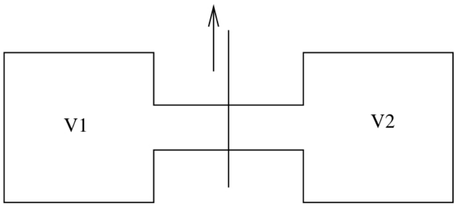
Thermodynamik
Serie 4

HS 08
Prof. G. Blatter

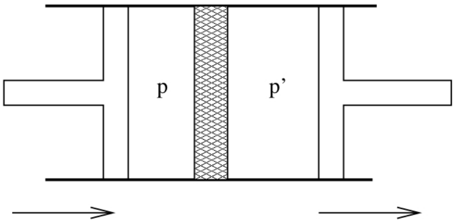
Aufgabe 4.1 Reversible und irreversible Expansion

Wir betrachten die folgenden drei Versuche mit einem idealen Gas als Arbeitsmedium:

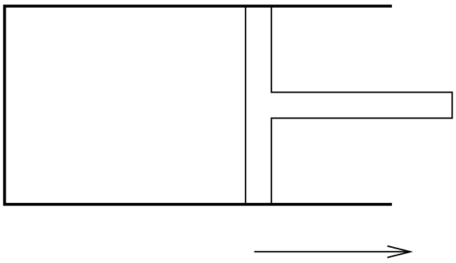
A) Gay-Lussac (irreversibel)



B) Joule-Thomson (irreversibel)



C) Zylinder-Kolben System (reversibel)



Die Expansion kann in diesem Fall auf zwei verschiedene Arten geschehen:

C.1) als isothermer Prozess (zu jedem Zeitpunkt ist das System im thermischen Gleichgewicht mit der Umgebung),

C.2) als adiabatischer Prozess (das System ist thermisch isoliert).

T_1, V_1 und T_2, V_2 sind die Temperaturen bzw. die Volumina des Gases vor und nach der Expansion.

a) Wir betrachten zuerst die Prozesse A und C.2. In beiden Fällen geht es um eine adiabatische Expansion. Wie verhalten sich T_2 und T_1 während der Prozesse? Erkläre das aus einem mikroskopischen Standpunkt.

b) Beschreibe die Energiebilanz für die beiden reversiblen Prozesse C.1 und C.2.

c) Zeige, dass in B die Temperatur vor und nach dem Prozess dieselbe ist.

Aufgabe 4.2 Wärmeaustausch und Entropie

Ein Körper (1) mit spezifischer Wärme (bei $V =$ Konst.) $c_V^{(1)}$ besteht aus n_1 Molen und hat die Temperatur T_1. Er ist im thermischen Kontakt mit einem zweiten Körper (2) (bestehend aus n_2 Molen und mit einer spezifischen Wärme $c_V^{(2)}$ bei $T_2 < T_1$ (Abbildung 1). Wir betrachten nur den Wärmeaustausch zwischen 1 und 2 und vernachlässigen andere Prozesse (wie zum Beispiel thermische Expansion).

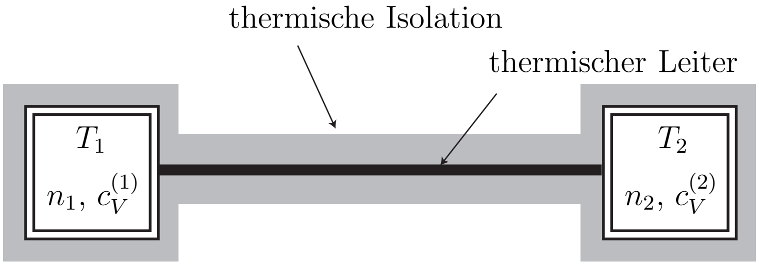


Abbildung 1: Wärmefluss von Körper 1 nach Körper 2.

a) Ist der Prozess reversibel oder irreversibel? Begründe deine Antwort.

b) Berechne die Temperatur T als Funktion von T_1, T_2, n_1, n_2, $c_V^{(1)}$ und $c_V^{(2)}$ nach der Einstellung des thermischen Gleichgewichts. Überprüfe, dass $T_2 < T < T_1$.

c) Zeige dass die Änderung der Entropie durch

$$\Delta S = n_1 c_V^{(1)} \ln \frac{T}{T_1} + n_2 c_V^{(2)} \ln \frac{T}{T_2}. \tag{1}$$

gegeben ist und überprüfe dass $\Delta S > 0$.

Aufgabe 4.3 Wärmekapazitäten

Benutze die Tatsache, dass die Entropie (S) eine Zustandsfunktion ist und finde eine allgemeine Beziehung zwischen den Wärmekapazitäten c_p und c_V, welche durch

$$c_p \equiv \left(\frac{\delta Q}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial (U + pV)}{\partial T}\right)_p \tag{2}$$

und

$$c_V \equiv \left(\frac{\delta Q}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V , \tag{3}$$

definiert sind. Wende das Resultat auf das ideale Gas an.