

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz



Nauka o teple

Tepelný stav

Teplota látky je stanovena její tepelnou energií, která se projevuje pohybem molekul. Molekuly tuhých látek a kapalných látek vykonávají větší nebo menší kmity. Molekuly tuhých látek mohou kmitat kolem definované polohy, dané strukturou pevné látky. Molekuly kapalin a plynů nejsou ve svém pohybu vázány žádnou pevnou strukturou a mohou se pohybovat relativně vysokými rychlostmi (až 1 km/s). Na teplotě závisí řada důležitých fyzikálních vlastností:

- objem těles.
- skupenství látky. Každá látka v kapalném nebo plynném stavu má vyšší teplotu než ve stavu tuhém.
- některé materiálové konstanty, jako na příklad měrný elektrický odpor, rychlost šíření zvuku, měrné teplo, pružnost, permeabilita apod.

Jestliže má dojít ke změně teploty tělesa, pak tělesu musíme dodat nebo mu musíme odebrat část tepelné energie.

Tepelná energie

Tepelná energie se měří v J (Joule). Dříve se měřila v kaloriích (cal, případně kcal). V elektrotechnice se používá elektrický ekvivalent tepla v kWh. Mechanický ekvivalent tepla používal vyjádření kpm.

Zde jsou uvedeny přepočty:

$$1 \text{ [J]} = 0,239 \text{ [cal]} = 2,39 \cdot 10^{-4} \text{ [kcal]}$$

$$1 \text{ [cal]} = 4,1868 \text{ [J]}$$

$$1 \text{ [J]} = 1 \text{ [Ws]} = 1 \text{ [Nm]} = 0,102 \text{ [kpm]}$$

$$1 \text{ [kWh]} = 860 \text{ [kcal]} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ [J]} = 3600 \text{ [kJ]} = 3,6 \text{ [MJ]}$$

$$1 \text{ [J]} = 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ [kWh]}$$

$$1 \text{ [kWh]} = 3,67 \cdot 10^5 \text{ [kpm]}$$

$$1 \text{ [Nm]} = 0,102 \text{ [kpm]}$$

$$1 \text{ [kpm]} = 9,81 \text{ [Nm]}$$

$$1 \text{ [cal]} = 0,427 \text{ [kpm]}$$

Měření teploty

Teplota je základní veličinou pro určení vnitřní pohybové energie látky. Měří se ve stupních Kelvina [K] nebo ve stupních Celsia [°C].

Někdy ve staré, případně zahraniční literatuře se ještě vyskytují stupně Fahrenheita [°F], případně stupně Reaumura [°R]. Přepočty jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Stupeň Celsiovy stupnice je shodný se stupněm Kelvinovy stupnice. Rozdíl je však v počátku měrné soustavy. Celsiova stupnice bere za nulovou hodnotu teplotu rovnovážného stavu směsi voda - led (při normálním atmosférickém tlaku). Vývoje mladší Kelvinova stupnice počíná stavem absolutního klidu částic v látce.

$$T \text{ [K]} - 273,15 = t \text{ [°C]}$$

$$0 \text{ [K]} = -273,15 \text{ [°C]}$$

$$100 \text{ [K]} = -173,15 \text{ [°C]}$$

Příklad: 15 [K] = ? °C

$$15 \text{ [K]} - 273,15 = -258,15 \text{ [°C]}$$

$$0 \text{ [°C]} = 273,15 \text{ [K]}$$

$$100 \text{ [°C]} = 373,15 \text{ [K]}$$

Příklad: 7,5 [°C] = ? [K]

$$7,5 \text{ [°C]} + 273,15 = 280,65 \text{ [K]}$$

Stupnice Fahrenheitova a Reaumurova mají odlišný jak začátek stupnice, tak velikost stupně.

Převod mezi stupnicemi Fahrenheita a Celsia:

$$Y \text{ [°F]} = (X \text{ [°C]} \cdot 1,8) + 32 \qquad X \text{ [°C]} = (Y \text{ [°F]} - 32)/1,8$$

$$(20 \text{ [°C]} \cdot 1,8) + 32 = 68 \text{ [°F]}$$

$$100 \text{ [°C]} = 212 \text{ [°F]}$$

$$100 \text{ [°F]} = 37,78 \text{ [°C]}$$

$$0 \text{ [°C]} = 32 \text{ [°F]}$$

$$0 \text{ [°F]} = -17,78 \text{ [°C]}$$

Převod mezi stupnicemi Reaumura a Celsia:

$$Y \text{ [°R]} = 0,8 \cdot X \text{ [°C]}$$

$$X \text{ [°C]} = 1,25 \cdot Y \text{ [°R]}$$

$$20 \text{ [°C]} = 16 \text{ [°R]}$$

Poznámka: Při výpočtu rozdílu teplot je lhostejné, zda jsou teploty ve °C nebo v K.

$$\Delta T = (T_2 - T_1) \text{ [K]} = \Delta t = (t_2 - t_1) \text{ [°C]}$$

Tepelný obsah, tepelná kapacita

Tepelným obsahem (teplem) Q_0 [J] rozumíme tepelnou energii, kterou obsahuje těleso o hmotnosti m [kg] a teplotě t [°] od počátku soustavy.

Při teplotě $t > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je tepelný obsah kladný, při teplotě $t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je tepelný obsah záporný. Pro teplotu $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je $Q_0 = 0$. Z toho vyplývá, že v Celsiově stupnici může být tepelný obsah kladný i záporný. V Kelvinově stupnici pak pouze kladný.

$$Q_0 = c_p \cdot m \cdot t \quad [\text{J}; \text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}, \text{kg}, \text{K}] \text{ nebo } [\text{kcal}; \text{kcal}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}, \text{kg}, ^{\circ}\text{C}]$$

$$c_p - \text{měrné teplo } [\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}] \text{ nebo } [\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}]$$

$$m - \text{hmotnost tělesa } [\text{kg}]$$

Tepelná kapacita C [J/K] nebo [kcal/°C] je množství tepla, které je potřeba na ohřátí tělesa o 1 [K] nebo o 1 [°C].

Množství tepla potřebné na ohřátí tělesa:

$$Q_0 = c_p \cdot m \cdot t \quad [\text{J}; \text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}, \text{kg}, \text{K}] \text{ nebo } [\text{kcal}; \text{kcal}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}, \text{kg}, ^{\circ}\text{C}]$$

$$1 \text{ J} = 2,389 \cdot 10^{-4} \quad [\text{kcal}]$$

Tabulka hodnot měrného tepla c_p pro různé látky:

materiál	c_p [$\text{Jkg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]	c_p [$\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$]
sřfřbro	235	0,055
řelezo	450	0,11
cřn	227	0,052
hlinřk	896	0,21
křemřk	703	0,168
mřď	383	0,091
led	2092	0,43
alkohol	2495	0,58
olej	cca 2000	cca 0,5
petrolej	2095	0,51
rtuř	139	0,033
voda	4198	0,998
vzduch	1006	0,235
vodnř pãra	1952	0,466
helium	5230	1,249

$$1 \text{ kcal} = 4186,8 \text{ J} = 4,186 \quad [\text{kJ}]$$

Přřklad: Jaké množství tepla je řeba k ohřãtř 2 kg mřď o teplotnř rozdřl $\Delta t = (t_2 - t_1) = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q = c_p \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = 383 \cdot 2 \cdot 150 = 1,149 \cdot 10^5 \quad [\text{J}]$$

$$Q = c_p \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = 0,091 \cdot 2 \cdot 150 = 27,3 \quad [\text{kcal}]$$

Skupenské teplo

Skupenské teplo je množství tepla Q [J] nebo Q [kcal], potřebné pro přeměnu látky o hmotnosti m [kg], ze skupenství kapalného do skupenství plynného c_{pv} nebo ze skupenství pevného do skupenství kapalného c_{pt} . Vždy jde o změnu skupenství při téže teplotě, tedy například o změnu m kg ledu na m kg vody téže teploty ($^{\circ}\text{C}$).

Potřebné teplo pro tání m [kg] látky:

$$Q_t = c_{pt} \cdot m \quad [\text{J}; \text{J/kg, kg}] \text{ nebo } [\text{kcal}; \text{kcal/kg, kg}]$$

Potřebné teplo pro odpaření m [kg] látky:

$$Q_v = c_{pv} \cdot m \quad [\text{J}; \text{J/kg, kg}] \text{ nebo } [\text{kcal}; \text{kcal/kg, kg}]$$

Tabulka hodnot skupenského tepla pro různé látky:

Materiál	c_{pt} [J/10 ⁻³ kg]	t_t [$^{\circ}\text{C}$]	c_{pv} [J/10 ⁻³ kg]	t_v [$^{\circ}\text{C}$]
cín	58,6	232	515	2360
hliník	399	659	10500	2500
měď	204	1083	4790	2340
olovo	23	327,3	8590	1690
železo	270,5	1536	6363	2880
stříbro	111	960,5	2355	1930
platina	112	1773	2620	3800
voda - led	333,7	0	2255	100

Poznámka: c_{pt} - měrné skupenské teplo tání je množství tepla potřebné k přeměně 1 kg látky v (pevném stavu) na kapalinu o stejné teplotě.

c_{pv} - měrné skupenské teplo výparné je potřebné množství tepla k přeměně 1 kg kapaliny na páru o stejné teplotě.

Pro tuhnutí resp. kondenzaci platí stejná měrná skupenská tepla s tím rozdílem, že teplo musíme látce odebrat.

Vliv tepla na roztažnost látek

Drtivá většina látek, ať již skupenství pevného, plynného či kapalného, se působením tepla roztahují. Je to způsobeno tím, že s ohřevem se amplituda kmitajících molekul zvětšuje a tím molekuly vyplňují větší prostor.

Z běžných látek se tomuto principu vymyká voda, která má nejmenší objem při $+4^{\circ}\text{C}$. Objem vody pak vzrůstá se zvyšující i snižující se teplotou. Důkazem toho je led plovoucí na vodě. Tento jev bývá nazýván anomálií vody.

Tepelná roztažnost tuhých látek

Se zvýšením teploty tuhé látky dochází u ní k roztažnosti jak délkové, tak plošné a objemové.

Délková roztažnost:

$$l_2 = l_1(1 + \alpha \cdot \Delta t) = l_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad [\text{m}, \text{m}/^\circ\text{C}, ^\circ\text{C}] \text{ nebo } [\text{m}, \text{m}/\text{K}, \text{K}]$$

l_1 - délka tělesa při teplotě t_1

l_2 - délka tělesa při teplotě t_2

$\Delta t = t_2 - t_1$ - rozdíl teplot. Při ochlazení je Δt záporné.

α - koeficient délkové roztažnosti příslušné látky [K^{-1}], udává poměrnou změnu délky (jednoho rozměru) tělesa z pevné látky při změně teploty o 1°C nebo 1K .

Koeficienty délkové teplotní roztažnosti látek:

látko (materiál)	α [K^{-1}] nebo [$^\circ\text{C}^{-1}$] $\cdot 10^{-6}$
hliník	23,8
beton	12
olovo	29
bronz	17,5
diamant	1,3
železo	12,2
sklo	8
zlato	14,2
litina	10
konstantán	15,5
měď	16,5
nikl	13
platina	9
polyamid (dederon)	110
polyetylén	200
polystyrén	75
polyvinylchlorid	80
porcelán	3
sklo	0,6
stříbro	19,5
ocel	11,7
wolfram	4,5
zinek	29
cín	26,7

Plošná roztažnost:

Jedná se o délkovou roztažnost v obou směrech.

$$S_2 = l_2^2 = [l_1(1 + \alpha\Delta t)]^2 = l_1^2(1 + 2\alpha\Delta t + \Delta t^2) = S_1(1 + 2\alpha\Delta t)$$

$$S_2 = S_1(1 + 2\alpha\Delta t) = S_1[1 + 2\alpha(t_2 - t_1)] \quad [\text{m}^2, \text{m/K}, \text{K}] \text{ nebo } [\text{m}^2, \text{m}/^\circ\text{C}, ^\circ\text{C}]$$

Zjednodušený vzorec tedy platí pro relativně malé změny plochy, což je v praxi skoro vždy splněno.

S_1 - plocha v m^2 při teplotě t_1

S_2 - plocha v m^2 při teplotě t_2

$\Delta t = t_2 - t_1$ - teplotní rozdíl v [K] nebo [$^\circ\text{C}$]. Při ochlazení je Δt záporné

α - **koeficient délkové roztažnosti !!!** (je uveden výše v tabulce)

Objemová roztažnost:

Jedná se o délkovou roztažnost ve třech směrech.

$$V_2 = l_2^3 = [l_1(1 + \alpha\Delta t)]^3 = l_1^3(1 + 3\alpha\Delta t + 3\alpha^2\Delta t^2 + \alpha^3\Delta t^3) = V_1(1 + 3\alpha\Delta t)$$

$$V_2 = V_1(1 + 3\alpha\Delta t) = V_1[1 + 3\alpha(t_2 - t_1)] \quad [\text{m}^3, \text{m/K}, \text{K}] \text{ nebo } [\text{m}^3, \text{m}/^\circ\text{C}, ^\circ\text{C}]$$

Uvedený vzorec platí pro relativně malé změny objemu, což je v praxi téměř vždy splněno.

V_1 - objem při teplotě t_1

V_2 - objem při teplotě t_2

$\Delta t = t_2 - t_1$ - teplotní rozdíl [K] nebo [$^\circ\text{C}$]

α - **koeficient délkové roztažnosti !!!** (je uveden výše v tabulce)

Tepelná roztažnost kapalin

Kapaliny se vlivem teploty roztahují do všech směrů.

$$V_2 = V_1(1 + \beta\Delta t) = V_1[1 + \beta(t_2 - t_1)] \quad [\text{m}^3, 1/\text{K}, \text{K}] \text{ nebo } [\text{m}^3, 1/^\circ\text{C}, ^\circ\text{C}]$$

V_1 - objem při teplotě t_1

V_2 - objem při teplotě t_2

$\Delta t = t_1 - t_2$ - teplotní rozdíl [K] nebo [$^\circ\text{C}$]

β - koeficient teplotní objemové roztažnosti kapalin udává poměrnou změnu objemu při změně teploty o 1 [$^\circ\text{C}$].

Tepelná roztažnost plynů

Prakticky pro všechnu plyny je koeficient teplotní roztažnosti stejný, rovný

$$\sigma = 3,661 \cdot 10^{-3} \quad [\text{K}^{-1}]$$

$$V_t = V_o (1 + \sigma t)$$