

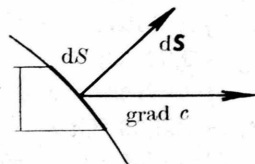
$$\mathbf{h} = -D \frac{dc}{dx} \mathbf{i}$$

Vektor \mathbf{h} sa nazýva *vektor hustoty difúzneho toku*. Keďže vektor $\frac{dc}{dx} \mathbf{i}$ má význam gradientu koncentrácie (v smeroch kolmých na os X sa v našom prípade koncentrácia s miestom nemení), môžeme napísať aj

$$\mathbf{h} = -D \text{grad } c \quad (1)$$

Vzorec 1 vyjadruje 1. Fickov difúzny zákon.

Majme teraz na mysli roztok, v ktorom je vo zvolenom okamihu koncentrácia ľubovoľnou funkciou polohy bodu v priestore. V roztoku si predstavme uzavretú plochu S , vzhľadom na steny nádoby nehybnú. Jej plošný element nech je dS a príslušný, na vonkajšiu stranu plochy orientovaný plošný vektor $d\mathbf{S}$. Nad plošným elementom dS zostrojme valec s povrchovými priamkami rovnobežnými s vektormi \mathbf{h} a $\text{grad } c$ (obr. 10.8). Z významu vektora \mathbf{h} vyplýva, že cez plošný element dS za jednotku času prejde do vnútra uzavretej plochy počet grammolekúl



Obr. 10.8

$$dn = -\mathbf{h} \cdot d\mathbf{S}$$

teda celou plochou prejde počet

$$n = -\oint \mathbf{h} \cdot d\mathbf{S} = -\int (\text{div } \mathbf{h}) d\tau = \int D(\text{div grad } c) d\tau = \int (D\Delta c) d\tau$$

ak $d\tau$ je objemový element. Súčasne však platí:

$$n = \int \frac{\partial c}{\partial t} d\tau$$

Zo zrovnania obidvoch vyjadrení počtu n vyplýva diferenciálna rovnica

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D\Delta c \quad (2)$$

Vyjadruje 2. Fickov zákon difúzie.

10.11. Praktické meranie teploty. Pre fyzikálne účely sa zo všetkých používaných stupníc na meranie teplôt najlepšie hodí *stupnica Kelvinova* a *stupnica Celziova*. Ak Kelvinova teplota bodu mrazu vody je T_0 , tomu istému tepel-

nému stavu zopovedajúca Kelvinova teplota T a plynová teplota Celziová t súvisia spolu podľa vzťahu $T = T_0 + t$.

Meranie teploty v týchto stupniciach je však zložité. Preto sa pre praktické meranie teplôt používa tzv. *normálna stupnica teploty*, definovaná tak, aby sa od plynovej stupnice Celziovej líšila čo najmenej. Bola definovaná pomocou určitého počtu ľahko a spoľahlivo reprodukovateľných tepelných stavov, ktorým zodpovedajúca a o tepelnú rozpínanosť zriedených plynov opretá Celziová teplota bola veľmi dôkladne zmeraná, a pomocou potrebného počtu metód a vzorcov na výpočet meraných teplôt.

Základné teploty normálnej stupnice teplôt sú (všetky za tlaku 1 atm):

- a) teplota rovnováhy medzi kvapalným a plynným kyslíkom (*bod kyslíka*),
 $t_1 = -182,97 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- b) teplota rovnováhy medzi ľadom a vodou nasýtenou vzduchom (*bod ľadu*),
 $t_2 = 0,00 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- c) teplota rovnováhy medzi vodou a vodnou parou (*bod vodnej pary*),
 $t_3 = 100,00 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- d) teplota rovnováhy medzi tekutou sírou a jej parou (*bod síry*),
 $t_4 = 444,60 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- e) teplota rovnováhy medzi pevným a tekutým antimónom (*bod antimónu*),
 $t_5 = 630,50 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- f) teplota rovnováhy medzi pevným a tekutým striebrom (*bod striebra*),
 $t_6 = 960,50 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- g) teplota rovnováhy medzi pevným a tekutým zlatom (*bod zlata*), $t_7 = 1\,063,00 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Medzi teplotami $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $630 \text{ } ^\circ\text{C}$ sa teplota t v normálnej stupnici určuje pomocou závislosti elektrického odporu R_t platiny od teploty vyjadrenej vzorcom

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

pričom konštanty R_0 , A a B treba určiť zmeraním odporu R_t pri bode ľadu, vodnej pary a síry.

Medzi teplotami $-190 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ sa teplota t určuje tiež pomocou závislosti elektrického odporu R_t platiny od teploty, používa sa však vzorec

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2 + Ct^3)$$

v ktorom sa konštanty C určí zmeraním odporu R_t aj pri bode kyslíka.

Medzi teplotami $630 \text{ } ^\circ\text{C}$ a bodom zlata sa teplota t určuje pomocou elektromotorickej sily E_t platina — platinaródiového termočlánku $\text{Pt}/(90 \text{ } \% \text{ Pt} +$

+ 10 % Rh), ktorého jeden spoj sa udržiava na konštantnej teplote 0 °C. Meraná teplota t sa určuje podľa vzorca

$$E_t = a + bt + ct^2$$

v ktorom konštanty a , b a c sa určia zmeraním ems. termočlánku pri bode tuhnutia antimónu (630,5 °C), striebra a zlata. †

Na teploty nižšie ako -190 °C sa normálna stupnica teploty nevzťahuje.

Avšak meranie teplôt aj podľa predpisov normálnej stupnice by často bolo veľmi nepohodlné a nie vždy dost presné. Na meranie teploty sa preto v praxi používajú teploměry založené na rôznych princípoch, ktorých konštrukcia a materiál sú určené požadovaným rozsahom a presnosťou a ktorých údaje sa pri výrobe, prípadne aj pri používaní kontrolujú a opravujú pomocou medzinárodne záväznej normálnej stupnice.

10.12. Teplotná rozťažnosť pevných a kvapalných látok. Z obsahu čl. 10.1 je zrejmé, že vo všeobecnosti lineárne s teplotou sa mení len tá vlastnosť telesa, skupiny telies alebo látky, ktorá bola zvolená za podklad pre lineárnu interpoláciu medzi základnými teplotami príslušnej stupnice. Ako už vieme, vo fyzikálnej a technickej praxi sa pri presných meraniach používa tzv. normálna stupnica teploty, v ktorej sa interpolácia medzi základnými teplotami robí v podstate pomocou Kelvinovej plynovej teploty, ktorá je v ideálnom prípade totožná s Kelvinovou teplotou termodynamickou. V dôsledku toho sa, prísne vzaté, ani jedna vlastnosť telies alebo látok nemení s teplotou lineárne, a ak nás takáto závislosť zaujíma, musíme ju odvodiť vhodnou úvahou teoretickou, alebo ju hľadať experimentálne.

Z meraní vyplýva, že dĺžkové rozmery pevných telies závisia od teploty sčôsbom len málo odlišným od závislosti lineárnej. Preto, ak dĺžka nejakej pevnej tyče pri teplote 0 °C je l_0 , pre jej dĺžku pri nie veľmi vysokej teplote t môžeme v prvom priblížení písať:

$$l = l_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

kde α je koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti, definovaný vzorcom

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{dl}{dt} \quad (2)$$

a l_0 dĺžka tyče pri teplote 0 °C.

Pri väčších rozdieloch teplôt však zisťujeme, že dĺžkové rozmery telies závisia od teploty zložitejším spôsobom. Presnejšie ako vzorec (1) vyjadrujú