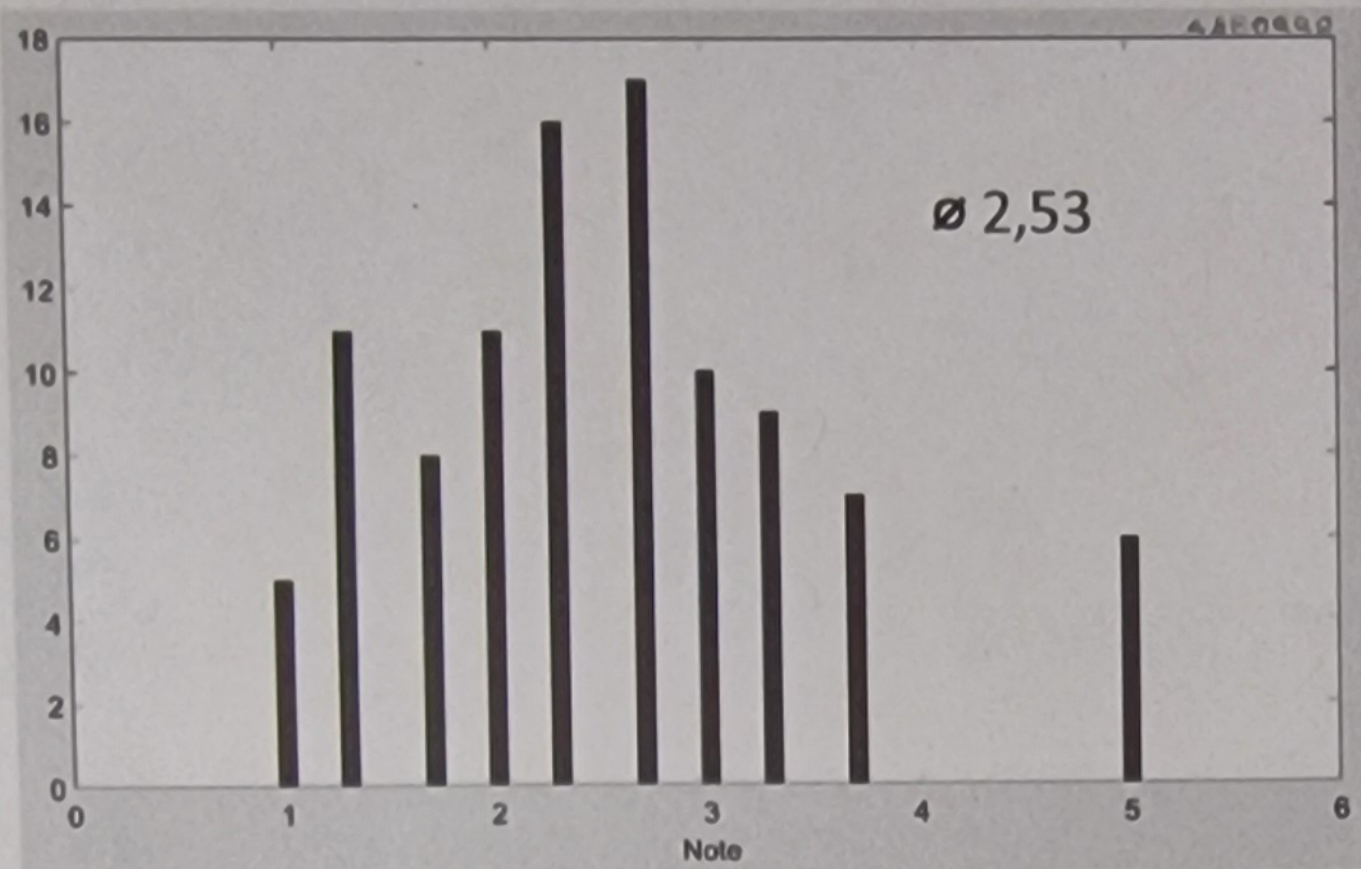
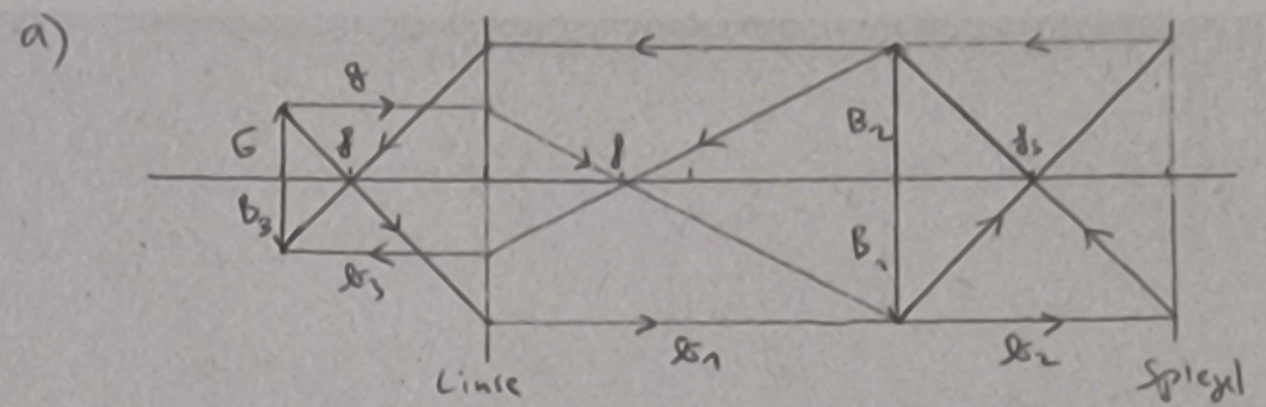


Notenverteilung



Aufgabe 1



a) 1. Abbildung: $\frac{1}{g} = \frac{1}{f} + \frac{1}{g_1}$

$\Rightarrow g_1 = \frac{g \cdot f}{g - f} = \frac{3 \cdot 2}{3 - 2} \text{ cm} = 6 \text{ cm}$

2. Abbildung: Brennweite Spiegel: $f_2 = \frac{r}{2} = 2 \text{ cm}$
Position Gegenstand: $g_2 = 10 \text{ cm} - g_1 = 4 \text{ cm}$

$\Rightarrow g_2 = \frac{g_2 \cdot f_2}{g_2 - f_2} = \frac{4 \cdot 2}{4 - 2} \text{ cm} = 4 \text{ cm}$

3. Abbildung: $g_3 = 10 \text{ cm} - g_2 = 6 \text{ cm}$

$\Rightarrow g_3 = \frac{g_3 \cdot f_3}{g_3 - f_3} = \frac{6 \cdot 2}{6 - 2} \text{ cm} = 3 \text{ cm}$

c) $\frac{B_1}{g} = -\frac{g_1}{f} \Rightarrow B_1 = -6 \frac{g_1}{f} = -1 \frac{6}{3} \text{ cm} = -2 \text{ cm}$

$\frac{B_2}{B_1} = -\frac{g_2}{f_2} \Rightarrow B_2 = -B_1 \frac{g_2}{f_2} = 2 \frac{4}{2} \text{ cm} = 2 \text{ cm}$

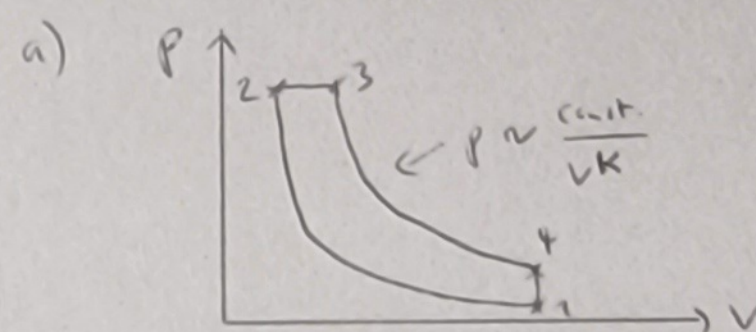
$\frac{B_3}{B_2} = -\frac{g_3}{f_3} \Rightarrow B_3 = -B_2 \frac{g_3}{f_3} = -2 \frac{3}{2} \text{ cm} = -3 \text{ cm}$

c) Das dritte Bild ist reell, da $g_3 > 0$ ist
sow da es tatsächlich durch konvergierende
Lichtstrahlen gebildet wird, die an einem
Schirm aufgefangen werden können
(s. Zeichnung in a).

e) Das Bild ist invertiert, da $B_3 < 0$ (bzw. $g > 0$)
sow da es in der Zeichnung umgekehrt
zum Gegenstand orientiert ist.



Aufgabe 2



b) 1-2 adiabatisch
 $\Delta Q_{12} = 0$
 $\Delta U_{12} = -\int_{V_1}^{V_2} p dV = -\int_{V_1}^{V_2} p_1 \frac{V_1^K}{V^K} dV = -\frac{p_1 V_1^K}{1-K} \left(V_2^{1-K} - V_1^{1-K} \right)$
Adiabatenformel: $p(V) V^K = p_1 V_1^K$

2-3 isobar

$\Delta W_{23} = -p_2 (V_3 - V_2)$

$\Delta Q_{23} = \Delta U - \Delta W = c_V (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2)$

3-4 adiabatisch

$\Delta Q_{34} = 0$

$\Delta U_{34} = -\frac{p_3 V_3^K}{1-K} (V_4^{1-K} - V_3^{1-K})$

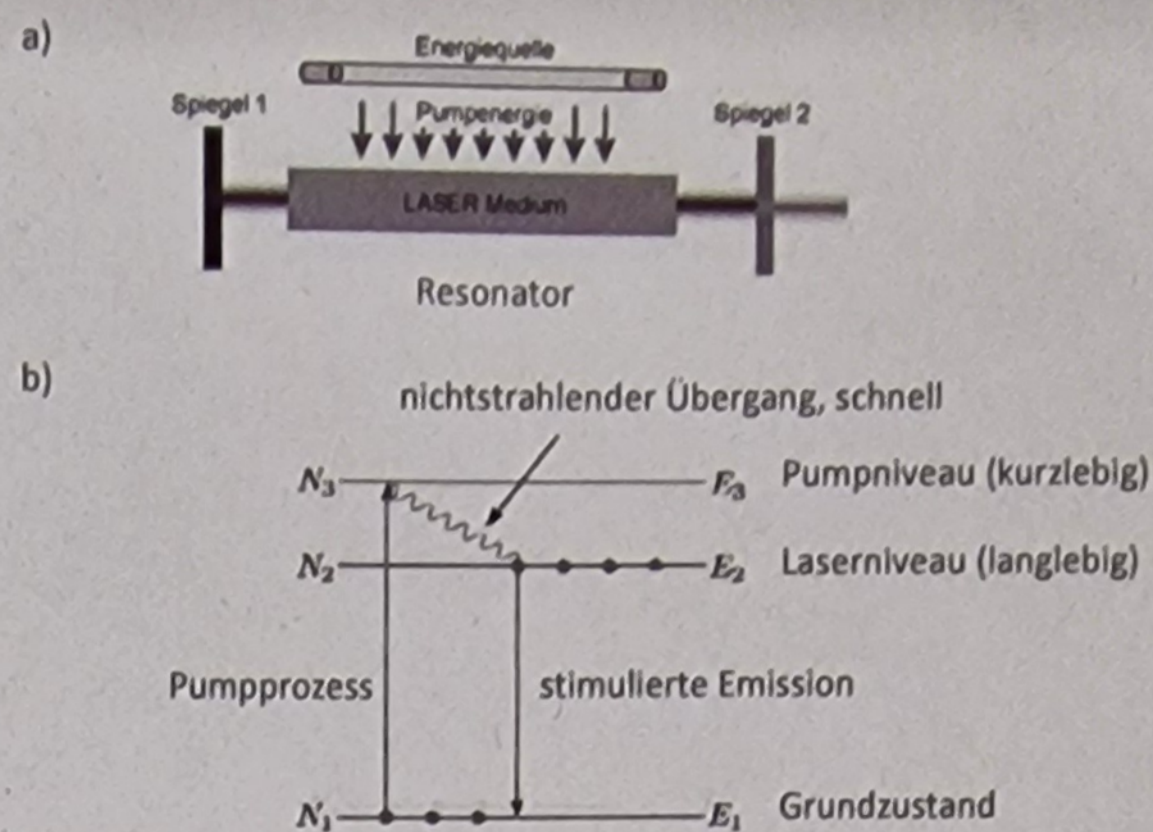
4-1 isobar

$\Delta W_{41} = -p_4 (V_4 - V_1) = 0$, da $V_4 = V_1$

$\Delta Q_{41} = \Delta U = c_V (T_1 - T_4)$

$$\begin{aligned}
 d) \Delta Q_{23} &= c_v (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2) \\
 &= c_v (T_3 - T_2) + p_2 \left(\frac{RT_3}{p_2} - \frac{RT_2}{p_2} \right) \\
 &\quad [\text{aus } pV = nRT, n=1, p_2=p_3] \\
 &= (c_v + R)(T_3 - T_2) \\
 &= c_p (T_3 - T_2) \\
 \eta &= 1 + \frac{\Delta Q_{41}}{\Delta Q_{23}} = 1 + \frac{c_v (T_1 - T_4)}{c_p (T_3 - T_2)} = 1 + \frac{(T_1 - T_4)}{\kappa (T_3 - T_2)}
 \end{aligned}$$

Aufgabe 3



c) stimulierte (induzierte) Emission

d) Durch Energiezufuhr („Pumpen“) wird die Anzahl von Atomen (bzw. Molekülen) des Lasermediums im langlebigen angeregten Zustand E_2 erhöht im Vergleich zur Anzahl im Grundzustand E_1 (Besetzungsinversion). [Bei optischem Pumpen wird hierzu ein kurzlebiges drittes Niveau benötigt, da es in einem 2-Niveau-System neben der gewünschten stimulierten Absorption ($E_1 \rightarrow E_2$) auch mit gleicher Wahrscheinlichkeit zur stimulierten Emission ($E_2 \rightarrow E_1$) kommt.]

Photonen der Wellenlänge $\lambda = hc/(E_2 - E_1)$ entstehen durch stimulierte Emission unter Übergang von E_2 nach E_1 (in geringem Maß auch durch spontane Emission). Die entstandenen Photonen werden zwischen den beiden Spiegeln des Resonators reflektiert. Bei jedem Durchgang durch das Lasermedium werden durch stimulierte Emission neue Photonen ausgelöst, die identisch sind mit den auslösenden Photonen. So wird das Licht verstärkt.

e) Die Wellenlänge $\lambda = hc/\Delta E$ ist durch die Energiedifferenz $\Delta E = E_2 - E_1$ zwischen dem Grundzustand E_1 und dem langlebigen Energieniveau E_2 festgelegt.

g) Kohärente Strahlung: Elektromagnetische Wellen, die in Bezug auf ihre räumliche und zeitliche Ausbreitung eine feste Phasenbeziehung aufweisen. Laserlicht ist kohärent, da stimulierte emittierte Photonen phasengleich sind mit den auslösenden Photonen.

Aufgabe 4

a)

- 1. Hauptsatz:
Die Änderung der inneren Energie eines geschlossenen Systems ist gleich der Summe der Änderung der Wärme und der Änderung der Arbeit.
- 2. Hauptsatz:
 - In einem abgeschlossenen, sich selbst überlassenen System kann sich die Entropie niemals verkleinern. Sie kann nur konstant bleiben oder zunehmen.
 - Es gibt kein Perpetuum mobile 2. Art.
Ein Perpetuum mobile 2. Art wäre eine Anordnung, die unaufhörlich Wärme aus einem großen Wasserbehälter konstanter Temperatur entnimmt und sie in mechanische Arbeit umwandelt. Ein solcher Vorgang steht nicht im Widerspruch zum Energieerhaltungssatz, geht aber nicht von allein vor sich.
 - Die Natur strebt aus einem unwahrscheinlicheren dem wahrscheinlicheren Zustand zu (L. BOLTZMANN). Der wahrscheinlichste Zustand ist immer der der größtmöglichen Unordnung.
 - Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine, deren Wirkungsgrad höher ist als der der Carnot-Maschine.
 - Wärme fließt von selbst immer nur vom wärmeren zum kälteren Körper, nie umgekehrt.
 - Es ist unmöglich, eine periodisch arbeitende Maschine zu bauen, die nichts weiter bewirkt, als eine Last zu heben und einen Wärmespeicher abzukühlen (MAX PLANCK).
- 3. Hauptsatz:
 - Die Entropie eines geschlossenen Systems geht für $T \rightarrow 0$ gegen eine von thermodynamischen Parametern unabhängige Konstante, woraus folgt, dass der absolute Nullpunkt der Temperatur nicht durch eine endliche Anzahl von Zustandsänderungen erreichbar ist.
 - Der thermodynamische Gleichgewichtszustand am absoluten Nullpunkt ist ein Zustand maximaler Ordnung, der nur eine Realisierungsmöglichkeit $W = 1$ hat.

$$b) \Delta S = k_B N \ln \frac{V_2}{V_1} = k_B N_A n \ln \frac{V_2}{V_1}$$

N : Aus. der v.d. Volumenänderg. betroffenen Teilchen
 V_1, V_2 : Volumen nachher / vorher

• Gefäß 1: $V_1, n=1 \text{ mol}$; Gefäß 2: $4V, 2n=2 \text{ mol}$
 insgesamt: $5V, 3n=3 \text{ mol}$

• Lösung:
 n Teilchen die ursprgl. in 1 waren:
 haben vor Öffnen V ein, nach Öffnen $\frac{5}{3}V$

$$\Rightarrow \Delta S_1 = N_A k_B \ln \frac{5/3}{1}$$

$\times 2n$ Teilchen ursprgl. in 2:

vor Öffnen $4V$, nach Öffnen $\frac{10}{3}V$

$$\Rightarrow \Delta S_2 = 2 N_A k_B \ln \frac{10/3}{4}$$

$$\Rightarrow \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = N_A k_B (3 \ln 5 - 3 \ln 3 - 2 \ln 2)$$



Aufgabe 5

a) E_{r1} : Phasensprung π wegen $n_6 > n_0$
 E_{r2} : zusätzliche optische Weglänge $2dn_6$
 $\Rightarrow$ Phasenunterschied $\Delta\varphi = \left| \frac{2\pi}{\lambda} 2dn_6 - \pi \right|$

b) konstruktive Interferenz für $\Delta\varphi = 2m\pi, m \in \mathbb{Z}$
 $\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} 2dn_6 - \pi \stackrel{!}{=} 2m\pi$
 $\Rightarrow d = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{2n_6}$

c) $E_{r1} = r_1 E_i = \frac{1-n_6}{1+n_6} E_i = -\frac{n_6-1}{n_6+1} E_i \left(= \frac{n_6-1}{n_6+1} E_i e^{i\pi} \right)$
 $E_{r2} = r_2 E_i e^{i4\pi dn_6/\lambda} = \frac{n_6-1}{n_6+1} E_i e^{i4\pi dn_6/\lambda}$
 $E_r = E_{r1} + E_{r2} = \frac{n_6-1}{n_6+1} E_i (-1 + e^{i4\pi dn_6/\lambda})$
 $= \frac{n_6-1}{n_6+1} E_i e^{i2\pi dn_6/\lambda} (e^{i2\pi dn_6/\lambda} - e^{-i2\pi dn_6/\lambda})$
 $= \frac{n_6-1}{n_6+1} E_i e^{i2\pi dn_6/\lambda} 2i \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} dn_6\right)$



d) • Weg zu Schirm 1: (betrachte Reflexionen)

Strahlung A: Phasensprung π am 1. Strahlteiler ($n_2 > n_0=1$)
 kein Phasensprung am 2. Strahlteiler ($n_0=1 < n_2$)
 (Phasensprung π am Spiegel ($n_5 > n_0=1$))

Strahlung B: (Phasensprung π am Spiegel)

$$\Rightarrow \Delta\varphi = \pi \quad \left(\hat{=} \Delta S = \frac{\lambda}{2} \right)$$

$\Rightarrow$ destruktive Interferenz, Int. am Schirm 1 = 0

• Weg zu Schirm 2: (betrachte Reflexionen)

Strahlung A: Phasensprung π am 1. Strahlteiler
 (Phasensprung π am Spiegel)

Strahlung B: (Phasensprung π am Spiegel)

Phasensprung π am 2. Strahlteiler ($n_2 > n_0=1$)

$$\Rightarrow \Delta\varphi = 0$$

$\Rightarrow$ konstruktive Interferenz, Int. = max.

e) • opt. Weg durch eine Kammer: $L n$

• opt. Wegunterschied vor und nach Ausgängen:

$$\Delta S = L n_{\text{cor}} - L n_{\text{Vakuum}}$$

$$= L (n_{\text{cor}} - 1) \stackrel{!}{=} 100 \lambda$$

(100 Wechsel zwischen konstr. und destr. Interferenz)

$$\Rightarrow \lambda = \frac{L (n_{\text{cor}} - 1)}{100} = \frac{0,7 \text{ m} (1,0005 - 1)}{100}$$

$$= 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \underline{\underline{500 \text{ nm}}}$$