgrund gegenseitiger Anziehung nicht mehr vernachlässigbar gegenüber der kinetischen Energie. Es resultiert eine Gesamtkraft auf alle Moleküle die von der Grenzfläche des Gasvolumens nach Innen gerichtet ist und den Binnendruck bewirkt.

b: Kovolumen

Bei hohen Drücken wird die gasdichte so hoch, dass das Eigenvolumen der Gasmoleküle nicht mehr vernachlässigt werden kann gegenüber dem zur Verfügung stehenden Volumen.

c)



Der kritische Punkt beschreibt den Druck, ab dem flüssige und gasförmige Phase nicht mehr unterscheidbar sind und die Temperatur bei der unter diesem Druck der Phasenübergang stattfinden würde.

e) T_c steigt mit zunehmendem a

a repräsentiert den Binnendruck bzw. anziehende Wechselwirkung zwischen Gasmolekülen. Bei stärkerer Anziehung (a größer) sind höher thermische Energie (größere T) erforderlich, um Kondensation zu unterbinden.

T_c sinkt mit zunehmendem b

Das Kovolumen b repräsentiert eine abstoßende Wechselwirkung (für kleine Abstände) Es hat daher den umgekehrten Einfluss wie T_c wie a.

f) $\Delta Q = 0 \quad \Delta W < 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \quad \Delta U = \underbrace{c_v}_{>0} \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta T < 0$

g) Nutzung des Joule-Tompson-Effekts

Adiabatische, isentalpe Expansion durch eine Scheidewand wobei der Druck auf beiden Seiten unterschiedlich und konstant gehalten wird und außerdem Anfangstemperatur und Druck geeignet gewählt werden entsprechend Inversionstemperatur und Druckinversionskurve