

Toplina i temperatura

1

1.1. Temperatura

1.2. Toplinsko rastezanje tvari

1.3. Plinski zakoni

1.4. Jednadžba stanja idealnog plina

1.5. Sile među česticama

1.6. Toplinska ravnoteža

1.7. Toplinski kapacitet

Celzijeva ljestvica je temperaturna ljestvica koja se temelji na talištu vode (0°C) i vrelištu vode (100°C).

Kelvinova ljestvica je temperaturna ljestvica koja se temelji na apsolutnoj nuli (0 K).

Veza apsolutne temperature T i celzijeve temperature t :

$$T/\text{K} = t/^{\circ}\text{C} + 273,15.$$

Fahrenheitova ljestvica je temperaturna ljestvica koja se temelji na talištu vode (33°F) i vrelištu vode (212°F).

Koeficijent linearnog rastezanja, α , je omjer relativnog linearnog širenja $\frac{\Delta l}{l}$ i razlike temperatura ΔT .

Linearno rastezanje opisuje izraz:

$$L(t) = L_0 (1 + \alpha t),$$

gdje je L_0 duljina pri temperaturi 0°C , a $L(t)$ duljina pri temperaturi t .

Koeficijent površinskog rastezanja, β , je omjer relativnog površinskog širenja $\frac{\Delta S}{S}$ i razlike temperatura ΔT .

Površinsko rastezanje opisuje izraz:

$$S(t) = S_0 (1 + \beta t),$$

gdje je S_0 površina pri temperaturi 0°C , a $S(t)$ površina pri temperaturi t .

Koeficijent volumnog rastezanja, γ , je omjer relativnog volumnog produljenja $\frac{\Delta V}{V}$ i razlike temperatura ΔT .

Volumno rastezanje opisuje izraz:

$$V(t) = V_0 (1 + \gamma t),$$

gdje je V_0 volumen pri temperaturi 0°C , a $V(t)$ volumen pri temperaturi t .

Avogadrov broj je broj čestica u jednom molu, $6,022 \cdot 10^{23}$.

Boyle–Mariotteov zakon je plinski zakon koji opisuje izotermnu promjenu stanja plina. Umnožak tlaka i volumena ostaje stalan.

$$pV = \text{konst.}$$

Gay-Lussacov zakon je plinski zakon koji opisuje izobarnu promjenu stanja plina. Omjer volumena i temperature ostaje stalan.

$$\frac{V}{T} = \text{konst.}$$

Charles–Gay-Lussacov zakon je plinski zakon koji opisuje izohornu promjenu stanja plina. Omjer tlaka i temperature ostaje stalan.

$$\frac{p}{T} = \text{konst.}$$

Jednadžba stanja idelanog plina:

$$pV = nRT$$

Latentna toplina taljenja je toplina potrebna da jedan kilogram neke tvari na temperaturi tališta prijeđe iz čvrstog u tekuće stanje.

Toplina potrebna za taljenje je $Q = mL_t$, gdje je L_t latentna toplina taljenja.

Latentna toplina isparavanja je toplina potrebna da jedan kilogram neke tvari na temperaturi vrelišta prijeđe iz tekućeg u plinovito stanje.

Toplina potrebna za isparavanje: $Q = mL_v$.

Specifični toplinski kapacitet je količina topline koju je potrebno predati tijelu mase 1 kg da mu se temperatura poveća za 1°C.

Toplina potrebna za zagrijavanje je $\Delta Q = mc\Delta T$, gdje je c specifični toplinski kapacitet.

1.1. Temperatura

1. Temperatura u prostoriji iznosi $27,3^{\circ}\text{C}$. Izrazite temperaturu u kelvinima.

Rješenje: $300,45\text{ K}$

2. Kolika je normalna tjelesna temperatura izražena u stupnjevima Fahrenheita?

Rješenje: $97,9^{\circ}\text{F}$

3. Kolika bi bila temperatura svemira izražena u stupnjevima Fahrenheita? Pronađite na internetu, odnosno provjerite da temperatura svemira, temperatura tzv. pozadinskog zračenja ostala od Velikog praska, iznosi $2,73\text{ K}$.

Rješenje: $-454,76^{\circ}\text{F}$

1.2. Toplinsko rastezanje tvari

1. Željezna šipka duljine 53 cm produljila se na 55 cm nakon što se sa sobne temperature zagrijala na 80°C . Odredite koeficijent linearnog širenja.

Rješenje: $0,00063\text{ K}^{-1}$

2. Bakrena šipka dugačka je 80 cm pri temperaturi od 15°C . Koliko je produljenje šipke pri temperaturi od 35°C ? Koeficijent linearnog širenja bakra je $1,7 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Rješenje: $2,7 \cdot 10^{-4}\text{ m}$

3. Izračunajte produljenje bakrene žice dugačke 50 m pri promjeni temperature s 12°C na 32°C . Koeficijent linearnog širenja bakra je $1,7 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Rješenje: $1,7\text{ cm}$

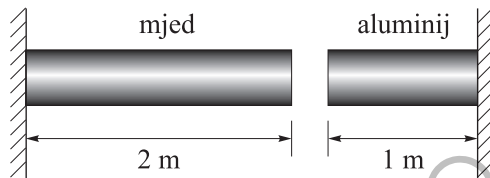
4. Zagrijavamo li metalni štap od 20°C do temperature 100°C , njegova se duljina poveća za $8,47 \cdot 10^{-4}\text{ m}$. Za koliko se duljina štapa smanji ako ga hladimo od 25°C do temperature smrzavanja vode?

Rješenje: $2,65 \cdot 10^{-4}\text{ m}$

5. Gustoća žive pri 0°C je $13\,600\text{ kgm}^{-3}$. Izračunajte gustoću žive na temperaturi od 50°C . Koeficijent volumnog širenja žive je $1,82 \cdot 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Rješenje: $13\,500\text{ kgm}^{-3}$

6. Mjedena i aluminijska šipka pričvršćene su na zid, kao što je prikazano na slici. Pri 20°C prostor između šipaka iznosi $1,2\text{ mm}$. Na kojoj će se temperaturi taj zrakoprazan prostor “zatvoriti”? Koeficijent linearnog širenja mjedi je $19 \cdot 10^{-6}\text{C}^{-1}$, a aluminijska $23 \cdot 10^{-6}\text{C}^{-1}$.



Rješenje: 100°C

7. Pri 20°C čelična kugla ima promjer $0,900\text{ cm}$. Pri istoj temperaturi promjer rupe u aluminijskoj ploči iznosi $0,899\text{ cm}$. Pri kojoj će temperaturi (istoj za kuglu i ploču) kugla proći kroz rupu? Koeficijent linearnog širenja čelika je $1,1 \cdot 10^{-5}\text{C}^{-1}$, a aluminijska $2,2 \cdot 10^{-5}\text{C}^{-1}$.

Rješenje: 121°C

8. Gustoća zlata pri 20°C iznosi $19\,300\text{ kgm}^{-3}$, a koeficijent linearnog širenja zlata je $14,3 \cdot 10^{-6}\text{C}^{-1}$. Kolika je gustoća zlata pri 90°C ?

Rješenje: $19\,200\text{ kgm}^{-3}$

1.3. Plinski zakoni

1. Pri temperaturi od 27°C plin ima obujam V . Do koje je temperature potrebno izobarno hladiti taj plin da mu se obujam smanji za 20%?

Rješenje: -33°C

2. Temperatura plina u žarulji je 20°C . Kada je žarulja upaljena, tlak plina poveća se dva puta. Kolika je tada temperatura plina?

Rješenje: 313°C

3. Plinska boca napunjena je plinom temperature 15°C pod tlakom upola manjim od tlaka pri kojem dolazi do rasprsnuća boce. Pri kojoj bi se temperaturi plina boca rasprsnula?

Rješenje: 303°C

4. Ako pri konstantnoj temperaturi plina klip u cilindru spustimo za trećinu visine cilindra, koliko će se puta povećati tlak?

Rješenje: 1,5 puta

5. Koliko se puta poveća tlak plina u balonu električne žarulje ako se nakon uključivanja temperatura plina povisi sa 15°C na 303°C ?

Rješenje: 2

6. Pri temperaturi 27°C tlak plina je p . Do koje je temperature potrebno izovolumno zagrijati plin da mu tlak bude $4p$?
- Rješenje: 1200 K
7. Pri temperaturi 227°C volumen plina je V . Do koje je temperature potrebno izobarno hladiti plin da bi mu se volumen upola smanjio?
- Rješenje: -23°C
8. U automobilskoj gumi nalazi se zrak pod tlakom od $6 \cdot 10^5\text{ Pa}$ pri 293 K . Dok se auto giba, temperatura gume se povećava na 308 K . Ako je volumen zraka konstantan, koliko se pritom povećao tlak zraka?
- Rješenje: $6,3 \cdot 10^5\text{ Pa}$
9. Koja je temperatura plina u zatvorenoj posudi ako mu se tlak poveća za $0,4\%$ pri promjeni temperature za 1 K ?
- Rješenje: 250 K
10. Jednu litru idealnog plina pri atmosferskom tlaku 1 bar i temperaturi 0°C najprije izotermno komprimiramo na volumen $0,4\text{ L}$, a zatim izohorno (uz isti volumen) zagrijemo na 100°C . Koliki će nakon toga biti tlak plina?
- Rješenje: $3,42\text{ bar}$
11. U zatvorenoj posudi nalazi se plin temperature 100°C . Na koju je temperaturu potrebno zagrijati plin da bi se tlak u posudi udvostručio?
- Rješenje: 200°C
12. U zatvorenoj posudi nalazi se idealni plin. Što će se dogoditi s tlakom plina ako mu temperaturu sa 0°C povećamo na 273°C ?
- Rješenje: Povećat će se dva puta.
13. Izobarnim se zagrijavanjem obujam plina udvostručio. Odredite konačnu temperaturu plina ako je početna temperatura bila 0°C .
- Rješenje: $273,15^{\circ}\text{C}$
14. Plin se nalazi u posudi obujma 12 L i pod tlakom od 60 kPa . Odredite tlak plina ako obujam izotermno smanjimo tri puta?
- Rješenje: $1,8\text{ MPa}$
15. Ako je početna temperatura 0°C , na koju temperaturu moramo izohorno zagrijati idealni plin kako bi se tlak plina udvostručio?
- Rješenje: 546 K

16. Pri temperaturi od 0°C volumen plina iznosi 30 L. Za koliko će se promijeniti obujam plina ako plin izobarno zagrijemo za 10 K?

Rješenje: 1,1 L

17. U zatvorenoj posudi nalazi se plin pod tlakom od 24 kPa. Koliki će biti tlak plina ako obujam posude izotermno smanjimo na jednu trećinu početnog obujma?

Rješenje: 72 kPa

18. Plin zauzima prostor volumena 50 L pri temperaturi od 60°C . Do koje temperature moramo izobarno zagrijati plin kako bi se volumen povećao za 75 %?

Rješenje: 416 K

19. U dizelskom motoru klip stlačuje zrak pri 305 K na volumen koji iznosi jednu šesnaestinu početnog volumena i na tlak koji je 48,5 puta veći od početnoga tlaka. Kolika je temperatura zraka nakon kompresije?

Rješenje: 925 K

1.4. Jednadžba stanja idealnog plina

1. Kolika je temperatura 25 mola plina zatvorenog u posudi od $0,4\text{ m}^3$ ako je izmjereni tlak na stijenke posude $0,5\text{ MPa}$?

Rješenje: 963 K

2. Koliku temperaturu ima 1,2 mola plina volumena $0,05\text{ m}^3$, pri atmosferskom tlaku?

Rješenje: 508 K

3. Odredite obujam 20 g kisika pri sobnoj temperaturi i tlaku od 1 MPa. Relativna atomska masa kisika je 16.

Rješenje: 15,2 L

4. Pri tlaku od 20 000 Pa i temperaturi od 100°C , 1 kg idealnog plina nalazi se u zatvorenoj posudi obujma 7 L. Koliki će biti tlak ako u posudu dodamo još 3 kg istog plina, a obujam i temperaturu posude smanjimo tri puta?

Rješenje: 5 000 Pa

5. Idealni plin pri temperaturi od 17°C i tlaku $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$ zauzima volumen od 3 m^3 .

a) Odredite količinu plina.

b) Ako se volumen poveća na 4 m^3 , a temperatura na 27°C , koliki će biti tlak plina?

Rješenje: a) 240 mol; b) $1,6 \cdot 10^5\text{ Pa}$

6. U spremniku volumena 1000 cm^3 nalazi se 10 g dušika pri tlaku od 2 atm. Kolika je temperatura plina?

Rješenje: 68,2 K