

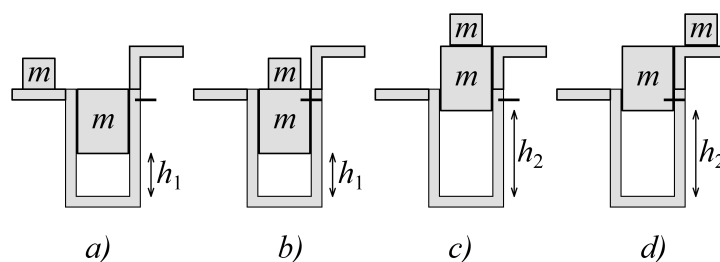
Bevezető fizika villamosmérnököknek
10. gyakorlat

1. Egy $V = 20 \text{ dm}^3$ térfogatú tartályban $n = 10 \text{ mol}$ nitrogéngáz van $T = 20^\circ\text{C}$ hőmérsékleten.

Mekkora a gáz nyomása és sűrűsége?

Segítség: A nitrogén moláris tömege $M = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$, az egyetemes gázállandó $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$.

2. Az ábrán egy egyszerű hőerőgép látható a működése néhány fázisában. A hengerben levegő van ($f = 5$), a henger belső keresztmetszete $A = 1 \text{ dm}^2$. A dugattyú és a teher tömege egyaránt $m = 100 \text{ kg}$, a külső légnyomás $p_0 = 100 \text{ kPa}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$.



a) Kezdetben a teher az alsó polcon van, nincs rajta a dugattyún. A dugattyú nincs rögzítve, $h_1 = 1 \text{ dm}$ magasan egyensúlyban van. A bezárt gáz hőmérséklete $T_1 = 300 \text{ K}$.

Mekkora a bezárt gáz p_1 nyomása? Hány mól gáz van a hengerben?

b) Ezután a dugattyút rögzítjük, a terhet rátoljuk, majd a gázt melegíteni kezdjük.

Mekkora T_2 hőmérsékleten lesz a dugattyú ismét egyensúlyban, hogy a rögzítést megszüntethessük? Mekkora ekkor a gáz p_2 nyomása?

c) Ezután a gázt tovább melegítjük, aminek hatására a dugattyú $h_2 = 2 \text{ dm}$ magasra emelkedik.

Mekkora ekkor a gáz T_3 hőmérséklete és p_3 nyomása?

d) A dugattyút ebben a helyzetben rögzítjük, és a terhet áttoljuk a felső polcra. Ezután a gázt hűteni kezdjük, egész addig, amíg a nyomás annyira lecsökken, hogy a rögzítést újra kivehetjük.

Mekkora ekkor a gáz T_4 hőmérséklete és p_4 nyomása?

e) A rögzítés eltávolítása után a gázt tovább hűtjük, egészen addig, amíg a dugattyú visszakerül az a) ábrán látható eredeti állapotba.

Foglalja táblázatba a gáz nyomását, térfogatát, hőmérsékletét és belső energiáját az egyes állapotokban és ábrázolja a körfolyamatot p - V , p - T és V - T állapotcsíkokon!

Határozza meg és foglalja táblázatba az egyes részfolyamatok során a belső energia megváltozását, a gáz által végzett munkát és a gázzal közölt (illetve a gáztól elvont) hőt!

Határozza meg a hőerőgép hatásfokát! Mire fordítódik a hasznos munka? Mi lesz a veszteséggel?

3. A Carnot-ciklus egy olyan körfolyamat, amely két adiabatikus (hőközlés nélküli) és két izotermikus (állandó hőmérsékletű) folyamatból áll. Adott alsó és felső hőmérséklet esetén ennek a körfolyamatnak van a legnagyobb hatásfoka, ezért a hőtanban kitüntetett szerepe van.

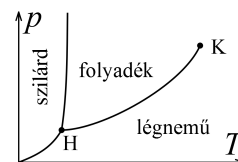
A ciklus az alacsonyabb, T_1 hőmérsékletről indul egy adiabatikus összenyomással. Ennek hatására a gáz T_2 hőmérsékletre melegszik. Ezután folyamatos hőfelvétel közben állandó hőmérsékleten tágul. A harmadik szakasz egy adiabatikus tágulás, aminek hatására a gáz lehűl az eredeti T_1 hőmérsékletre. Innen egy izotermikus összenyomással jut vissza a kezdeti állapotba, miközben hőt ad le.

Foglalja táblázatba az egyes állapotokban a gáz hőmérsékletét, belső energiáját és entrópiáját! Vázolja a folyamatot p - V és T - S állapot síkon!

Foglalja táblázatba az egyes részfolyamatok során a belső energia és az entrópia megváltozását, a gáz által végzett munkát, valamint a gázzal közölt (illetve a gáztól elvont) hőt!

Vizsgálja meg a körfolyamat képét a p - V és T - S állapot síkon! Mekkora a körfolyamat által körbefogott terület?

4. Az ábrán az egykomponensű anyagok tipikus fázisdiagramja látható. Ez alapján dönthető el, hogy az anyag egy adott T hőmérsékleten és p nyomáson milyen halmazállapotú. Az egyes fázisokat elválasztó vonalak által kijelölt T, p értékeken a két fázis (például folyadék és gőze) egyszerre lehet jelen. A H hármasponthoz tartozó T_h hőmérsékleten és p_h nyomáson mindhárom halmazállapot egyszerre lehet jelen. A K kritikus pontban (T_k hőmérséklet és p_k nyomás) eltűnik a különbség a folyadék és a légnemű halmazállapot között. Ennél nagyobb hőmérsékleten már nem lehet nagy nyomással cseppfolyósítani egy gázt.



A hármaspont és a kritikus pont a különböző anyagoknál nagyon eltérő, és ez határozza meg a viselkedésüket szobahőmérsékleten és normál légköri nyomáson. Az alábbi táblázatban néhány anyag hármaspontjához és kritikus pontjához tartozó hőmérsékletek és nyomások láthatók.

anyag	T_h ($^{\circ}\text{C}$)	p_h (kPa)	T_k ($^{\circ}\text{C}$)	p_k (MPa)
víz	0,01	0,6	373,8	22,06
nitrogén	-210,0	12,6	-146,9	339,6
bután	-138,6	0,00067	152,0	379,6
széndioxid	-56,56	518,7	30,98	7,377

Milyen halmazállapotúak az egyes anyagok szobahőmérsékleten ($T_0 = 25^{\circ}\text{C}$) és normál légköri nyomáson ($p_0 = 101,3 \text{ kPa}$)?

Mi történik, ha az anyagot hűtjük vagy melegítjük, illetve ha összenyomjuk vagy csökkentjük a nyomását?