

8. TEMPERATURA

8.1 Kandidat naj zna definirati Kelvinovo temperaturno skalo s plinskim termometrom

Temperatura je merilo za toplotno stanje teles (mrzlo, hladno, mlačno, vroče). To je termodinamska spremenljivka. Temperatura teles se spreminja glede na okoliščine. S temperaturo se spreminjajo mnoge snovi (prostornina, barva, električni upor,...).

Ničti zakon toplote: Temperature dotikajočih se teles stremijo k izenačenju.

Posebej dovoljena enota za temperaturo v mednarodnem sistemu enot je stopinja celzija. Stopinja celzija je stoti del temperaturnega razmika med lediščem in vreliščem vode pri normalnih pogojih.

Absolutna ali Kelvinova temperaturna skala ima izhodišče pri absolutni ničli, to je pri $-273,16^{\circ}\text{C}$. Enota za merjenje temperature je Kelvin (K). Kelvin je enako velik kot stopinja celzija.

Absolutno temperaturo v Kelvinih dobimo tako, da celzijevi temperaturi prištejemo 273,16 K.

Absolutno temperaturo merijo med drugim tudi s **plinskimi** termometri. V njih se razteza plin zaradi spreminjanja temperature ali pa se plinu spreminja tlak.

Ker se plini zaradi spreminjanja temperature močno raztezajo, je stopinja na njihovi skali velika in prav zato lahko natančno izmerimo temperaturo. Vsi plini, ne glede na kemijski sestav, se enako raztezajo.

8.2 Kandidat naj zna opisati merjenje temperature s kapljevinskim in uporovnim termometrom in termočlenim

Termometer vedno kaže svojo temperaturo. Če hočemo, da bo meritev natančna in hitra, moramo uporabiti termometer, ki ima majhno toplotno kapaciteto.

V kapljevinskem termometru izkoriščamo za merjenje temperature spreminjanje prostornine kapljevine zaradi spremembe temperature. Poveča se prostornina kapljevine, ki je v njej. Ker se kapljevina bolj raztegne kot steklena bučka, se razlika prostornim pokaže kot dvig kapljevine v kapilari. Običajno uporabljamo živo srebro, alkohol,... Voda za merjenje temperature ni dobra, ker se neenakomerno razteza (anomalija vode).

Uporovi termometri so poleg termočlenov najbolj razširjeni merilniki temperature za industrijske in laboratorijske namene.

Za kovine velja, da se njihova električna upornost povečuje sorazmerno z naraščajočo temperaturo v širokem temperaturnem območju. Količnik med relativno spremembo upornosti in temperaturno spremembo imenujemo *temperaturni koeficient upornosti*. Pri uporovnih termometrih je žica iz prevodnika (kovina) navita na neprevodni nosilec ali pa je prevodnik nanesen na podlago v obliki tanke plasti.

Kovina mora imeti:

- visok temperaturni koeficient upornosti
- visoko temperaturo tališča,

- stabilne fizikalne lastnosti,
- veliko odpornost proti koroziji,
- gladko funkcijsko odvisnost upornosti od temperature brez histereze,
- voljnost in mehansko odpornost.

Običajno uporabljajo le čiste kovine (platino, nikelj in baker). Termometri s platino so zaradi ugodnih lastnosti najbolj razširjeni, nikelj in baker pa uporabljamo za merjenje nižjih temperatur.

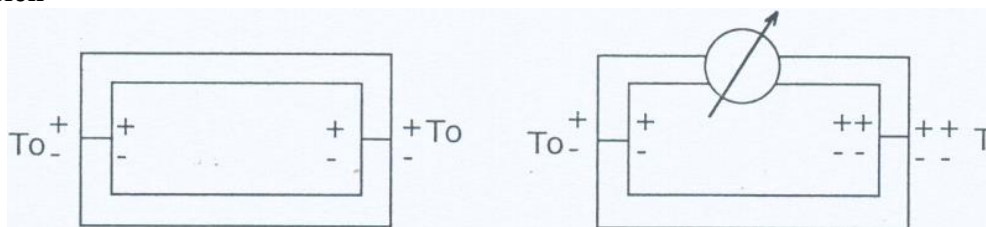
Temperaturo merimo tako, da priključimo termometer na neko napetost in merimo tok. Ta ne sme biti prevelik, da uporabne žice znatno ne segrevamo.

Platina -220 do +850°C

Nikelj -80 do +250°C

Baker -100 do +100°C

Termočlen



Pri stiku različnih snovi se nekaj elektronov preseli z ene snovi na drugo. Ta preselitev elektronov povzroči, da se med staknjenima kovinama pojavi napetost, imenujemo jo kontaktna napetost. Ta je odvisna od temperature, v splošnem s temperaturo narašča.

Če spojimo različni kovini, sta kontaktni napetosti v obeh spojiščih enaki, če je temperatura spojnih mest ista. Ker si nastali kontaktni napetosti nasprotujeta, skozi zaključeni tokokrog tok ne teče. Drugače je, če eno spojišče segrejemo. Razlika kontaktnih napetosti toplejšega spojišča se imenuje *termoelektrična napetost*. Termoelektrična napetost požene skozi zaključeni tokovni krog električni tok, ki ga izmerimo z občutljivim galvanometrom. Meritev pokaže, da je termoelektrična napetost sorazmerna razliki temperatur obeh spojišč:

$$U = \alpha \cdot (T - T_0)$$

Vrednost sorazmerne konstante α je odvisna od vrste spojenih kovin ter v splošnem tudi od temperaturne razlike.

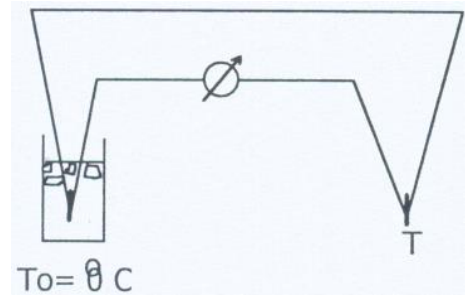
Termoelektrična napetost:

temp. spojenega mesta	par	termonapetost (mV)
100°C	Pt-Pt z 10% rodija	0,64
	železo-konstantan	5
	baker-konstantan	4
500°C	Pt- Pt z 10% rodija	4,22
	železo-konstantan	27

Temperatura drugega spojnega mesta je 0°C.

Termoelektrična napetost je pri običajnih temperaturnih razlikah premajhna, da bi jo uporabljali kot napetostni izvir. Lahko pa z njeno pomočjo merimo temperaturo. Te vrste termometer imenujemo **termočlen** ali termoelement.

Temperatura enega spojišča je stalna T_0 (npr. temperatura talečega se ledu). Drugo stičišče je na mestu, kjer merimo temperaturo. Razliko temperatur obeh stičišč izmerimo tako, da izmerimo termoelektrični tok, ki ga po zaključenem električnem krogu poganja termoelektrična napetost. Ker ima stičišče majhno toplotno kapaciteto, z lahkoto sledi morebitnim naglim spremembam temperature.



8.3 Kandidat naj zna definirati in uporabiti linearno in prostorninsko razteznost

Sprememba temperature povzroči spremembo prostornine telesa. Trdnim telesom se spremenijo linearne dimenzije: dolžina, širina in višina.

Linearno raztezanje teles:

Sprememba dolžine telesa je sorazmerna s temperaturno razliko in prvotno dolžino, odvisna pa je tudi od vrste snovi, iz katere je opazovano telo. Raztezek izračunamo z enačbo:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T$$

Sorazmernostni koeficient α imenujemo *dolžinska temperaturna razteznost*. To je število, katerega vrednost je odvisna od vrste snovi. α pove, kolikšen je raztezek 1 m dolge palice iz dane snovi, če jo segrejemo za 1 K.

Za jeklo: $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}/\text{K}$

Enačbo zapišemo tudi: $\frac{\Delta l}{l} = \alpha \cdot \Delta T$. *Relativni raztezek palice je sorazmeren s spremembo temperature*. V tabelah najdemo za α srednjo vrednost za dani temperaturni interval, saj velja $\alpha = \alpha(T)$.

Prostorninsko raztezanje snovi:

Telesu, ki ga segrevamo, se spremeni prostornina. Sprememba prostornine je sorazmerna s temperaturno spremembo in s prvotno prostornino: $\Delta V = \beta \cdot V \cdot \Delta T$ ali $\frac{\Delta V}{V} = \beta \cdot \Delta T$.

Relativna sprememba prostornine je sorazmerna s spremembo temperature. Enačba velja za trdne snovi, kapljevine in pline. Sorazmernostni koeficient β je *prostorninska temperaturna razteznost* snovi. Tudi ta koeficient je nekoliko odvisen od temperature: $\beta = \beta(T)$. Primer: anomalija vode.

Za trdne snovi velja: $\beta = 3\alpha$

Plini: če imamo opravka s plinom pri 0°C , je za segrevanje pri stalnem tlaku $\beta = 1/273\text{K}^{-1}$.

Za poljubno temperaturo pa velja: $\beta = \frac{1}{T}$, kjer je T absolutna temperatura plina.

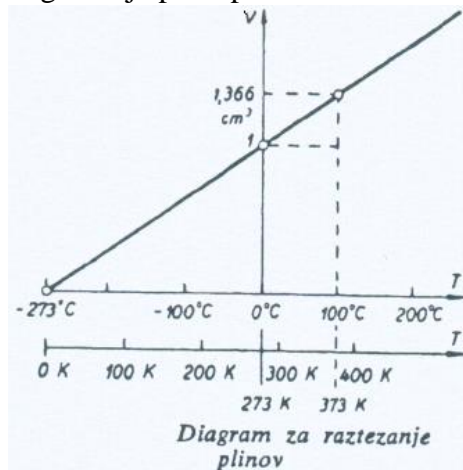
Za plin pri stalnem tlaku lahko zapišemo tudi: $V = V_0 + \Delta V = V_0 + \beta V_0 \Delta T = V_0(1 + \beta \Delta T)$ kjer je V_0 začetna prostornina.

S segrevanjem snovi se spreminja tudi njena gostota. Vzemimo, da je $\rho_0 = \frac{m}{V_0}$. Po segrevanju

$$\text{je gostota: } \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0 + \Delta V} = \frac{m}{V_0 + V_0 \beta \Delta T} = \frac{m}{V_0(1 + \beta \Delta T)} = \frac{\rho_0}{1 + \beta \Delta T}$$

8.4 Kandidat naj zna zapisati plinsko enačbo in jo uporabiti pri termodinamičnih spremembah plina: - pri stalni temperaturi (Boylev zakon), - pri stalnem tlaku, - pri stalni prostornini

Segrevanje plina pri stalnem tlaku:



Iz grafa razberemo, da se prostornina plina pri stalnem tlaku linearno spreminja s temperaturo. Če bi plin dovolj ohladili, bi imel prostornino nič. Temperaturo, pri kateri se bi to zgodilo, imenujemo **absolutna ničla**. To je temperatura, v kateri ima izhodišče Kelvinova ali absolutna temperaturna lestvica.

Izhodišče koordinatnega sistema postavimo v absolutno ničlo. Tedaj smemo reči:

Prostornina plina je pri stalnem tlaku sorazmerna z njegovo absolutno temperaturo (Guy Lussacov zakon).

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

Če ima plin pri temperaturi T_0 prostornino V_0 , pri temperaturi T pa prostornino V , tlak pa se ni spremenil, velja: $\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0}$. Običajno indeks nič pomeni normalne pogoje.

V splošnem je prostornina plina V odvisna od tlaka p in temperature T . Če se spremeni ena od teh treh termodinamskih količin, se spremenita tudi ostali dve. Zvezo med začetnim stanjem plina, ki je določeno s spremenljivkami p_0 , V_0 in T_0 in končnim stanjem, ki je določeno s spremenljivkami p , V in T dobimo v dveh korakih:

stanje $(p_0, V_0, T_0) \rightarrow$ stanje $(p, V', T_0) \rightarrow (p, V, T)$

1. plin izotermno stisnemo, velja Boylev zakon

za prvi korak velja $p_0 \cdot V_0 = p \cdot V'$ Odtod izrazimo V' .

2. plin segrejemo pri stalnem tlaku, velja Guy Lussacov zakon

$$\text{Velja: } \frac{V'}{T_0} = \frac{V}{T}$$

$$\text{Za } V' \text{ vstavimo prejšnji izraz in preuredimo: } \frac{p \cdot V}{T} = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} \quad (*)$$

Enačba, ki jo dobimo, je enačba *plinskega stanja* ali *splošna plinska enačba*.

Če obe strani enačbe delimo z maso plina in upoštevamo definicijo gostote, sledi:

$$\frac{p}{\rho \cdot T} = \frac{p_0}{\rho_0 \cdot T_0} \quad (**)$$

Iz enačbe (*) izrazimo prostornino plina $V = V_0 \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0}$

Prostornina plina je premo sorazmerna z absolutno temperaturo in obratno sorazmerna s tlakom.

V primeru, da se spremeni tudi masa plina (od m_0 na m): $V = V_0 \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{m}{m_0}$

Iz enačbe (**) izrazimo gostoto: $\rho = \rho_0 \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}$

Gostota plina je sorazmerna s tlakom in obratno sorazmerna z absolutno temperaturo plina.

Prostornina kilomola plina je pri normalnih pogojih (0°C; 1,013 bar): $V_0 = 22,4 \text{ m}^3$.

Vrednost izraza za 1 kmol plina: $\frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} = 8300 \text{ J/K kmol} = R$ je konstantna. Kkonstanto

imenujemo *splošna plinska konstanta*. Prostornina n kilomolov plina je pri normalnih pogojih $n = m/M$ krat večja. Zapišemo $\frac{p \cdot V}{R} = n \cdot T$ ali $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$. Uporabna oblika plinske

enačbe: $p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$.

Če delimo obe strani enačbe z maso plina, sledi: $\frac{p}{\rho} = \frac{R \cdot T}{M}$.

Stanja plina pri različnih pogojih predstavimo v grafu $p(V)$ z izotermami:

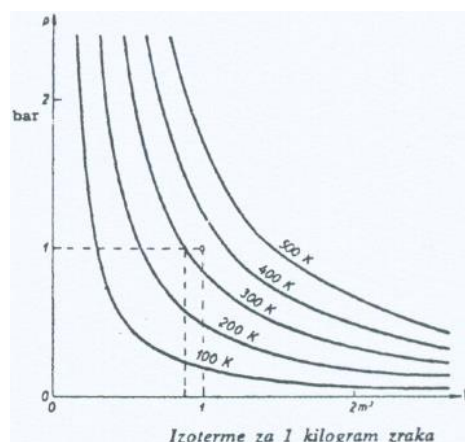
V plinski enačbi so vsebovani vsi trije plinski zakoni:

1. Boylov zakon $p \cdot V = \text{konst. pri } T = \text{konst.}$

2. Guy Lussacov zakon $V/T = \text{konst. pri } p = \text{konst.}$

3. Amontonsov zakon $p/T = \text{konst. pri } V = \text{konst.}$

Tlak plina je pri stalni prostornini sorazmeren z absolutno temperaturo.



Zmes plinov – Daltonov zakon

Tudi za zmes plinov velja plinska enačba, le da moramo za tlak zmesi vzeti: $p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$, pri čemer so p_i delni ali parcialni tlaki posameznih sestavin zmesi.

Delni ali parcialni tlak sestavine v plinski zmesi je tlak, ki bi ga sestavina imela sama, če bi zasedala vso prostornino, ki jo zaseda zmes.

Tudi gostoto zmesi lahko izrazimo kot vsoto delnih ali parcialnih gostot sestavin:

$$\rho = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \dots$$