

Molekulsko-kinetička teorija gasova

Zadaci za domaći

1. Izračunati zapreminu jednog mola gasa pri normalnim uslovima:
 $p = 101.3 \text{ kPa}$, $T = 273.15 \text{ K}$.
2. Na visinama od nekoliko stotina kilometara nad Zemljom molekuli atmosfere imaju brzine koje odgovaraju temperaturama od nekoliko hiljada stepeni. Zašto se ne istope sateliti koji kruže oko Zemlje na tim visinama?
3. Planetu mase m i poluprečnika r okružuje atmosfera stalne gustine. Molarna masa molekula atmosfere je M . Naći temperaturu u atmosferskom sloju uz površinu planete, ako je debljina tog sloja iskazana kao $h \ll r$.
4. Stakleni balon je napunjen nekim gasom na pritisku p . Masa balona sa gasom je m . Balon se otvori, pritisak u njemu se smanji na p_1 , te se onda ponovo zatvori. Tada je masa balona sa gasom m_1 . Kolika je masa toga gasa koji ispunjava balon pri normalnom atmosferskom pritisku p_0 ? Smatrati da je temperatura gasa u svim slučajevima ista (ne znači da treba primijeniti Bojl-Mariotov zakon).
5. U sudu zapremine 1 l nalazi se 0.28 g azota (N_2) zagrijanog do temperature od 1500 K . Pri toj temperaturi, 30% molekula azota je disosiovano¹ na atome. Odrediti pritisak gasa u sudu.
6. Cilindričan horizontalni sud podijeljen je pokretnim klipom na dva jednaka dijela. Sa obje strane klipa nalazi se neki gas. Kad se sud postavi u vertikalni položaj, pri temperaturi od 300 K , u ravnotežnom stanju, zapremina ispod klipa je duplo manja nego iznad. Do koje temperature treba zagrijati gas u donjem dijelu suda, da bi se izjednačile zapremine gasa u oba dijela? Trenje je zanemarljivo, nema kondukcije.
7. Zatvoreni sud A zapremine 9 l , spojen je kratkom cjevčicom sa zatvorenim sudom B zapremine 1 l . U cjevčici postoji ventil koji dozvoljava prolaz gasa iz suda A u sud B , samo ako je pritisak u prvom barem za 120 kPa veći nego u drugom sudu. U početnom trenutku, u sudu A , gas je na temperaturi od 300 K i pritisku od 100 kPa , a u sudu B je vakuum. Kad se ventil otvori, cijeli sistem se zagrije do 420 K . Koliki su tada pritisci u sudovima A i B ?

Zadaci 6. i 7. su nešto teži od ostalih.

¹Disosijacija je reverzibilno razlaganje materije. Preciznije, razlaganje molekula na atome ili manje molekule. U našem slučaju, odgovarajuća reakcija je: $N_2 \rightarrow 2N$.

Termodinamika

Zadaci za domaći

1. Cilindrični sud zatvoren sa obje strane, podijeljen je na dva jednaka dijela klipom koji može da klizi bez trenja. U obje polovine cilindra nalazi se vazduh jednakih temperatura i pod istim pritiscima. Odrediti za koliko će se pomjeriti klip ako se vazduh u jednoj polovini cilindra dovede na temperaturu od 302 K , a vazduh u drugoj polovini na temperaturi 256 K . Dužina cilindra iznosi $l = 70\text{ cm}$. Smatrati da zidovi suda i klip ne provode toplotu. Debljinu suda zanemariti.
2. Idealan gas se prevodi iz stanja 1 u stanje 2 na dva načina. Na prvi način gas se iz stanja 1 u stanje 2 prevodi prvo po izobari, a potom po izohori, a na drugi način prvo po izohori, a zatim po izobari. Odrediti razliku dovedenih količina toplote u ova dva slučaja. Korisno je procese nacrtati na $p - V$ dijagramu, a takođe treba znati izraz $Q = n \cdot C_i \cdot \Delta T$, gdje je C_i toplotni kapacitet pri konstantnoj zapremini (C_V) ili toplotni kapacitet pri konstantnom pritisku (C_P).
3. Jednoatomijski gas mase m i molarne mase M nalazi se pod pritiskom p_1 . Iz tog stanja gas se izotermiski sabija do pritiska p_2 , pri čemu se izvrši rad A . Zatim se gasu, pri konstantnom pritisku, preda količina toplote jednaka onoj koju je on otpustio pri sabijanju. Odrediti krajnju temperaturu gasa.
4. Jedan mol jednoatomijskog gasa prvo se zagrijava, a zatim hladi, tako da se proces sastoji od izohore, izoterme i izobare, a krajnje stanje se poklapa sa početnim. Ako su p_1 i V_1 , pritisak i zapremina gasa u početnom stanju, a p_2 pritisak posle izohorskog zagrijavanja, odrediti količinu toplote koju gas otpusti tokom hlađenja.
5. U vertikalnom cilindričnom sudu, ispod lakog klipa, nalazi se jedan mol gasa na temperaturi T . Iznad klipa je vazduh na atmosferskom pritisku. Koliki rad treba izvršiti da bi se, polako podižući klip, zapremina gasa povećala k puta pri konstantnoj temperaturi? Trenje je zanemarljivo.
6. Zatvoren, toplotno izolovan, horizontalni cilindrični sud podijeljen je pokretnim klipom na dva dijela. U oba dijela suda nalazi se gas u jednakim zapreminama V_0 , na jednakim pritiscima p_0 i na istoj temperaturi. Koliki rad treba izvršiti, lagano pomjerajući klip pri konstantnoj temperaturi, da bi zapremina jednog dijela suda bila q puta veća od zapremine drugog dijela? Trenje je zanemarljivo.
7. U sudu zapremine $V_1 = 1\text{ m}^3$ nalazi se gas molarne mase $M = 28.8\text{ g/mol}$, pod pritiskom $p_1 = 200\text{ kPa}$. Gas se zagrijava, najprije pri stalnom pritisku do stanja sa zapreminom $V_2 = 3\text{ m}^3$, a zatim pri stalnoj zapremini do stanja sa pritiskom od 500 kPa .
 - a) Prikazati cijeli proces grafički u $p-V$ dijagramu stanja.
 - b) Odrediti ukupnu promjenu unutrašnje energije gasa.

- c) Odrediti rad izvršen u toku cijelog procesa.
- d) Odrediti količinu toplote koju gas primi u toku cijelog procesa.

Univerzalna gasna konstanta je $R = 8.314 \text{ J/molK}$. Specifični toplotni kapacitet datog gasa pri konstantnoj zapremini je $C_V = 0.72 \text{ kJ/kgK}$.

8. U cilindru sa pokretnim klipom se nalazi $m = 0.02 \text{ kg}$ vodonika ($M \approx 2 \text{ g/mol}$) na temperaturi $T_1 = 300 \text{ K}$. Gas se prvo širi adijabatski pri čemu pet puta poveća svoju zapreminu, a zatim se izotermiski sabija do početne zapremine.

- a) Prikazati cijeli proces grafički u p - V dijagramu stanja.
- b) Odrediti temperaturu T_2 na kraju adijabatske promjene stanja.
- c) Odrediti ukupan rad koji gas izvrši od početnog do krajnjeg trenutka.

Specifični toplotni kapacitet vodonika pri konstantnoj zapremini je $C_V = 10.39 \text{ kJ/kgK}$, a $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1.41$.

9. U balonu zapremine V_B nalazi se vazduh pod pritiskom $p_1 = 1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$, na temperaturi T_1 koja je jednaka temperaturi okolnog vazduha. Naglim otvaranjem ventila pritisak se vrlo brzo izjednači sa atmosferskim $p_a = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$. Zatim se ventil zatvori i sačeka da temperatura gasa dostigne početnu vrijednost.

- a) Prikazati cijeli proces grafički u p - V dijagramu stanja.
- b) Odrediti pritisak vazduha u balonu na kraju procesa.

Pretpostaviti da je vazduh dvoatomski gas, usljed čega je $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1.41$.

10. Zapremina gasa mijenja se sa temperaturom po zakonu $V = a/T$, gdje je a pozitivna konstanta. Naći molarni toplotni kapacitet gasa u ovom procesu, ako je dato C_V .
11. U zatvorenom sudu konstantne zapremine $V = 0.5 \text{ m}^3$ nalazi se vazduh pod pritiskom $p = 100 \text{ kPa}$, na temperaturi $t = 27^\circ \text{C}$. Vazduhu se hlađenjem oduzme količina toplote $Q = 40 \text{ kJ}$.
- a) Koliku će temperaturu imati gas poslije rashlađivanja?
 - b) Pod kojim pritiskom će se nalaziti vazduh u sudu posle rashlađivanja?

Smatrati da je molarna masa vazduha $M = 28.8 \text{ g/mol}$, specifični toplotni kapacitet vazduha pri stalnoj zapremini $C_V = 0.72 \text{ kJ/kgK}$, a univerzalna gasna konstanta $R = 8.314 \text{ J/molK}$.

12. U cilindru ispod klipa mase $m_k = 100 \text{ kg}$ i površine $S = 100 \text{ cm}^2$ nalazi se $m = 28 \text{ g}$ azota na temperaturi $T_1 = 273 \text{ K}$. Cilindar se zagrije do $T_2 = 373 \text{ K}$. Za koliku visinu će se podići klip ($\Delta h = ?$)? Atmosferski pritisak je $p_a = 105 \text{ Pa}$. Molarna masa azota je $M = 28 \text{ g/mol}$, a univerzalna gasna konstanta je $R = 8.314 \text{ J/molK}$.

13. Cilindar sa pokretnim klipom nalazi se u jezeru na dubini $h_1 = 0.5 \text{ m}$. Zapremina vazduha u cilindru na ovoj dubini je $V_1 = 10 \text{ dm}^3$. Koliki se rad izvrši nad vazduhom u cilindru prilikom njegovog laganog spuštanja do dubine $h_2 = 15 \text{ m}$? Pretpostaviti da je vazduh idealan gas i da se temperatura vode u jezeru ne mijenja sa visinom. Atmosferski pritisak je $p_a = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, a prečnik cilindra je mnogo manji od h . Gustina vode je $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
14. Odrediti dovedenu količinu toplote, odnos zapremine poslije i prije zagrijavanja (V_2/V_1) i rad koji izvrši sistem pri zagrijavanju $m = 3.2 \text{ kg}$ kiseonika od temperature $T_1 = 300 \text{ K}$ do $T_2 = 360 \text{ K}$, u slučaju da se zagrijavanje vrši pri:
 - a) $p = \text{const}$ ($C_P = 0.91 \text{ kJ/kgK}$).
 - b) $V = \text{const}$ ($C_V = 0.65 \text{ kJ/kgK}$).
 - c) adijabatskom sabijanju.
15. Pri širenju gasa pritisak se mijenja po zakonu $p = p_0 + aV$, gdje su p_0 i a konstante. Odrediti molarni toplotni kapacitet gasa ako je dato C_V .
16. Vodonik mase 6.5 g ima temperaturu od 27°C . Pri konstantnom pritisku gasu se preda određena količina toplote i zapremina se udvostruči. Naći promjenu unutrašnje energije, rad gasa i količinu toplote koju primi gas u ovom procesu.
17. Naći izohorski i izobarski specifični toplotni kapacitet smješe u kojoj se nalazi 80% neona i 20% vodonika.
18. Naći eksponent adijabate za smještu koja sadrži 10 g helijuma i 4 g vodonika.