

pričom konštanta úmernosti k je určená vzorcom

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (3)$$

a nazýva sa koeficient prechodu tepla stenou.

Je zrejmé, že keby sa stena skladala z niekoľkých pevných vrstiev, bol by správny vzorec

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{d_k}{\lambda_k} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4)$$

V sústave SI sa koeficient prechodu tepla vyjadruje v $\text{cal/m}^2 \text{ s} \cdot \text{deg}$, avšak v technickej praxi obyčajne v $\text{kcal/m}^2\text{h} \cdot \text{deg} = \frac{1}{3,6} \text{cal/m}^2 \text{ s} \cdot \text{deg}$.

Úloha 1. Vypočítame hustotu tepelného toku znútra miestnosti, kde je teplota $t_1 = 20^\circ\text{C}$, do vonkajšieho priestoru s teplotou -20°C , cez tehlovú stenu hrúbky $d_1 = 36 \text{ cm}$, s betónovým obložením hrúbky $d_2 = 13 \text{ cm}$, keď priemerná tepelná vodivosť tehál je $\lambda_1 = 0,4$, betónu $\lambda_2 = 0,95 \text{ kcal/mh} \cdot \text{deg}$ a koeficienty prestupu tepla sú: vo vnútri miestnosti $\alpha_1 = 5$ a na vonkajšej strane (v dôsledku voľného prúdenia vzduchu) $\alpha_2 = 15 \text{ kcal/m}^2\text{h} \cdot \text{deg}$.

Riešenie: Koeficient prechodu k je určený rovnicou

$$\frac{1}{k} = \left(\frac{1}{5} + \frac{0,36}{0,4} + \frac{0,13}{0,95} + \frac{1}{15} \right) = 1,304 \frac{\text{m}^2\text{h} \cdot \text{deg}}{\text{kcal}}$$

takže

$$k = \frac{1}{1,304} \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h} \cdot \text{deg}} = 0,767 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h} \cdot \text{deg}}$$

Pre hustotu prechodu tepla dostávame teda:

$$i = k(t_1 - t_2) = 0,767 \cdot 40 = 30,7 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}}$$

11.5. Zdroje tepla. Prirodzeným a veľmi mohutným zdrojom skoro všetkej energie, ktorá udržuje teplotu zemského povrchu na jej dnešnej priemernej výške, je Slnko. Slnko zo svojho povrchu vysiela stále ohromnú energiu v podobe žiarenia. Intenzita tohto žiarenia v priemernej vzdialenosti Zeme od Slnka je tzv. *solárna konštanta*, pre ktorú Abbot a Fowle (1912) podľa svojich meraní našli hodnotu $s = 1,93 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}^2$. Teplo, ktoré v skutočnosti dopadá na zemský povrch, je však asi o 40 % menšie v dôsledku absorpcie v ovzduší. Podľa toho celý povrch Zeme prijíma od Slnka za každú minútu asi $2,5 \cdot 10^{18} \text{ cal}$, pričom je to — vzhľadom na veľkú vzdialenosť Zeme od Slnka — len veľmi malé percento slnečného žiarenia, vysiellaného na všetky strany do svetového priestoru.

Prírodovedcov vždy veľmi zaujímala otázka, z čoho vzniká toto úžasné množstvo energie, ktoré Slnko v podobe tepelného a svetelného žiarenia stále zo seba vydáva. Ukázalo sa, že pôvodná Helmholtzova domnienka, podľa ktorej táto energia vzniká z gravitačnej energie pri pozvoľnom zmrašťovaní sa Slnka, na vysvetlenie nestačí, hoci aspoň časť ustavičného úbytku slnečnej energie môže byť zrejme týmto spôsobom krytá. Podľa neskorších teórií sa v Slnku, vo vnútri ktorého sú celkom iné podmienky ako na Zemi, ustavične uvoľňuje energia pri prirodzených rádioaktívnych rozpadoch prvkov na Zemi neznámych. Podľa dnešných našich fyzikálnych vedomostí však súdime, že tepelná energia Slnka má skôr svoj pôvod vo vzniku prvkov väčšej atómovej tiaže z prvkov ľahších, pričom atómová tiaž prvku nového sa nerovná súčtu atómových tiaží prvkov súčasne zanikajúcich, takže úbytok na hmote Δm , podľa Einsteinovho *princípu ekvivalencie hmotnosti a energie*, je spojený s uvoľnením energie $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$, kde c je rýchlosť svetla vo vákuu. Najpravdepodobnejšou takouto reakciou na Slnku je vznik hélia z vodíka. Týmto procesom zodpovedajú na Zemi štiepne procesy jadier ťažkých prirodzených alebo umelých prvkov a tzv. *termonukleárne reakcie*.

Aj naša Zem má svoje vlastné tepelné zdroje, o čom svedčí napríklad aj stúpanie teploty s hĺbkou pod zemským povrchom. Na povrchu Zeme účinkom slnečného žiarenia mení sa teplota periodicky, pričom periódy sú deň a rok. Ale v hĺbke asi 20 m pod zemským povrchom je už stála teplota asi 12 °C, ktorá sa na každých ďalších 31 m hĺbky zväčšuje spočiatku vždy o 1 °C. Veľmi hlboko pod zemským povrchom treba preto predpokladať teplotu až niekoľko tisíc stupňov, čo nemožno vysvetliť len tým, že vnútro Zeme ešte natoľko nevychladlo ako jej povrch.

Na zemskom povrchu po slnečnom žiarení pre prax najdôležitejšími zdrojmi tepla sú niektoré chemické reakcie, medzi nimi najmä *spaľovanie*. Z tejto stránky látky schopné spaľovania charakterizujeme tzv. *spalným teplom*, ktoré sa získa dokonalým zhorením 1 kg paliva pri stálom tlaku, pričom predpokladáme, že produkty horenia boli ochladené na pôvodnú teplotu. Spalné teplo sa určuje pomocou tzv. *spaľovacej kalorimetrickej bomby*. Je to oceľová nádoba, ktorej vnútorné steny sú vyložené platinou alebo porcelánom. Do bomby sa vloží odvážené množstvo paliva a po uzavretí sa napustí do nej dostatočné množstvo kyslíka, aby sa palivo mohlo dokonale spáliť. Bomba sa potom vloží do vodného kalorimetra a palivo sa v nej zapáli pomocou elektrického prúdu.

Keď palivo obsahuje vodík, jeho zhorením vznikne vodná para, ktorá pri ochladzovaní spalných produktov kondenzuje a uvoľňuje pritom latentné teplo tejto svojej skupenskej premeny, asi 600 kcal/kg. Toto latentné teplo je vždy súčasťou spalného tepla určovaného kalorimetricky. Pri praktickom používaní paliva vodná para odchádza však spolu s inými plynými spodinami horenia komínom, takže sa jej skupenské teplo kondenzácie nevyužije. Výhrevnosť takéhoto paliva je preto menšia ako jeho spalné teplo. Keď naopak obsahuje palivo vodu, časť spalného tepla sa spotrebuje na jej odparenie a aj o toto teplo je výhrevnosť paliva menšia ako jeho spalné teplo. Podľa

Tabuľka 11.2

Spalné teplo a výhrevnosť niektorých látok v kcal/kg

Palivo	Spalné teplo	Výhrevnosť
Vodík	34 200	28 800
Metán	13 200	11 850
Petrolej	11 000	10 600
Benzín	11 000	10 200
Benzén	9 980	9 600
Svietiplyn	9 500	8 500
Antracit	7 500	7 370
Koks	7 400	7 330
Etylalkohol	7 100	6 400
Čierne uhlie	7 000	6 800
Hnedé uhlie	4 400	4 100
Suché drevo	4 200	4 160

toho výhrevnosť paliva sa rovná jeho spalnému teplu, len ak palivo neobsahuje ani vodík, ani vodu, ako to dosvedčujú údaje v *tabuľke 11.2*.

Úlohy na cvičenie

1. Do 630 g vody v kalorimetri, ktorého tepelná kapacita sa môže zanedbať, s teplotou 50 °C sa vložilo 70 g ľadu s teplotou 0 °C. Aké je skupenské teplo topenia ľadu, keď výsledná teplota je 37 °C? (80 cal/g)

2. Aby sme zistili merné teplo zinku, zohrejeme kus zinku s hmotnosťou $m = 235,6$ g na teplotu $t_1 = 99,3$ °C a vložíme ho do mosadzného kalorimetra s vodou. Merné teplo mosadze je $c_1 = 0,093$ cal/g °C, hmotnosť vnútornej nádoby kalorimetra s miešačkou $m_1 = 100$ g, hmotnosť vody $m_2 = 209,3$ g. Aké je merné teplo zinku, keď začiatková teplota vody bola $t_0 = 20,5$ °C a po vložení zinku sa zväčšila na $t = 27,6$ °C. ($c = 0,092$ cal/g °C)

3. Dve dosky, jedna medená hrúbky $b_1 = 6$ mm a železná hrúbky $b_2 = 4$ mm sú zložené na dotyk. Aká má byť tepelná vodivosť jednoduchej rovnorodej dosky hrúbky $b = 10$ mm, aby viedla teplo rovnako ako tieto dve dosky, keď tepelná vodivosť medi je $\lambda_1 = 0,92$ cal/cms deg a železa $\lambda_2 = 0,14$ cal/cms deg?

$$\left(d = \frac{b\lambda_1\lambda_2}{b_1\lambda_2 + b_2\lambda_1} = 0,285 \text{ cal/cms deg} \right)$$

4. Vypočítajte množstvo tepla, ktoré za ustáleného tepelného toku prejde za čas τ plášťom dutého medeného valca s koeficientom tepelnej vodivosti λ , keď rozdiel teplôt vnútornej a vonkajšej steny valca je Δt !

$$\left(Q = 2\pi l \tau \lambda \frac{\Delta t}{\ln r_2 - \ln r_1} \right)$$

5. Vnútrotný povrch rovnorodej dutej gule s polormi r_1 a $r_2 > r_1$ má teplotu t_1 , vonkajšiu teplotu t_2 . Odvodte závislosť teploty od polomeru r !

$$\left[t = t_1 - (t_1 - t_2) \frac{r - r_1}{r_2 - r_1} \cdot \frac{r_2}{r} \right]$$

12. TERMODYNAMIKA

12.1. Sústava látok. Hovoríme, že jedna alebo niekoľko látok (liatina, riečna voda, chlorid draselný) tvoria sústavu látok. Kvalitatívne je sústava určená druhom sústavu skladajúcich látok, kvantitatívne ich druhom a množstvom. Všetky *zložky* (komponenty) sústavu skladajúce môžu byť v tom istom ohraničenom objeme, alebo v niekoľkých takýchto objemoch. V ďalších úvahách, pokiaľ na to výslovne neupozorníme, budeme predpokladať, že všetky zložky sústavu skladajúce sú v jedinom ohraničenom objeme.

Sústava látok môže byť hmotným prostredím *rovnorodým* (*homogénnym*) alebo *nerovnorodým* (*heterogénnym*). Hmotné prostredie nazývame *homogénnym*, keď sa vo všetkých svojich objemových elementoch vyznačuje tými istými vlastnosťami, alebo keď sa aspoň tieto od miesta k miestu spojite menia. Inakšie hovoríme, že hmotné prostredie je *heterogénne*. Homogénnu časť hmotného prostredia, ktoré ako celok je nehomogénne, nazývame *fázou*. Jednotlivé fázy heterogénnej sústavy látok sú od seba oddelené plochami. Pri prechode týmito plochami sa vlastnosti prudko menia.

Vlastnosti sústavy látok delíme na *extenzívne* (*množstvá*) a *intenzívne* (*intenzity*). Vlastnosť sústavy nazývame *extenzívnou*, keď ju dve identické sústavy, považované za jeden celok, vykazujú v hodnote dvojnásobnej (objem, hmota, tepelná kapacita atď.). Hovoríme naopak, že vlastnosť je *intenzívna*, keď ju dve identické sústavy, pokladané za jeden celok, vykazujú v hodnote nezmenenej (merná hmotnosť homogénnej sústavy, teplota a pod.).

Daná sústava látok môže byť pri určitých vonkajších podmienkach (objem, vonkajšie silové polia) v najrozličnejších *stavoch*, charakterizovaných určitými vlastnosťami. Keď je však daný určitý počet vlastností sústavy, sú tým už dané všetky ostatné. Súhrn tých vlastností sústavy, z ktorých vyplývajú jednoznačne všetky ostatné, voláme súhrnom *stavových veličín*. Počet stavových veličín potrebný na úplné určenie stavu sústavy je obyčajne malý.

Veľmi často stav sústavy, ktorá sa nachodí celá v jednom ohraničenom objeme, je úplne určený teplotou T a tlakom p , alebo teplotou T a objemom V , alebo tlakom p a objemom V . Matematický vzťah medzi týmito veličinami, ak jestvuje, nazývame *stavovou rovnicou sústavy*. Táto môže byť daná explicitne alebo implicitne. Pokiaľ však príslušné parciálne derivácie v danej sústave a pri danom jej stave sú fyzikálne určené, je vždy