Zadatak 121 (Matej, tehnička škola)

Pri brzini 30 km/h motorni bicikl razvija snagu 882 W i pritom troši 1.5 litara benzina na putu od 100 km. Kolika je korisnost motora ako je specifična toplina izgaranja benzina $4.6 \cdot 10^7$ J/kg? (gustoća benzina $\rho = 700$ kg/m^3)

Rješenje 121

$v = 30$ km/h = [30 : 3.6] = 8.33 m/s, $P_i = 882$ W, $V = 1.5$ l = 1.5 dm^3 = 0.0015 m^3, $s = 100$ km = 10^5 m, $q = 4.6 \cdot 10^7$ J/kg, $\rho = 700$ kg/m^3, $\eta = ?$

Jednoliko gibanje po pravcu duž puta s je takvo gibanje za koje vrijedi izraz

$$s = v \cdot t,$$

gdje je s put za tijelo koje se giba stalnom brzinom v za vrijeme t.

$$s = v \cdot t \;\Rightarrow\; t = \frac{s}{v}.$$

Toplina Q koja se oslobađa pri potpunom izgaranju goriva mase m izražava se umnoškom

$$Q = m \cdot q,$$

gdje je q specifična toplina izgaranja.

Gustoću ρ neke tvari definiramo omjerom mase m i obujma V tijela:

$$\rho = \frac{m}{V} \;\Rightarrow\; m = \rho \cdot V.$$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t}.$$

Omjer između energije koju iskorišćujemo od nekog stroja i ukupne energije koju ulažemo u stroj zovemo korisnost stroja η:

$$\eta = \frac{W_i}{W_u} \;\Rightarrow\; \eta = \frac{P_i \cdot t}{P_u \cdot t} \;\Rightarrow\; \eta = \frac{P_i}{P_u}.$$

Toplina Q dobivena izgaranjem benzina jednaka je uloženom radu pa za ukupnu snagu vrijedi:

$$P_u = \frac{W_u}{t} \;\Rightarrow\; P_u = \frac{Q}{t}.$$

Ukupna snaga motora iznosi:

$$\left.\begin{array}{l} t = \dfrac{s}{v} \\ m = \rho \cdot V \;\;,\;\; Q = m \cdot q \\ P_u = \dfrac{Q}{t} \end{array}\right\} \;\Rightarrow\; \left.\begin{array}{l} t = \dfrac{s}{v} \\ Q = \rho \cdot V \cdot q \\ P_u = \dfrac{Q}{t} \end{array}\right\} \;\Rightarrow\; P_u = \frac{\rho \cdot V \cdot q}{\frac{s}{v}} \;\Rightarrow\; P_u = \frac{\rho \cdot V \cdot q \cdot v}{s}.$$

Korisnost motora ima vrijednost:

$$\eta = \frac{P_i}{P_u} \;\Rightarrow\; \eta = \frac{P_i}{\frac{\rho \cdot V \cdot q \cdot v}{s}} \;\Rightarrow\; \eta = \frac{P_i \cdot s}{\rho \cdot V \cdot q \cdot v} = \frac{882\ W \cdot 10^5\ m}{700\ \frac{kg}{m^3} \cdot 0.0015\ m^3 \cdot 4.6 \cdot 10^7\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 8.33\ \frac{m}{s}} =$$

$$= 0.2192 = \frac{21.92}{100} = 21.92\,\% \approx 22\,\%.$$

s

Vježba 121

Pri brzini 60 km/h motorni bicikl razvija snagu 1764 W i pritom troši 1.5 litara benzina na putu od 100 km. Kolika je korisnost motora ako je specifična toplina izgaranja benzina $4.6 \cdot 10^7$ J/kg? (gustoća benzina $\rho = 700$ kg/m^3)

Rezultat: 22%.

Zadatak 122 (Matej, tehnička škola)

Odredi prosječnu snagu automobila koji na putu od 1 km troši 150 g benzina i ima pri brzini 30 km/h korisnost motora 25%. Specifična toplina izgaranja benzina $4.6 \cdot 10^7$ J/kg.

Rješenje 122

s = 1 km = 1000 m, m = 150 g = 0.15 kg, v = 30 km/h = [30 : 3.6] = 8.33 m/s, η = 25% = 0.25, q = $4.6 \cdot 10^7$ J/kg, P_i = ?

Jednoliko gibanje po pravcu duž puta s je takvo gibanje za koje vrijedi izraz

$$s = v \cdot t,$$

gdje je s put za tijelo koje se giba stalnom brzinom v za vrijeme t.

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v}.$$

Toplina Q koja se oslobađa pri potpunom izgaranju goriva mase m izražava se umnoškom

$$Q = m \cdot q,$$

gdje je q specifična toplina izgaranja.

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t}.$$

Omjer između energije koju iskorišćujemo od nekog stroja i ukupne energije koju ulažemo u stroj zovemo korisnost stroja η:

$$\eta = \frac{W_i}{W_u} \Rightarrow \eta = \frac{P_i \cdot t}{P_u \cdot t} \Rightarrow \eta = \frac{P_i}{P_u}.$$

Toplina Q dobivena izgaranjem benzina jednaka je uloženom radu pa za ukupnu snagu vrijedi:

$$P_u = \frac{W_u}{t} \Rightarrow P_u = \frac{Q}{t}.$$

Ukupna snaga motora iznosi:

$$\left.\begin{array}{l} t = \frac{s}{v} \\ Q = m \cdot q \\ P_u = \frac{Q}{t} \end{array}\right\} \Rightarrow P_u = \frac{m \cdot q}{\frac{s}{v}} \Rightarrow P_u = \frac{m \cdot q \cdot v}{s}.$$

Prosječna snaga automobila (iskorištena snaga) P_i iznosi:

$$\eta = \frac{P_i}{P_u} \Rightarrow \eta = \frac{P_i}{P_u} \; / \cdot P_u \Rightarrow P_i = \eta \cdot P_u \Rightarrow P_i = \eta \cdot \frac{m \cdot q \cdot v}{s} = 0.25 \cdot \frac{0.15\ kg \cdot 4.6 \cdot 10^7\ \frac{J}{kg} \cdot 8.33\ \frac{m}{s}}{1000\ m} =$$

$$= 14\,369.25\ W \approx 14.4\ kW.$$

Vježba 122

Odredi prosječnu snagu automobila koji na putu od 2 km troši 300 g benzina i ima pri brzini 30 km/h korisnost motora 25%. Specifična toplina izgaranja benzina $4.6 \cdot 10^7$ J/kg.

Rezultat: 14.4 kW.

Zadatak 123 (Matej, tehnička škola)

Aluminijska raketa, ispaljena vertikalno, dosegne najveću visinu 150 km, gdje ima temperaturu 50 °C. Kad raketa padne na zemlju, njezina je brzina 600 m/s. Kolika je bila temperatura rakete u času kad je dodirnula zemlju ako je raketa zadržala samo polovinu topline nastale trenjem u zraku? ($g = 9.81$ m/s^2, specifični toplinski kapacitet aluminija $c = 0.92 \cdot 10^3$ J/(kg · K)).

Rješenje 123

$h = 150$ km $= 1.5 \cdot 10^5$ m, $t_1 = 50$ °C, $v = 600$ m/s, $g = 9.81$ m/s^2, $c = 0.92 \cdot 10^3$ J/(kg · K), $t_2 = ?$

U polju sile teže tijelo mase m ima gravitacijsku potencijalnu energiju

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h,$$

gdje je g akceleracija slobodnog pada, a h vertikalna udaljenost tijela od mjesta gdje bi prema dogovoru tijelo imalo energiju nula.

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu.

Toplina Q koju neko tijelo zagrijavanjem primi odnosno hlađenjem izgubi jednaka je:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t,$$

gdje je m masa tijela, c specifični toplinski kapacitet, a Δt promjena temperature tijela.
Raketa u najvišoj točki iznad zemlje ima gravitacijsku potencijalnu energiju

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h.$$

Prilikom pada na zemlju raketa ima energiju u obliku kinetičke energije

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Na zagrijavanje rakete, zbog trenja u zraku, prešlo je

$$\Delta E = E_{gp} - E_k.$$

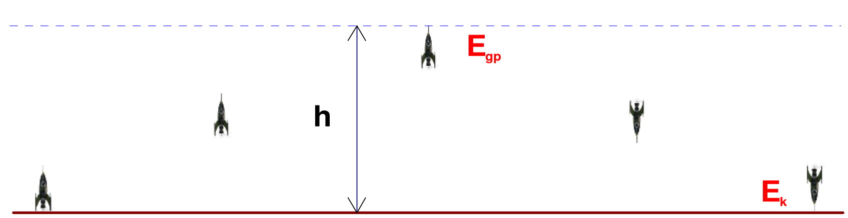
Budući da je raketa zadržala samo polovinu topline nastale trenjem u zraku, slijedi:

$$\frac{1}{2} \cdot \Delta E = Q \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \left(E_{gp} - E_k\right) = Q \;/\cdot 2 \Rightarrow E_{gp} - E_k = 2 \cdot Q \Rightarrow m \cdot g \cdot h - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 2 \cdot m \cdot c \cdot \left(t_2 - t_1\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot g \cdot h - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 2 \cdot m \cdot c \cdot \left(t_2 - t_1\right) \;/\cdot \frac{2}{m} \Rightarrow 2 \cdot g \cdot h - v^2 = 4 \cdot c \cdot \left(t_2 - t_1\right) \;/\cdot \frac{1}{4 \cdot c} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2 \cdot g \cdot h - v^2}{4 \cdot c} = t_2 - t_1 \Rightarrow t_2 - t_1 = \frac{2 \cdot g \cdot h - v^2}{4 \cdot c} \Rightarrow t_2 = t_1 + \frac{2 \cdot g \cdot h - v^2}{4 \cdot c} =$$

$$= 50\,^0C + \frac{2 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 1.5 \cdot 10^5 \; m - \left(600 \; \frac{m}{s}\right)^2}{4 \cdot 0.92 \cdot 10^3 \; \frac{J}{kg \cdot K}} = 751.90\,^0C.$$



Vježba 123

Aluminijska raketa, ispaljena vertikalno, dosegne najveću visinu 150 km, gdje ima temperaturu 40 °C. Kad raketa padne na zemlju, njezina je brzina 600 m/s. Kolika je bila temperatura rakete u času kad je dodirnula zemlju ako je raketa zadržala samo polovinu topline nastale trenjem u zraku? ($g = 9.81$ m/s^2, specifični toplinski kapacitet aluminija $c = 0.92 \cdot 10^3$ J/(kg · K)).

Rezultat: 741.90 °C.

Zadatak 124 (Matej, tehnička škola)

Tijelo mase 100 kg kliže niz kosinu visine 3 m i duljine 6 m. Koliko će se energije pretvoriti u unutrašnju energiju tijela i kosine kad se tijelo spusti s visine 3 m do horizontalne podloge? Faktor trenja je 0.2. ($g = 9.81$ m/s^2)

Rješenje 124

$m = 100$ kg, $h = 3$ m, $d = 6$ m, $\mu = 0.2$, $g = 9.81$ m/s^2, $\Delta U = ?$

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija g kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracija slobodnog pada.

$$G = m \cdot g.$$

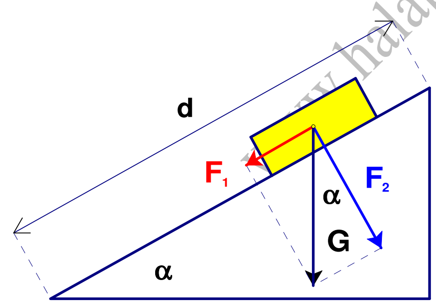
Trenje je sila koja se javlja kad se neko tijelo giba površinom nekoga drugog tijela ili kad se tek počinje gibati. Trenje ima smjer suprotan smjeru gibanja i može se izračunati pomoću izraza

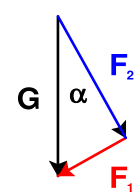
$$F_{tr} = \mu \cdot F_N,$$

gdje je F_{tr} trenje, μ faktor trenja, F_N veličina okomite komponente sile kojom tijelo djeluje na podlogu po kojoj se giba.

Tijelo obavlja rad W ako djeluje nekom silom F na putu s na drugo tijelo. Ako sila djeluje u smjeru gibanja tijela, vrijedi

$$W = F \cdot s.$$





Uočimo dva pravokutna trokuta:

- veći sa katetom h i hipotenuzom d
- manji sa katetom F_1 i hipotenuzom G.

Budući da imaju jednake kutove, slični su pa vrijedi razmjer:

$$G : F_1 = d : h \;\Rightarrow\; d \cdot F_1 = G \cdot h \;/ : d \;\Rightarrow\; F_1 = \frac{G \cdot h}{d}.$$

Uporabom Pitagorina poučka dobije se:

$$F_1^2 + F_2^2 = G^2 \;\Rightarrow\; F_2^2 = G^2 - F_1^2 \;/\sqrt{\;} \;\Rightarrow\; F_2 = \sqrt{G^2 - F_1^2} \;\Rightarrow\; F_2 = \sqrt{G^2 - \left(\frac{G \cdot h}{d}\right)^2} \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; F_2 = \sqrt{G^2 - \frac{G^2 \cdot h^2}{d^2}} \;\Rightarrow\; F_2 = \sqrt{\frac{G^2 \cdot d^2 - G^2 \cdot h^2}{d^2}} \;\Rightarrow\; F_2 = \sqrt{\frac{G^2 \cdot \left(d^2 - h^2\right)}{d^2}} \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; F_2 = \frac{G}{d} \cdot \sqrt{d^2 - h^2} \;\Rightarrow\; F_2 = \frac{m \cdot g}{d} \cdot \sqrt{d^2 - h^2}.$$

Kada se tijelo spusti niz kosinu zbog trenja će se dio energije pretvoriti u unutrašnju energiju tijela i kosine:

$$\Delta U = W_{tr} \Rightarrow \Delta U = F_{tr} \cdot d \Rightarrow \Delta U = \mu \cdot F_2 \cdot d \Rightarrow \Delta U = \mu \cdot \frac{m \cdot g}{d} \cdot \sqrt{d^2 - h^2} \cdot d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U = \mu \cdot m \cdot g \cdot \sqrt{d^2 - h^2} = 0.2 \cdot 100 \; kg \cdot 9.81 \; \frac{m}{s^2} \cdot \sqrt{(6 \; m)^2 - (3 \; m)^2} = 1019.49 \; J.$$

Vježba 124

Tijelo mase 200 kg kliže niz kosinu visine 3 m i duljine 6 m. Koliko će se energije pretvoriti u unutrašnju energiju tijela i kosine kad se tijelo spusti s visine 3 m do horizontalne podloge? Faktor trenja je 0.2. ($g = 9.81 \; m/s^2$)

Rezultat: 2038.97 J.

Zadatak 125 (Matej, tehnička škola)

Teret mase 300 kg podignemo 10 m visoko pomoću motora koji utroši 0.01 kg nafte. Kolika je korisnost motora ako je specifična toplina izgaranja nafte $4.6 \cdot 10^7$ J/kg? ($g = 9.81 \; m/s^2$)

Rješenje 125

m = 300 kg, h = 10 m, $m_1 = 0.01$ kg, $q = 4.6 \cdot 10^7$ J/kg, $g = 9.81 \; m/s^2$, $\eta = ?$

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija g kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracija slobodnog pada.

$$G = m \cdot g.$$

U polju sile teže tijelo mase m ima gravitacijsku potencijalnu energiju

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h,$$

gdje je g akceleracija slobodnog pada, a h vertikalna udaljenost tijela od mjesta gdje bi prema dogovoru tijelo imalo energiju nula.
Toplina Q koja se oslobađa pri potpunom izgaranju goriva mase m izražava se umnoškom

$$Q = m \cdot q,$$

gdje je q specifična toplina izgaranja.
Omjer između energije koju iskorišćujemo od nekog stroja i ukupne energije koju ulažemo u stroj zovemo korisnost stroja η:

$$\eta = \frac{W_i}{W_u} \Rightarrow \eta = \frac{P_i \cdot t}{P_u \cdot t} \Rightarrow \eta = \frac{P_i}{P_u}.$$

Rad koji obavi motor dizalice jednak je promjeni gravitacijske potencijalne energije:

$$W_i = \Delta E_{gp} \Rightarrow W_i = m \cdot g \cdot h - 0 \Rightarrow W_i = m \cdot g \cdot h.$$

Ukupan rad motora ekvivalentan je toplini koja se oslobodi potpunim izgaranjem nafte mase m_1:

$$W_u = Q \Rightarrow W_u = m_1 \cdot q.$$

Korisnost motora iznosi:

$$\eta = \frac{W_i}{W_u} \Rightarrow \eta = \frac{m \cdot g \cdot h}{m_1 \cdot q} = \frac{300 \; kg \cdot 9.81 \; \frac{m}{s^2} \cdot 10 \; m}{0.01 \; kg \cdot 4.6 \cdot 10^7 \; \frac{J}{kg}} = 0.064 = \frac{6.4}{100} = 6.4 \; \%.$$

Vježba 125

Teret mase 600 kg podignemo 10 m visoko pomoću motora koji utroši 0.02 kg nafte. Kolika je korisnost motora ako je specifična toplina izgaranja nafte $4.6 \cdot 10^7$ J/kg? ($g = 9.81 \; m/s^2$)

Rezultat: 6.4%.

Zadatak 126 (Snješko, gimnazijalac)

Odredi masu molekule vodika (H_2), dušika (N_2) i vode (H_2O).

Rješenje 126

Relativna atomska masa A_r, nekog atoma, odnosno molekule M_r, jest broj koji govori koliko je puta masa atoma ili molekule veća od $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ${}^{12}_{6}C$. Masa $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ugljika ${}^{12}_{6}C$ jest atomska jedinica mase (znak: u). Izražena u kilogramima, ta masa iznosi

$$u = 1.66 \cdot 10^{-27} \ kg.$$

Prema tome masa molekule je

$$m_M = M_r \cdot u.$$

- masa molekule vodika (H_2)

Najprije odredimo relativnu molekulsku masu M_r. Ona je jednaka zbroju relativnih atomskih masa dva atoma vodika čija je vrijednost naznačena u periodnom sustavu elemenata.

1 H 1.008

$$M_r = 2 \cdot 1.008 = 2.016.$$

Masa molekule iznosi:

$$m_{H_2} = M_r \cdot u = 2.016 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \ kg = 3.35 \cdot 10^{-27} \ kg.$$

- masa molekule dušika (N_2)

Najprije odredimo relativnu molekulsku masu M_r. Ona je jednaka zbroju relativnih atomskih masa dva atoma dušika čija je vrijednost naznačena u periodnom sustavu elemenata.

7 N 14.01

$$M_r = 2 \cdot 14.01 = 28.02.$$

Masa molekule iznosi:

$$m_{N_2} = M_r \cdot u = 28.02 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \ kg = 4.65 \cdot 10^{-26} \ kg.$$

- masa molekule vode (H_2O)

Najprije odredimo relativnu molekulsku masu M_r. Ona je jednaka zbroju relativnih atomskih masa dva atoma vodika i jednog atoma kisika čije su vrijednosti naznačena u periodnom sustavu elemenata.

1 H 1.008	+	1 H 1.008	+	8 O 16.00

$$M_r = 2 \cdot 1.008 + 16.00 = 2.016 + 16.00 = 18.016.$$

Masa molekule iznosi:

$$m_{H_2O} = M_r \cdot u = 18.016 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \ kg = 2.99 \cdot 10^{-26} \ kg.$$

Vježba 126

Odredi masu dvije molekule vodika (H_2).

Rezultat: $6.69 \cdot 10^{-27}$ kg.

Zadatak 127 (Snješko, gimnazijalac)

Odredi broj molekula koji se nalazi pri normiranom tlaku u 1 g helija.

Rješenje 127

$m = 1 \ g = 10^{-3} \ kg, \quad N = ?$

Relativna atomska masa A_r, nekog atoma, odnosno molekule M_r, jest broj koji govori koliko je puta masa atoma ili molekule veća od $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ${}^{12}_{6}C$. Masa $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ugljika ${}^{12}_{6}C$ jest atomska jedinica mase (znak: u). Izražena u kilogramima, ta masa iznosi

$$u = 1.66 \cdot 10^{-27} \ kg.$$

Prema tome masa molekule je

$$m_M = M_r \cdot u.$$

Računamo masu molekule helija (He). Molekula helija (plemenitog plina) je jednoatomna.
Najprije odredimo relativnu molekulsku masu M_r. Ona je jednaka relativnoj atomskoj masi jednog atoma helija čija je vrijednost naznačena u periodnom sustavu elemenata.

2
He
4.003

$$M_r = 4.003.$$

Masa molekule iznosi:

$$m_{He} = M_r \cdot u = 4.003 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}\ kg = 6.64 \cdot 10^{-27}\ kg.$$

Budući da znamo masu jedne molekule helija m_{He}, tada će u masi m biti N molekula:

$$N = \frac{m}{m_{He}} = \frac{10^{-3}\ kg}{6.64 \cdot 10^{-27}\ kg} = 1.50 \cdot 10^{23}\ \text{molekula}.$$

Vježba 127

Odredi broj molekula koji se nalazi pri normiranom tlaku u 10 g helija.

Rezultat: $1.51 \cdot 10^{25}$ molekula.

Zadatak 128 (Snješko, gimnazijalac)

Odredi broj molekula koji se nalazi pri normiranom tlaku u 1 m^3 argona. (gustoća argona $\rho = 1.784\ kg/m^3$)

Rješenje 128

$V = 1\ m^3$, $\rho = 1.784\ kg/m^3$, $N = ?$

Relativna atomska masa A_r, nekog atoma, odnosno molekule M_r, jest broj koji govori koliko je puta masa atoma ili molekule veća od $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ${}^{12}_{6}C$. Masa $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ugljika ${}^{12}_{6}C$ jest atomska jedinica mase (znak: u). Izražena u kilogramima, ta masa iznosi

$$u = 1.66 \cdot 10^{-27}\ kg.$$

Prema tome masa molekule je

$$m_M = M_r \cdot u.$$

Jedan mol bilo koje tvari sadrži jednak broj jedinki (molekula, atoma i sl.), i to $6.022 \cdot 10^{23}$ što je brojčana vrijednost Avogadrove konstante $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$.
Masu molekule m_M možemo naći iz izraza

$$m_M = \frac{M}{N_A},$$

gdje M označuje molnu masu molekula.

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz omjera mase tijela i njegova obujma:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V.$$

1.inačica

Odredimo masu molekule argona (Ar). Molekula argona (plemenitog plina) je jednoatomna.
Najprije odredimo relativnu molekulsku masu M_r. Ona je jednaka relativnoj atomskoj masi jednog atoma argona čija je vrijednost naznačena u periodnom sustavu elemenata.

18
Ar
39.95

$$M_r = 39.95.$$

Masa molekule iznosi:

$$m_{Ar} = M_r \cdot u = 39.95 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}\ kg = 6.63 \cdot 10^{-26}\ kg.$$

Računamo masu 1 m^3 argona:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V = 1.784 \frac{kg}{m^3} \cdot 1\ m^3 = 1.784\ kg.$$

Budući da znamo masu jedne molekule argona m_{Ar}, tada će u masi m biti N molekula:

$$N = \frac{m}{m_{Ar}} = \frac{1.784\ kg}{6.63 \cdot 10^{-26}\ kg} = 2.69 \cdot 10^{25}\ \text{molekula}.$$

2.inačica

18
Ar
39.95

Iz tablice periodnog sustava elemenata očitamo molnu masu argona:

$$M_{Ar} = 39.95 \frac{g}{mol} = 0.03995 \frac{kg}{mol}.$$

Dakle, jedan mol argona (mase m = 39.95 g = 0.03995 kg) sadrži $6.022 \cdot 10^{23}$ molekula. Obujam što ga zauzima molna masa argona iznosi:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{0.03995\ kg}{1.784 \frac{kg}{m^3}} = 0.022393498\ m^3.$$

Prema tome, ako u $0.022393498\ m^3$ argona ima $6.022 \cdot 10^{23}$ molekula, onda u $1\ m^3$ ima, dakle

$$N = \frac{1\ m^3}{0.022393498\ m^3} \cdot 6.022 \cdot 10^{23}\ \text{molekula} = 2.69 \cdot 10^{25}\ \text{molekula}.$$

Vježba 128

Odredi broj molekula koji se nalazi pri normiranom tlaku u $10\ m^3$ argona. (gustoća argona $\rho = 1.784\ kg/m^3$)

Rezultat: $2.69 \cdot 10^{27}$ molekula.

Zadatak 129 (Malena, medicinska škola)

Komadu bakra mase 3.5 kg, temperature 170 °C, hlađenjem snizimo unutrašnju energiju za $1.6 \cdot 10^5$ J. Do koje se temperature ohladio komad bakra? (specifični toplinski kapacitet bakra je $c = 380\ J/(kg \cdot K)$)

Rješenje 129

m = 3.5 kg, $t_1 = 170$ °C, $\Delta U = 1.6 \cdot 10^5$ J, $c = 380\ J/(kg \cdot K)$, $t_2 = ?$

Toplina Q koju neko tijelo zagrijavanjem primi odnosno hlađenjem izgubi jednaka je:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1),$$

gdje je m masa tijela, c specifični toplinski kapacitet, a Δt promjena temperature tijela.
Veličinu Q smatramo pozitivnom ako toplinu dovodimo sustavu, a negativnom ako je odvodimo od sustava.
Ako se unutrašnja energija tijela mijenja jedino zato što su u dodiru dva tijela različitih temperatura (W = 0), onda je

$$\Delta U = Q.$$

Komad bakra ohladio se do temperature t_2:

$$\left.\begin{array}{l} \Delta U = -Q \\ \text{toplinu odvodimo} \\ \text{od sustava} \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta U = -m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \Rightarrow \Delta U = -m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)\ / \cdot \frac{-1}{m \cdot c} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\frac{\Delta U}{m \cdot c} = t_2 - t_1 \Rightarrow t_2 = t_1 - \frac{\Delta U}{m \cdot c} = 170\ ^0C - \frac{1.6 \cdot 10^5\ J}{3.5\ kg \cdot 380 \frac{J}{kg \cdot K}} = 49.70\ ^0C \approx 50\ ^0C.$$

Vježba 129

Komadu bakra mase 3.5 kg, temperature 190 °C, hlađenjem snizimo unutrašnju energiju za $1.6 \cdot 10^5$ J. Do koje se temperature ohladio komad bakra? (specifični toplinski kapacitet bakra je c = 380 J/(kg · K))

Rezultat: 70 °C.

Zadatak 130 (Malena, medicinska škola)

Željeznu i bakrenu kuglu jednakih masa zagrijemo do jednake temperature. Zatim svaku bacimo u po jednu čašu s hladnom vodom jednakih masa i jednakih temperatura. Koja će se kugla brže ohladiti? Zašto? (specifični toplinski kapacitet željeza c_1 = 460 J/(kg · K), specifični toplinski kapacitet bakra c_2 = 380 J/(kg · K))

Rješenje 130

$m_1 = m_2 = m$, $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t$, $c_1 = 460$ J/(kg · K), $c_2 = 380$ J/(kg · K), $Q_1 : Q_2 = ?$

Toplina Q koju neko tijelo zagrijavanjem primi odnosno hlađenjem izgubi jednaka je:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \;\Rightarrow\; Q = m \cdot c \cdot \left(t_2 - t_1\right),$$

gdje je m masa tijela, c specifični toplinski kapacitet, a Δt promjena temperature tijela.
Računamo omjer toplina Q_1 i Q_2:

$$\left.\begin{array}{l} Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta t_1 \\ Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta t_2 \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} Q_1 = m \cdot c_1 \cdot \Delta t \\ Q_2 = m \cdot c_2 \cdot \Delta t \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{m \cdot c_1 \cdot \Delta t}{m \cdot c_2 \cdot \Delta t} \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{c_1}{c_2} \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{460 \frac{J}{kg \cdot K}}{380 \frac{J}{kg \cdot K}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{460 \frac{J}{kg \cdot K}}{380 \frac{J}{kg \cdot K}} \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = 1.21 \Rightarrow Q_1 = 1.21 \cdot Q_2 \Rightarrow Q_2 < Q_1.$$

Brže će se ohladiti bakrena kugla jer sadrži manju količinu topline.
Može i ovako!
Budući da je

$$c_2 < c_1,$$

brže će se ohladiti bakrena kugla.

Vježba 130

Željeznu i bakrenu kuglu jednakih masa zagrijemo do jednake temperature. Zatim svaku bacimo u po jednu čašu s hladnom vodom jednakih masa i jednakih temperatura. Koja će se kugla sporije ohladiti? Zašto? (specifični toplinski kapacitet željeza c_1 = 460 J/(kg · K), specifični toplinski kapacitet bakra c_2 = 380 J/(kg · K))

Rezultat: Sporije će se ohladiti željezna kugla.

Zadatak 131 (Matej, tehnička škola)

Topliji spremnik toplinskog stroja koji radi prema Carnotovu obratnome kružnom procesu ima temperaturu 200 °C. Kolika je temperatura hladnijeg spremnika ako za svakih $4.19 \cdot 10^3$ J energije primljene od toplijeg spremnika stroj utroši rad $1.68 \cdot 10^3$ J? Gubici na trenje i okolinu se zanemaruju.

Rješenje 131

$t_1 = 200$ °C => $T_1 = 273 + t_1 = 473$ K, $Q_1 = 4.19 \cdot 10^3$ J, $W = 1.68 \cdot 10^3$ J, $T_2 = ?$

Pri toplinskim strojevima dio unutarnje energije plinova i para (radnog tijela) pretvaramo u rad. To je moguće samo kad se radno tijelo nalazi između spremnika više i spremnika niže temperature. Za vrijeme jednoga kružnog procesa radno tijelo primi od toplijeg spremnika toplinu Q_1 i preda hladnijem spremniku toplinu Q_2. Promjena topline $Q_1 - Q_2$ pri idealnom stroju prelazi u mehanički rad W:

$$W = Q_1 - Q_2.$$

Korisnost η nekoga toplinskog stroja govori o tome koliki je dio topline dobivene od toplijeg spremnika prešao u mehanički rad W, tj.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

gdje su T_1 i T_2 temperature toplijeg odnosno hladnijeg spremnika.
Temperaturu hladnijeg spremnika naći ćemo iz izraza:

$$\left.\begin{array}{l} W = Q_1 - Q_2 \\ \dfrac{T_1 - T_2}{T_1} = \dfrac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{W}{Q_1} \Rightarrow \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{W}{Q_1} \; / \cdot T_1 \Rightarrow T_1 - T_2 = T_1 \cdot \frac{W}{Q_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -T_2 = -T_1 + T_1 \cdot \frac{W}{Q_1} \; / \cdot (-1) \Rightarrow T_2 = T_1 - T_1 \cdot \frac{W}{Q_1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(1 - \frac{W}{Q_1}\right) =$$

$$= 473 \; K \cdot \left(1 - \frac{1.68 \cdot 10^3 \; J}{4.19 \cdot 10^3 \; J}\right) = 283.35 \; K.$$

Vježba 131

Topliji spremnik toplinskog stroja koji radi prema Carnotovu obratnome kružnom procesu ima temperaturu 200 °C. Kolika je temperatura hladnijeg spremnika ako za svakih $8.38 \cdot 10^3$ J energije primljene od toplijeg spremnika stroj utroši rad $3.36 \cdot 10^3$ J? Gubici na trenje i okolinu se zanemaruju.

Rezultat: Sporije će se ohladiti željezna kugla.

Zadatak 132 (Medicinka, medicinska škola)

Kolika je gustoća tijela mase 300 g i obujma 0.5 dm^3? Izrazite rezultat jedinicama g/cm^3 i kg/m^3.

Rješenje 132

m = 300 g = 0.3 kg, V = 0.5 dm^3 = [0.5 · 1000] cm^3 = 500 cm^3,
V = 0.5 dm^3 = [0.5 : 1000] m^3 = 0.0005 m^3, ρ = ?
Gustoću ρ neke tvari definiramo omjerom mase m i obujma V tijela:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V.$$

Gustoća tijela iznosi:

$\rho = \frac{m}{V}$ $\rho = \frac{300 \; g}{500 \; cm^3}$ $\rho = 0.6 \; \frac{g}{cm^3}$	$\rho = \frac{m}{V}$ $\rho = \frac{0.3 \; kg}{0.0005 \; m^3}$ $\rho = 600 \; \frac{kg}{m^3}$

Vježba 132

Kolika je gustoća tijela mase 600 g i obujma 1 dm^3? Izrazite rezultat jedinicama g/cm^3 i kg/m^3.

Rezultat: $\rho = 0.6 \; \frac{g}{cm^3} = 600 \; \frac{kg}{m^3}.$

Zadatak 133 (Medicinka, medicinska škola)

Koliko je teška kapljica žive obujma 0.25 cm^3? (gustoća žive ρ = 13600 kg/m^3, g = 9.81 m/s^2).

Rješenje 133

V = 0.25 cm^3 = [0.25 : 1000000] = 0.00000025 m^3, ρ = 13600 kg/m^3, g = 9.81 m/s^2, G = ?

Gustoću ρ neke tvari definiramo omjerom mase m i obujma V tijela:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V.$$

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija g kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracija slobodnog pada.

$$G = m \cdot g.$$

Težina kapljice žive iznosi:

$$\left.\begin{array}{l} m = \rho \cdot V \\ G = m \cdot g \end{array}\right\} \Rightarrow G = \rho \cdot V \cdot g = 13600 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.00000025\ m^3 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} = 0.033354\ N \approx 0.033\ N.$$

Vježba 133

Koliko je teška kapljica žive obujma 0.50 cm^3? (gustoća žive ρ = 13600 kg/m^3, g = 9.81 m/s^2).

Rezultat: 0.067 N.

Zadatak 134 (Medicinka, medicinska škola)

Koliko je težak 1 dm^3 leda pri 0 °C? (gustoća leda ρ = 1000 kg/m^3, g = 9.81 m/s^2).

Rješenje 134

V = 1 dm^3 = [1 : 1000] = 0.001 m^3, ρ = 1000 kg/m^3 (pri 0 °C), g = 9.81 m/s^2, G = ?

Gustoću ρ neke tvari definiramo omjerom mase m i obujma V tijela:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V.$$

Silu kojom Zemlja privlači sva tijela nazivamo silom težom. Pod djelovanjem sile teže sva tijela padaju na Zemlju ili pritišću na njezinu površinu. Akceleracija g kojom tijela padaju na Zemlju naziva se akceleracija slobodnog pada.

$$G = m \cdot g.$$

Komad leda je težak:

$$\left.\begin{array}{l} m = \rho \cdot V \\ G = m \cdot g \end{array}\right\} \Rightarrow G = \rho \cdot V \cdot g = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.001\ m^3 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} = 9.81\ N.$$

Vježba 134

Kolika je težina 2 dm^3 leda pri 0 °C? (gustoća leda ρ = 1000 kg/m^3, g = 9.81 m/s^2).

Rezultat: 19.62 N.

Zadatak 135 (Ivana, gimnazija)

Za vrijeme adijabatske kompresije na plinu utrošimo rad 120 J. Kolika je promjena unutrašnje energije?

Rješenje 135

W = 120 J, ΔU = ?

Unutarnju energiju tijela možemo promijeniti na dva načina:

- međusobnim dodirom dvaju tijela različitih temperatura
- mehaničkim radom.

Općenito to možemo izraziti ovako:

$$\Delta U = Q - W,$$

gdje je:

- ΔU – promjena unutarnje energije tijela
- Q – toplina
- W – mehanički rad.

Rad W može biti pozitivan ili negativan:

- $W > 0$ (pozitivan), ako sustav obavlja rad
- $W < 0$ (negativan), ako rad obavljaju vanjske sile.

Toplina Q može biti pozitivna ili negativna:

- $Q > 0$ (pozitivna), ako toplinu dovodimo sustavu
- $Q < 0$ (negativna), ako toplinu odvodimo od sustava.

Pri adijabatskoj promjeni mijenja se stanje plina uz obavljanje rada, a da pritom plin ne izmjenjuje toplinu s okolinom. Sustav je od okoline savršeno toplinski izoliran pa nema izmjene topline, (tj. količine topline Q) s okolinom, Q = 0. Budući da vanjske sile moraju obaviti rad u sustavu (W < 0), proizlazi:

$$\left.\begin{array}{l} Q = 0 \ , \ W = 120 \ J \\ \Delta U = Q - W \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta U = 0 - 120 \ J = -120 \ J.$$

Vježba 135

Za vrijeme adijabatske kompresije na plinu utrošimo rad 240 J. Kolika je promjena unutrašnje energije?

Rezultat: – 240 J.

Zadatak 136 (Zlatko, tehnička škola)

Odredi korisnost toplinskog stroja ako je poznato da je za vrijeme jednoga kružnog procesa utrošen rad $3 \cdot 10^3$ J, a hladnijem spremniku predana energija $16 \cdot 10^3$ J.

Rješenje 136

$W = 3 \cdot 10^3$ J, $Q_2 = 16 \cdot 10^3$ J, $\eta = ?$

Pri toplinskim strojevima dio unutarnje energije plinova i para (radnog tijela) pretvaramo u rad. To je moguće samo kad se radno tijelo nalazi između spremnika više i spremnika niže temperature. Za vrijeme jednoga kružnog procesa radno tijelo primi od toplijeg spremnika toplinu Q_1 i preda hladnijem spremniku toplinu Q_2. Promjena topline $Q_1 - Q_2$ pri idealnom stroju prelazi u mehanički rad W:

$$W = Q_1 - Q_2.$$

Korisnost η nekoga toplinskog stroja govori o tome koliki je dio topline dobivene od toplijeg spremnika prešao u mehanički rad W, tj.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad , \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

gdje su T_1 i T_2 temperature toplijeg odnosno hladnijeg spremnika. Korisnost ne ovisi o vrsti radnog tijela, već samo o razlici temperatura toplijeg i hladnijeg spremnika. Što je ta razlika veća, korisnost je veća.

Računamo Q_1 toplinu toplijeg spremnika:

$$W = Q_1 - Q_2 \Rightarrow Q_1 = W + Q_2 = 3 \cdot 10^3 \ J + 16 \cdot 10^3 \ J = 19 \cdot 10^3 \ J.$$

Korisnost toplinskog stroja iznosi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{19 \cdot 10^3 \ J - 16 \cdot 10^3 \ J}{19 \cdot 10^3 \ J} = 0.15789 = \frac{15.789}{100} = 15.789\%.$$

Vježba 136

Odredi korisnost toplinskog stroja ako je poznato da je za vrijeme jednoga kružnog procesa utrošen rad $2 \cdot 10^3$ J, a hladnijem spremniku predana energija $16 \cdot 10^3$ J.

Rezultat: 11.11%.

Zadatak 137 (Marija, srednja škola)

Plin koji izvodi Carnotov kružni proces obavi rad 300 J na svakih $2 \cdot 10^3$ J topline dobivene od toplijeg spremnika.
a) Kolika je korisnost djelovanja toga kružnog procesa?
b) Koliko je puta temperatura toplijeg spremnika veća od temperature hladnijeg spremnika?

Rješenje 137

$W = 300$ J, $Q_1 = 2 \cdot 10^3$ J, $\eta = ?$, $T_1/T_2 = ?$

Pri toplinskim strojevima dio unutarnje energije plinova i para (radnog tijela) pretvaramo u rad. To je moguće samo kad se radno tijelo nalazi između spremnika više i spremnika niže temperature. Za vrijeme jednoga kružnog procesa radno tijelo primi od toplijeg spremnika toplinu Q_1 i preda hladnijem spremniku toplinu Q_2. Promjena topline $Q_1 – Q_2$ pri idealnom stroju prelazi u mehanički rad W:

$$W = Q_1 - Q_2.$$

Korisnost η nekoga toplinskog stroja govori o tome koliki je dio topline dobivene od toplijeg spremnika prešao u mehanički rad W, tj.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad , \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

gdje su T_1 i T_2 temperature toplijeg odnosno hladnijeg spremnika. Korisnost ne ovisi o vrsti radnog tijela, već samo o razlici temperatura toplijeg i hladnijeg spremnika. Što je ta razlika veća, korisnost je veća.

a)

Računamo toplinu Q_2 hladnijeg spremnika

$$W = Q_1 - Q_2 \Rightarrow Q_2 = Q_1 - W = 2 \cdot 10^3 \ J - 300 \ J = 1700 \ J.$$

Korisnost toplinskog stroja iznosi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{2 \cdot 10^3 \ J - 1700 \ J}{2 \cdot 10^3 \ J} = 0.15 = \frac{15}{100} = 15\%.$$

b)

Računamo omjer temperature T_1 toplijeg spremnika i temperature T_2 hladnijeg spremnika:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \Rightarrow \eta = \frac{T_1}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1-\eta} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1-0.15} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1-0.15} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 1.176 \Rightarrow T_1 = 1.176 \cdot T_2.$$

Vježba 137

Plin koji izvodi Carnotov kružni proces obavi rad 400 J na svakih $2 \cdot 10^3$ J topline dobivene od toplijeg spremnika. Kolika je korisnost djelovanja toga kružnog procesa?

Rezultat: 20%.

Zadatak 138 (Sanja, kemijska škola)

Koliki rad utroši plin kad poveća obujam od 3 litre na 30 litara pri stalnome tlaku $2.026 \cdot 10^5$ Pa?

Rješenje 138

$V_1 = 3$ l $= 3$ dm$^3 = 3 \cdot 10^{-3}$ m^3, $V_2 = 30$ l $= 30$ dm$^3 = 30 \cdot 10^{-3}$ m$^3 = 3 \cdot 10^{-2}$ m^3,
$p = 2.026 \cdot 10^5$ Pa = konst., $W = ?$

Kad plinu dovodimo toplinu uz stalan tlak (izobarna promjena), plin se rasteže i obavlja rad koji je jednak

$$W = p \cdot \Delta V \;\Rightarrow\; W = p \cdot \left(V_2 - V_1\right).$$

Utrošeni rad W iznosi:

$$W = p \cdot \Delta V \;\Rightarrow\; W = p \cdot \left(V_2 - V_1\right) = 2.026 \cdot 10^{5}\ Pa \cdot \left(3 \cdot 10^{-2}\ m^{3} - 3 \cdot 10^{-3}\ m^{3}\right) = 5470.2\ J.$$

Vježba 138

Koliki rad utroši plin kad poveća obujam od 4 litre na 31 litru pri stalnome tlaku $2.026 \cdot 10^5$ Pa?

Rezultat: 5470.2 J.

Zadatak 139 (Matija, gimnazija)

Pri 17 °C plin ima obujam 5 litara i nalazi se pod tlakom $2 \cdot 10^5$ Pa. Plin se izobarnim zagrijavanjem rasteže i pritom obavi rad 200 J. Za koliko se stupnjeva povisila temperatura plina?

Rješenje 139

$t_1 = 17$ °C => $T_1 = 273 + t_1 = 273 + 17 = 290$ K, $V_1 = 5\ l = 5\ dm^3 = 0.005\ m^3$,
$p_1 = 2 \cdot 10^5$ Pa, p = konst., W = 200 J, $\Delta T = ?$

Kad plinu dovodimo toplinu uz stalan tlak (izobarna promjena), plin se rasteže i obavlja rad koji je jednak

$$W = p \cdot \Delta V \;\Rightarrow\; W = p \cdot \left(V_2 - V_1\right).$$

Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay – Lussacovu [Gej – Lisak] zakonu. Jednadžba u termodinamičkoj ljestvici temperature glasi:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

Budući da se plin izobarnim zagrijavanjem rasteže i pritom obavi rad W, njegov obujam V_2 nakon rastezanja iznosi:

$$W = p \cdot \left(V_2 - V_1\right) \;\Rightarrow\; W = p \cdot \left(V_2 - V_1\right) \; / : p \;\Rightarrow\; \frac{W}{p} = V_2 - V_1 \;\Rightarrow\; V_2 = \frac{W}{p} + V_1 \;\Rightarrow\; V_2 = V_1 + \frac{W}{p}.$$

Temperatura plina T_2 je jednaka (izobarno stanje):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \;\Rightarrow\; V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1 \;\Rightarrow\; T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1} \;\Rightarrow\; T_2 = \frac{\left(V_1 + \frac{W}{p}\right) \cdot T_1}{V_1}.$$

Povećanje temperature plina iznosi:

$$\Delta T = T_2 - T_1 \;\Rightarrow\; \Delta T = \frac{\left(V_1 + \frac{W}{p}\right) \cdot T_1}{V_1} - T_1 \;\Rightarrow\; \Delta T = T_1 \cdot \left(\frac{V_1 + \frac{W}{p}}{V_1} - 1\right) \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; \Delta T = T_1 \cdot \left(\frac{\frac{p \cdot V_1 + W}{p}}{V_1} - 1\right) \;\Rightarrow\; \Delta T = T_1 \cdot \left(\frac{p \cdot V_1 + W}{p \cdot V_1} - 1\right) \;\Rightarrow\; \Delta T = T_1 \cdot \left(\frac{p \cdot V_1}{p \cdot V_1} + \frac{W}{p \cdot V_1} - 1\right) \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; \Delta T = T_1 \cdot \left(1 + \frac{W}{p \cdot V_1} - 1\right) \;\Rightarrow\; \Delta T = T_1 \cdot \left(1 + \frac{W}{p \cdot V_1} - 1\right) \;\Rightarrow\; \Delta T = T_1 \cdot \frac{W}{p \cdot V_1} =$$

$$= 290\ K \cdot \frac{200\ J}{2 \cdot 10^{5}\ Pa \cdot 0.005\ m^{3}} = 58\ K = \left[58\ {}^{0}C \right].$$

Vježba 139

Pri 17 °C plin ima obujam 5 litara i nalazi se pod tlakom 4 · 10^5 Pa. Plin se izobarnim zagrijavanjem rasteže i pritom obavi rad 400 J. Za koliko se stupnjeva povisila temperatura plina?

Rezultat: 58 K = [58°C].

Zadatak 140 (Goran, gimnazija)

Koliki rad utroši plin početnog obujma 3 litre kad mu se uz stalni tlak 2.026 · 10^5 Pa povisi temperatura od 27 °C na 227 °C?

Rješenje 140

V_1 = 3 l = 3 dm^3 = 0.003 m^3, p_1 = 2.026 · 10^5 Pa = konst.,
t_1 = 27 °C => $T_1 = 273 + t_1 = 273 + 27 = 300$ K,
t_2 = 227 °C => $T_2 = 273 + t_2 = 273 + 227 = 500$ K, W = ?

Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay – Lussacovu [Gej – Lisak] zakonu. Jednadžba u termodinamičkoj ljestvici temperature glasi:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

Kad plinu dovodimo toplinu uz stalan tlak (izobarna promjena), plin se rasteže i obavlja rad koji je jednak

$$W = p \cdot \Delta V \;\Rightarrow\; W = p \cdot \left(V_2 - V_1 \right).$$

Obujam plina V_2 nakon povećanja temperature je jednak (izobarno stanje):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \;\Rightarrow\; V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1 \;\Rightarrow\; V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}.$$

Budući da plinu dovodimo toplinu uz stalan tlak (izobarna promjena), plin se rasteže i obavlja rad W koji iznosi:

$$W = p \cdot \Delta V \;\Rightarrow\; W = p \cdot \left(V_2 - V_1 \right) \;\Rightarrow\; W = p \cdot \left(\frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} - V_1 \right) \;\Rightarrow\; W = p \cdot V_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) =$$

$$= 2.026 \cdot 10^{5}\ Pa \cdot 0.003\ m^{3} \cdot \left(\frac{500\ K}{300\ K} - 1 \right) = 405.2\ J.$$

Vježba 140

Koliki rad utroši plin početnog obujma 3 litre kad mu se uz stalni tlak 4.052 · 10^5 Pa povisi temperatura od 27 °C na 227 °C?

Rezultat: 810.4 J.