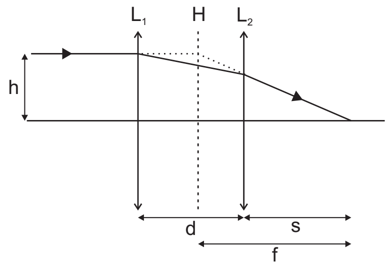
Prof. Dr. M. Wegener / Priv.-Doz. Dr. A. Naber
Übungen zur Experimentalphysik III, WS 2012/13

ÜBUNGSAUFGABEN (XII)
(Besprechung am Donnerstag, 24.01.2013)

Aufgabe 1: (5 Punkte)

Zwei (dünne) Sammellinsen L_1 und L_2 im Abstand d und mit Brennweiten f_1 und f_2 können durch eine einzige „Linse“ H (Hauptebene) der *Äquivalentbrennweite* f repräsentiert werden (siehe Skizze). Verwenden Sie die Matrixoptik zur Bestimmung der von d abhängigen Brennweite f. Lassen Sie dazu einen anfangs achsenparallelen Strahl von links durch das optische System laufen und berechnen Sie den Schnittpunkt mit der optischen Achse. Wie groß ist der Abstand der Linse L_2 zu H?



Bemerkung: Die allgemeine Konstruktion der Abbildung, insbesondere die Betrachtung einfallender nicht-achsenparalleler Strahlen, benötigt zwei Hauptebenen mit zusätzlichen Regeln (siehe z.B. E. Hecht, *Optik*).

Aufgabe 2: (6 Punkte)

Berechnen Sie die maximal mögliche Arbeit, die einem glühenden Eisenblock ($m = 1000\,\mathrm{kg}$, $T_1 = 1500\,°\mathrm{C}$) entnommen werden kann, wenn als Wärmereservoir ein See der Temperatur $T_0 = 15\,°\mathrm{C}$ zur Verfügung steht. Die spezifische Wärmekapazität von Eisen ($c = 0.45\,\mathrm{J/gK}$) sowie das Volumen des Blocks sollen zur Vereinfachung als unabhängig von der Temperatur angenommen werden. Bestimmen Sie den Gesamtwirkungsgrad η_{ges} und berechnen Sie die Entropieänderungen von Eisenblock und See. Wieviel Arbeit muss mindestens aufgewendet werden, um den Eisenblock bei gleichen Bedingungen wieder auf seine ursprüngliche Temperatur zu erhitzen?

Hinweis: Da sich die Temperatur T des Eisenblocks während des Prozesses ändert, muss zur Berechnung von Wirkungsgrad und Entropie über T integriert werden.

Aufgabe 3: (5 Punkte)

Die innere Energie $U(T, V)$ eines realen Gases ist im Gegensatz zu der eines idealen Gases auch abhängig vom Volumen V.

a) Benutzen Sie $U(T, V)$ sowie die van-der-Waals Zustandsgleichung, um die Entropie $S(T, V)$ eines realen Gases aus $\mathrm{d}U = T\,\mathrm{d}S - P\,\mathrm{d}V$ abzuleiten.

b) Das reale Gas werde expandiert, indem unter thermischer Isolation sein ursprüngliches Volumen V_1 durch Öffnen eines Ventils zu einem leeren Gefäß zu $V_2 = V_1 + \Delta V$ vergrößert wird (vgl. Vorlesung: irreversible adiabatische Expansion idealer Gase). Zeigen Sie, dass diese Expansion bei realen Gasen immer zu einer Temperatursenkung führt ($\Delta T < 0$). Berechnen Sie ΔT für ein Mol N_2 ($a = 0.14\,\mathrm{Pa\,m^6/mol^2}$) und $\Delta V/V_1 = 1$ für die Ausgangsbedingungen $T_1 = 293\,\mathrm{K}$ und $V_1 = 24\,\mathrm{dm^3}$.