

Version 2017-04-28 – Abgabe am Montag 8. Mai in der Vorlesung

Aufgabe 10.1. Konzeptaufgabe: p-V Diagramm

[+]

Ein Kolben ist mit einem idealen Gas gefüllt. Das Gas wird vom thermodynamischen Zustand 1 zum Zustand 2 gebracht, wie im p-V Diagramm gezeigt. Für welchen Weg ist die vom Gas verrichtete Arbeit am grössten?

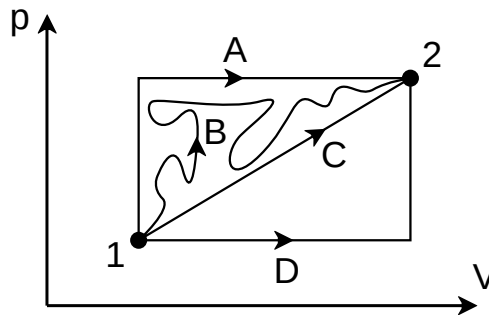


Abbildung 10.1: Vier Wege vom Zustand 1 zum Zustand 2 im p-V Diagramm.

- (a) Weg A
- (b) Weg B
- (c) Weg C
- (d) Weg D
- (e) Die verrichtete Arbeit ist von dem Weg im p-V Diagramm unabhängig

Aufgabe 10.2. Arbeit der Lunge

[++]

In Abbildung 10.2(a) ist ein p-V Diagramm dargestellt. Zwei Funktionen $p_{\text{exp}}(V)$ und $p_{\text{insp}}(V)$ beschreiben darin einen geschlossenen Weg. Sie wurden so gewählt, dass die Beschriebene Kurve den Verlauf des Drucks in der menschlichen Lunge ungefähr reproduziert (vgl. Abbildung 10.2(b)).

Beim Einatmen erhöht sich das Volumen der Lunge von $V = 0$ auf $V = V_{\text{max}}$, und die Abhängigkeit des Drucks von dem Volumen ist gegeben durch

$$p_{\text{insp}}(V) = p_{\text{max}} \left(\frac{3}{2} \sqrt{\frac{V}{V_{\text{max}}}} - \frac{1}{2} \left(\frac{V}{V_{\text{max}}} \right)^4 \right). \quad (1)$$

Beim Ausatmen sinkt das Volumen wieder auf $V = 0$ und der Druck folgt

$$p_{\text{exp}}(V) = p_{\text{max}} \left(\frac{V}{V_{\text{max}}} \right)^5 \quad (2)$$

wobei $p_{\text{max}} = 1400 \text{ Pa}$ und $V_{\text{max}} = 1.5 \text{ l}$.

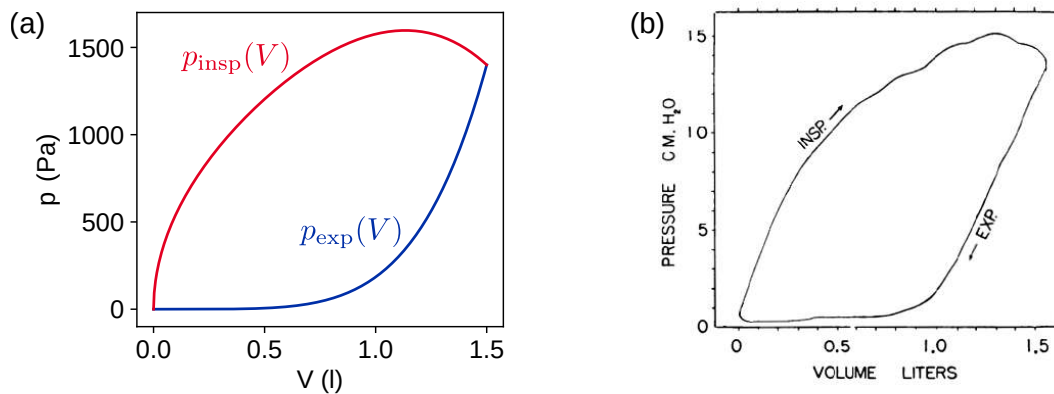


Abbildung 10.2: (a) Ein geschlossener Weg im p-V Diagramm. P und V sind relative Werte relativ bezogen auf den Luftdruck bzw. das Volumen der leeren Lunge. (b) Druck und Volumen in der menschlichen Lunge. Hierzu wurde ein Pneumotachogram bei gleichzeitiger Messung des Drucks im Mund aufgenommen. $1 \text{ cmH}_2\text{O} \approx 98 \text{ Pa}$. Anpassung eines Bildes aus *Mechanics of Breathing in Man*, A. Otis et al, J. Appl. Phys. Vol. 2 no. 11, 592-607 (1950).

- Berechnen Sie die Arbeit, die an der Luft in der Lunge im Laufe eines Atemzyklus verrichtet wird.
- Dürfen wir hier eigentlich mit dem Druckunterschied zum Luftdruck rechnen? Tatsächlich ändert sich der Druck in der Lunge von etwa 100 000 Pa auf 101 400 Pa...

Aufgabe 10.3. Mikro- und Makrozustände

[+]

Wir betrachten 11 Personen (jede wiegt 80 kg) und eine Warenwaage. Betrachten wir eine einzelne Person, so interessiert uns nur ein Parameter: steht die Person auf oder neben der Waage?

- Sie lesen die Anzeige der Waage: 240 kg. Beschreibt diese Information einen Mikro- oder einen Makrozustand?
- Sie kennen die Namen aller Personen, die auf der Warenwaage stehen. Beschreibt diese Information einen Mikro- oder einen Makrozustand?
- Welcher Makrozustand hat die höchste Multiplizität?
- Wie viele Mikrozustände gibt es?
- Falls sie es beim Verfassen Ihrer Lösung nicht gemacht haben, Übersetzen Sie noch die Fragen aus Teilaufgaben (c) und (d) in Alltagssprache.
- Wie viele Möglichkeiten gibt es, die Waage mit 240 kg zu beladen?