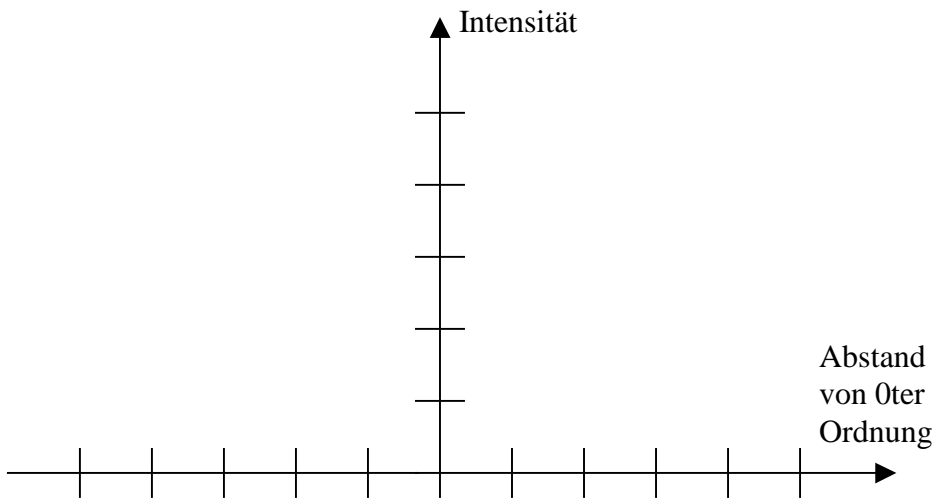
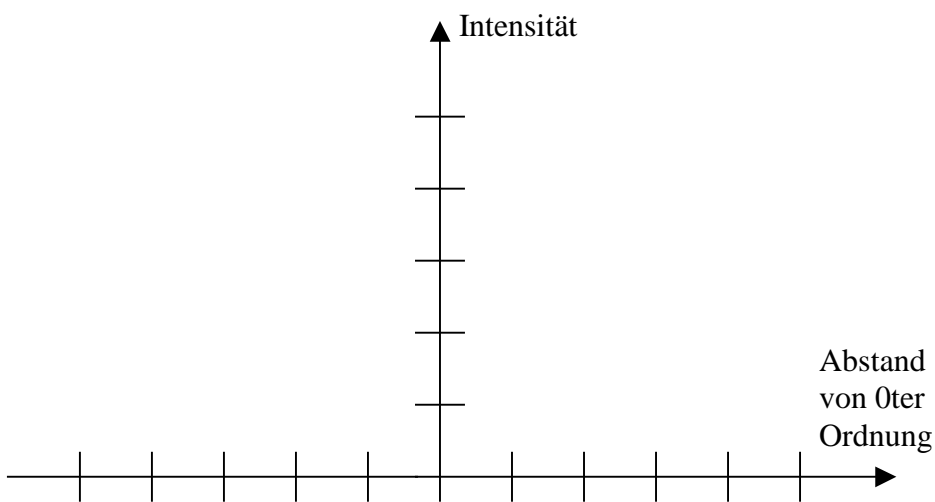


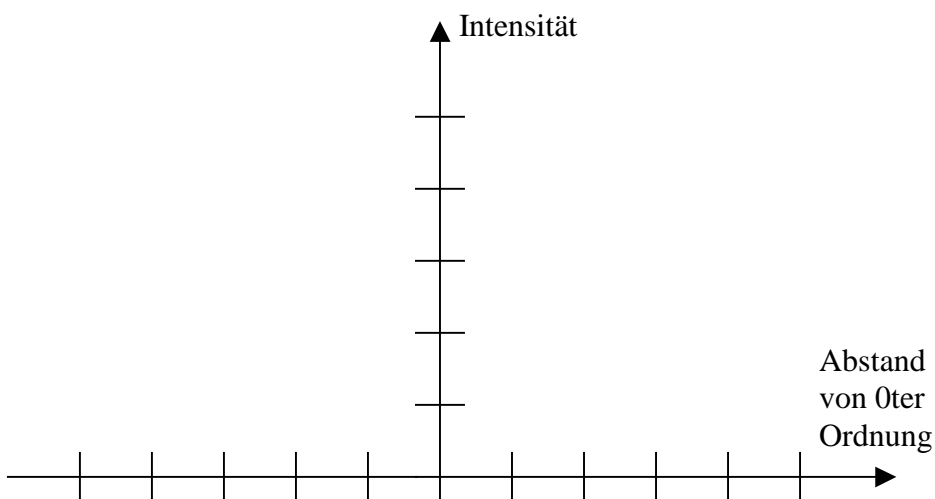
Doppelspalt mit vernachlässigbarer Spaltbreite:



Doppelspalt mit vernachlässigbarer Spaltbreite und kleinerem Abstand der Spalte:



Doppelspalt mit nicht mehr vernachlässigbarer Spaltbreite:



### Aufgabe 1: (6 Punkte)

Eine Lichtquelle sendet Wellenzüge mit einer Kohärenzlänge von  $1,7 \mu\text{m}$  auf einen Doppelspalt. Der Abstand der beiden Spalte betrage  $0,5 \text{ mm}$ . Das Licht ( $\lambda = 500 \text{ nm}$ ) falle senkrecht auf den Doppelspalt.

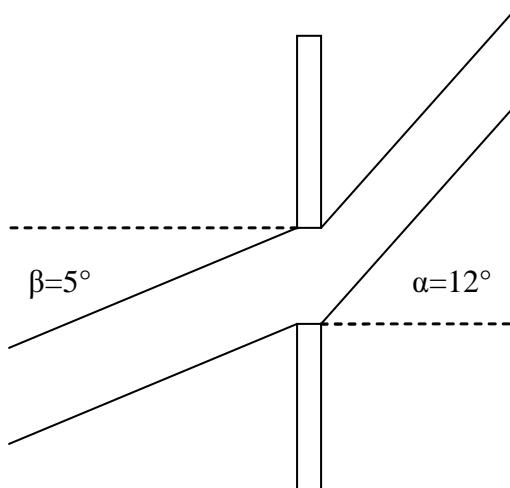
- a) Wie viele Maxima können auf einem  $10 \text{ m}$  entfernten Schirm beobachtet werden und wo liegen diese bezüglich des Maximums 0ter Ordnung?  
(2,5 Punkte)

Ein Transmissionsgitter mit  $300$  Schlitzen /  $\text{mm}$  werde mit Licht der Wellenlänge  $500 \text{ nm}$  senkrecht beleuchtet.

- b) Wie viele Maxima können auf einem  $5 \text{ m}$  entfernten Schirm (unendlich ausgedehnt) beobachtet werden?  
(1,5 Punkte)

Licht der Wellenlänge  $630 \text{ nm}$  falle unter einem Winkel von  $5^\circ$  gegen die Normale auf einen Spalt. Das Minimum erster Ordnung kann unter einem Winkel von  $12^\circ$  gegen die Normale beobachtet werden. (siehe Skizze)

- c) Wie groß ist die Spaltbreite?  
(2 Punkte)



## Aufgabe 2: (6 Punkte)

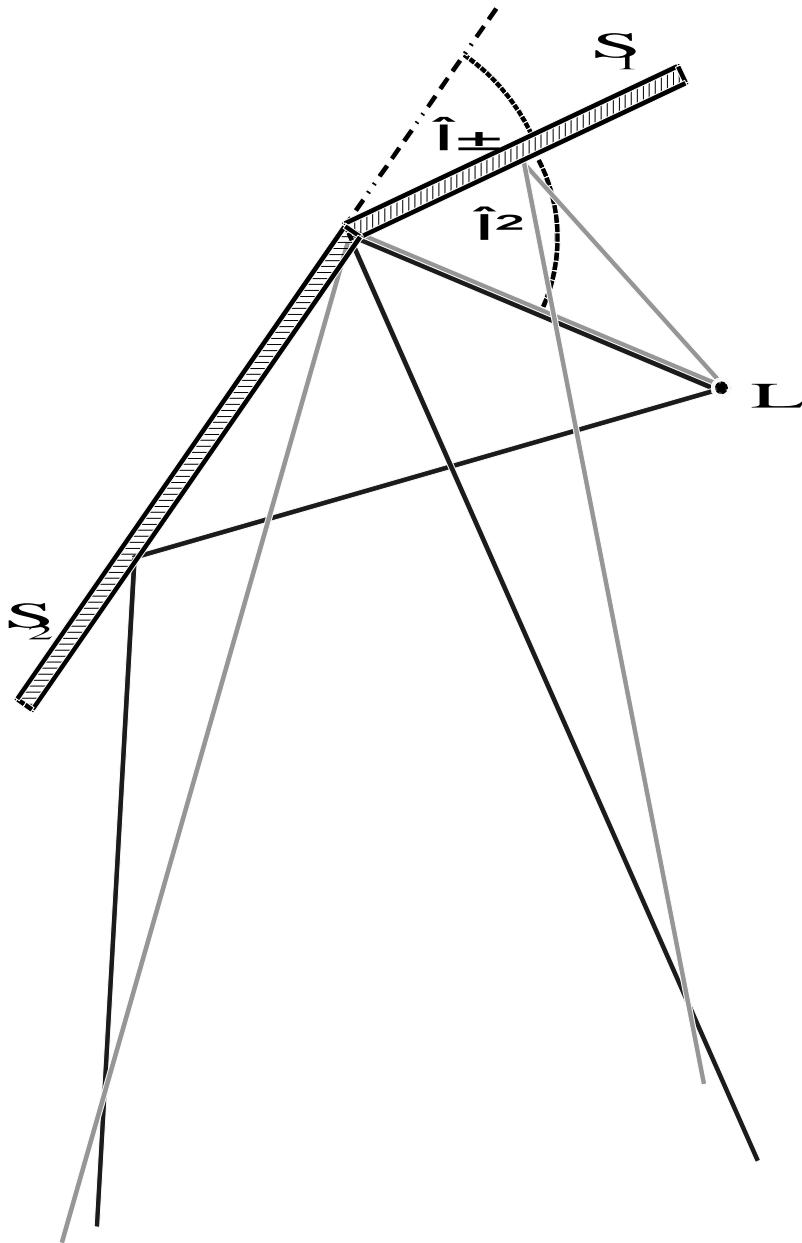
Sie beabsichtigen den Durchmesser eines Ihrer Haare mit Hilfe eines Interferenzexperiments zu bestimmen. Dazu legen Sie das Haar zwischen zwei optisch plane Glasplättchen, so dass ein Luftkeil zwischen den beiden Glasplatten entsteht. Sie beleuchten die Anordnung mit dem kohärenten Licht eines HeNe-Lasers (Wellenlänge 632,8 nm) und zählen 40 Interferenzstreifen zwischen dem Berührungspunkt der Glasplättchen und dem Haar.

- a) Skizzieren Sie die Anordnung und berechnen Sie den Durchmesser  $D$  Ihres Haares. (2 Punkte)

Auf dem beiliegenden Blatt ist ein so genannter Fresnelscher Doppelspiegel skizziert. Dieser wird von der Lichtquelle  $L$  (Wellenlänge 589 nm) beleuchtet. Durch Spiegelung an den beiden Spiegeln  $S_1$  und  $S_2$  entstehen die beiden virtuellen Lichtquellen  $L_1'$  und  $L_2'$ , die miteinander interferieren.

- b) Konstruieren Sie die Position der beiden virtuellen Lichtquellen  $L_1'$  und  $L_2'$  und berechnen Sie deren Abstand  $D$ . (2.5 Punkte)
- c) Berechnen Sie den Winkel  $\varepsilon$  zwischen dem 0. und 1. Maximum des Interferenzmusters. (Falls Sie bei Teilaufgabe c) kein Ergebnis für  $D$  herausbekommen haben, rechnen Sie mit  $D = 1$  mm weiter.) (1,5 Punkte)

Beiblatt zu Aufgabe 2 – Fresnelscher  
Doppelspiegel



### Aufgabe 3 (6 Punkte)

Ein Kernkraftwerk habe einen Primärkreislauf mit flüssigem Natrium und einen Sekundärkreislauf mit Wasserdampf ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Der Sekundärkreislauf treibe eine Dampfturbine zur Stromerzeugung an, die sich mit 50 Hz drehe. Der zugehörige Kreisprozess wird stark vereinfacht folgendermaßen modelliert:

- 1) Isotherme Kompression von  $V_1$  nach  $V_2$ .
- 2) Isobare Expansion von  $V_2$  nach  $V_3$ .
- 3) Adiabatische Expansion von  $V_3$  zurück nach  $V_1$ .

Angaben:  $n = 25 \text{ mol}$  ,  $V_1 = 12 \text{ m}^3$  ,  $V_2 = 0,22 \text{ m}^3$

a) Skizzieren Sie den Prozess in einem pV-Diagramm und markieren Sie sowohl seine Laufrichtung, als auch, bei welchem Prozessschritt Wärme mit der Umgebung ausgetauscht wird und ob sie aufgenommen oder abgegeben wird. (1 Punkt)

b) Wenn der Wasserdampf an der kältesten Stelle des Prozesses  $\theta = 100^\circ\text{C}$  hat, wie heiß müsste er an seiner heißesten Stelle sein, damit das Kernkraftwerk auf einen Wirkungsgrad von 50% kommt? Wie groß wäre der theoretisch maximal mögliche Wirkungsgrad bei diesen Temperaturen? (3 Punkte)

c) Ein Unfall befördert flüssiges Natrium ( $m_{\text{Na}} = 75 \text{ kg}$  ,  $\theta_{\text{Na}} = 600^\circ\text{C}$ ) in die Nähe des Sekundärkreislaufs. Sobald das flüssige Natrium siedet, explodiert die Dampfturbine. Nehmen Sie vereinfacht an, dass der Kreisprozess pro Durchlauf alle Wärme ( $Q$ ), die er abgibt, vollständig an das Natrium überträgt. Wie lange dauert es, bis die Turbine explodiert? (2 Punkte)

### Aufgabe 4: (6 Punkte)

a) Wie viel 10°C kalte Milch müssen Sie in ihren 80°C heißen Kaffee geben, um eine angenehme Trinktemperatur von 50°C zu erhalten? Die Masse des Kaffees betrage 400 g, die spezifischen Wärmekapazitäten von Milch und Kaffee seien identisch. (1 Punkt)

b) Wenn Sie weniger Milch in ihren Kaffee geben möchten ohne sich beim Trinken zu verbrühen, haben sie zwei Möglichkeiten:

A: Sie geben zunächst etwas Milch hinein und warten dann noch, bis das Gemisch abgekühlt ist.

B: Sie warten zunächst und geben dann die Milch hinein.

Mit welcher Variante erreichen Sie schneller die gewünschte Temperatur? (mit Begründung, ohne Rechnung) (1 Punkt)

c) Um die spezifische Wärmekapazität von Diamant zu bestimmen, erhitzen Sie den *Great Star of Africa* aus den britischen Kronjuwelen (530 Karat, 1 Karat = 0,2 g) auf 80°C und geben ihn anschließend in ein mit 200 g Wasser gefülltes Kalorimeter. Die Temperatur des Wassers sei zu Beginn 20°C, die Wärmekapazität des Kalorimeters betrage 175 J/K. Es stellt sich eine Temperatur von 23°C ein. Bestimmen Sie  $c_{\text{Diamant}}$ . (2 Punkte)

d) Zur Bestimmung der spezifischen Verdampfungswärme von Wasser wird Wasserdampf der Temperatur 100°C in einem mit 500 g Wasser gefüllten Kalorimeter kondensiert. Man beobachtet einen Anstieg der Wassertemperatur von 60°C auf 78°C sowie eine Massenzunahme von 20 g. Das Kalorimeter habe die Wärmekapazität 520 J/K. Berechnen Sie daraus die spezifische Verdampfungswärme von Wasser. (2 Punkte)

## Aufgabe 5 (6 Punkte)

Das Raumschiff Enterprise ist auf seiner Reise durch die unendlichen Tiefen des Weltalls mal wieder auf eine neue Spezies gestoßen.

a) Die netten Aliens bewohnen einen Planeten, der um einen Stern kreist, der in den Sternkarten der Föderation mit einem Radius von  $R_S=10^9$  m verzeichnet ist. Auf ihrer Umlaufbahn um den Planeten misst der Infrarot-Detektor unterhalb des Traktorstrahl-Generators eine maximale Strahlungsleistung des Sterns bei  $\lambda_{\max} = 1 \mu\text{m}$ . Die einfallende Strahlungsleistung pro  $\text{m}^2$  wird zu  $S=100 \text{ W/m}^2$  ermittelt.

Welchen Abstand hat die Enterprise von dem Stern, der in guter Näherung als schwarzer Strahler betrachtet werden kann? (2,5 Punkte)

b) Ein Außenteam stellte eine reine Stickstoff-Atmosphäre auf dem Planeten fest mit einem Druck von  $10^4 \text{ N/m}^2$  und einer Dichte von  $0,1 \text{ kg/m}^3$ . Der vorlaute Data rechnet mit seiner positronischen Matrix sofort die wahrscheinlichste Geschwindigkeit der  $\text{N}_2$ -Moleküle aus.

Welchen Wert meldet er seinem Captain Jean-Luc Picard? (1,5 Punkte)

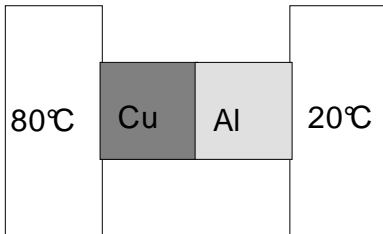
c) In der physikalischen Abteilung der Enterprise wird mit  $V = 10^{-3} \text{ m}^3$  der Planeten-Atmosphäre eine isochore Zustandsänderung durchgeführt, wobei sich die Temperatur im Behälter von  $T_1 = 200 \text{ K}$  auf  $T_2 = 250 \text{ K}$  erhöht.

Wie ändert sich die Entropie des Systems, wenn die spezifische Wärmekapazität  $c_V = 741 \text{ J/(kg K)}$  beträgt? (1 Punkt)

d) Die Enterprise wird von einem Borg-Kubus, der aus einem temporären Wurmloch kam, abgeschossen. Die Temperatur des gesamten Systems soll sich beim Aufprall auf dem Planeten nicht merklich ändern und konstant  $T = 200 \text{ K}$  betragen. Da die Atmosphäre sehr „dünn“ ist, kann man Reibungseffekte beim Absturz vernachlässigen. Wie groß ist die Entropieänderung des Universums, wenn die Enterprise mit einer Masse von  $m=5 \cdot 10^8 \text{ kg}$  von ihrem Standard-Orbit in  $10^6 \text{ m}$  Höhe mit einer konstanten Gravitationsbeschleunigung von  $a = 2 \text{ m/s}^2$  auf den Planeten stürzt? (1 Punkt)

## Aufgabe 6 (6 Punkte)

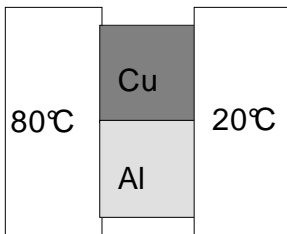
Zwei Metallwürfel aus Kupfer bzw. Aluminium mit der Kantenlänge 50 mm werden hintereinander angeordnet (siehe Skizze)



Berechnen Sie:

- Den Wärmewiderstand jedes einzelnen Würfels und den resultierenden Gesamtwärmewiderstand des Systems aus beiden Würfeln.  
(1,5 Punkte)
- Den Gesamtwärmestrom  $I$  durch beide Würfel.  
(0,5 Punkte)
- Die Temperatur  $T$  an der Grenzfläche zwischen beiden Würfeln.  
(1 Punkt)

Jetzt werden die beiden Würfel parallel angeordnet (siehe Skizze)



Berechnen Sie:

- Den Wärmestrom durch jeden der beiden Würfel.  
(1 Punkt)
- Den Gesamtwärmestrom  $I$  durch beide Würfel.  
(1 Punkt)
- Den Gesamtwärmewiderstand  $R$  des Systems beider Würfel.  
(1 Punkt)