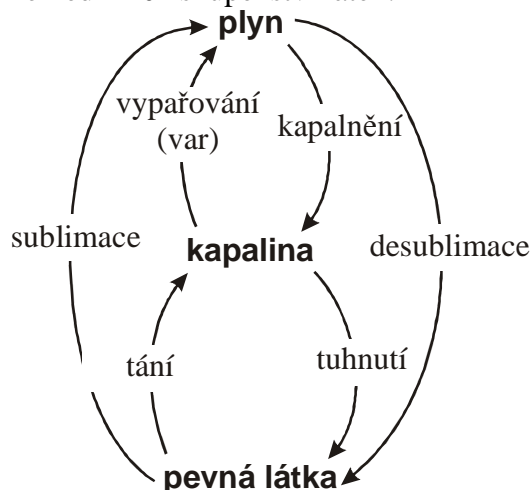


## 2.6.1 Tání a tuhnutí I

**Předpoklady:** 2103, 2401, 2504

Přehled změn skupenství látek:



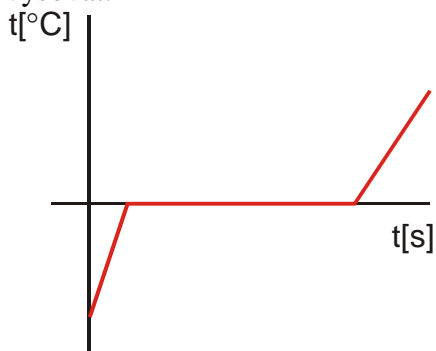
### Tání

Zahříváme pevnou látku (led, vosk, olovo)  $\Rightarrow$  zvyšuje se její teplota  $\Rightarrow$  po určité době se promění v kapalinu (roztaje).

Dva možné průběhy:

#### Tání ledu

Zahříváme led  $-10^{\circ}\text{C}$   $\Rightarrow$  zvyšuje se jeho teplota, ale jinak se nemění (stále stejné vlastnosti)  $\Rightarrow 0^{\circ}\text{C}$   $\Rightarrow$  ohřívání se zastaví a led se mění ve vodu (vždy při stejné teplotě  $0^{\circ}\text{C}$ ), dokud se všechny led nezmění na vodu, teplota se nemění  $\Rightarrow$  po přeměně všeho ledu na kapalinu se její teplota začne opět zvyšovat.



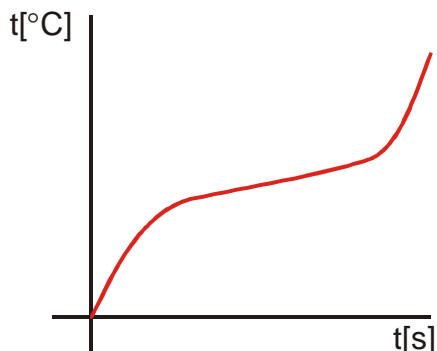
Existuje teplota tání  $t_f = 0^{\circ}\text{C}$ .

Proč se zastavilo ohřívání?

Dodávané teplo se spotřebovává na rušení vazeb mezi částicemi  $\Rightarrow$  nezvyšuje se kinetická, ale potenciální energie částic.

#### Tání vosku

Vosk  $20^{\circ}\text{C}$  je tvrdý, zahříváme ho  $\Rightarrow$  teplota se zvyšuje, kromě teploty se mění i vosk, začíná měknout  $\Rightarrow$  vosk se postupně změní v kapalinu, ohřívání se na rozdíl od ledu nezastaví, pouze se zpomalí  $\Rightarrow$  po přeměně vosku v kapalinu se ohřívání opět zrychlí.



Vosk nemá teplotu tání.

Proč se zpomalilo ohřívání?

Dodávané teplo se spotřebovává na zvyšování kinetické energie částic i na rušení vazeb mezi částicemi  $\Rightarrow$  zvyšuje se nejen kinetická, ale i potenciální energie částic.

Proč se chovají jinak?

Krystalická látka  $\Rightarrow$  všechny vazby stejné  
 $\Rightarrow$  rozpadají se při stejné teplotě.

Amorfní látka  $\Rightarrow$  vazby se liší  $\Rightarrow$  různé  
vazby se rozpadají při různých teplotách.

Částice v různých pevných látkách vážou různé vazby  $\Rightarrow$  různé teploty tání.

**Dodatek:** Situaci částic při tání si můžeme představit na příkladu kuličky. Částice vázaná v krystalu má určitou potenciální energii (jako kulička na dně důlku) a určitou kinetickou energii (kulička se na dně důlku kutálí sem tam). Zrušení vazeb částice se zbytkem krystalu si můžeme představit jako vyndání kuličky z důlku (zvýšení potenciální energie kuličky). Kinetická energie kuličky se tím změnit nemusí (kutálí se stále stejnou rychlostí).

Teplotu tání ovlivňuje:

- vnější tlak (více později),
- chemické přísady (sůl snižuje teplotu tání vody  $\Rightarrow$  solení silnic, voda taje už při  $-6^\circ\text{C}$ ).

**Př. 1:** Najdi výhody a nevýhody solení silnic.

Výhody: Snadné a dokonalé odstranění sněhu ze silnice.

Nevýhody: Zvětšená koroze aut, poškozování přírody solí, metoda funguje pouze při teplotách, které nejsou příliš nízké (přibližně do  $-6^\circ\text{C}$ , i když s vyšším obsahem soli je možné se dostat až k  $-21^\circ\text{C}$ ).

Množství tepla, které musíme dodat tající látce, je přímo úměrné její hmotnosti:

$$Q = L_t = m \cdot l_t$$

$l_t$  - **měrné skupenské teplo tání** (teplo nutné k roztátí 1 kg látky zahřáté na teplotu tání)

látka	led (voda)	NaCl	olovo	železo	cín
$l_t$ [kJ · kg <sup>-1</sup> ]	334	500	23	279	59
$t_t$ [°C]	0	801	327	1535	232

**Př. 2:** Urči, o kolik stupňů by se zahřála voda, které bychom dodali teplo potřebné na roztátí stejného množství ledu o teplotě  $0^\circ\text{C}$ .

$$l_t = 334000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}, \quad c = 4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad \Delta t = ?$$

$$Q_t = Q_o$$

$$m \cdot l_t = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$l_t = c \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{l_t}{c} = \frac{334000}{4200} \text{ }^\circ\text{C} = 79,5^\circ\text{C}$$

Voda by se ohřála o  $79,5^\circ\text{C}$ .

**Pedagogická poznámka:** V předchozím příkladu bude opět nejvíce problémů se vzpomínáním na vzorec  $Q = mc\Delta t$ .

Měrné skupenské teplo vody je poměrně velké:

- Sníh na jaře odtává pomalu (pokud do něj neprší).
- Kvůli zahánání žízně se nemá jíst sníh (nebezpečí umrznutí).

**Př. 3:** Urči, kolik tepla je potřeba k roztátí 2 kg olova o teplotě 20°C.

$$t_i = 327^\circ\text{C}, l_i = 23000\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}, c = 129\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}, t_0 = 20^\circ\text{C}, Q = ?$$

Olovo musíme nejprve teplem ohřát na teplotu tání a pak dalším teplem roztát.

$$Q = Q_{\text{ohřátí}} + Q_{\text{tání}}$$

$$Q = mc\Delta t + ml_i$$

$$Q = 2 \cdot 23000 + 2 \cdot 129(327 - 20) = 120000\text{ J}$$

K roztátí 2 kg olova o teplotě 20°C je třeba 120000 J.

**Př. 4:** Před nástupem lednic se pivo ve sklepech chladilo ledem nasbíraným z rybníků.

Urči, kolik Kč ušetří svým roztátím ve sklepě ledová kra o ploše 10 m<sup>2</sup> a průměrné tloušťce 40 cm. 1 kWh stojí 5,20 Kč, na 2 J tepla, které lednička přesune ze sklepa do okolí, spotřebuje 1 J elektrické energie. Hustota ledu je  $\rho = 917\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

$$l_i = 334000\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}, S = 10\text{ m}^2, h = 40\text{ cm} = 0,4\text{ m}, \rho = 917\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}, Q = ?$$

Hmotnost nasbíraného ledu:  $m = V\rho = Sh\rho = 10 \cdot 0,4 \cdot 917\text{ kg} = 3668\text{ kg}$

Teplu přijaté ledem během tání:  $Q = ml_i = 3668 \cdot 334000\text{ J} = 1,23 \cdot 10^9\text{ J}$ .

Energie odebraná ledničkou ze sítě:  $E = \frac{Q}{2} = 6,13 \cdot 10^8\text{ J}$ .

1 kWh (odebíráme výkon 1000 W po dobu jedné hodiny):  $E = 1000 \cdot 3600\text{ J} = 3,6 \cdot 10^6\text{ J}$ .

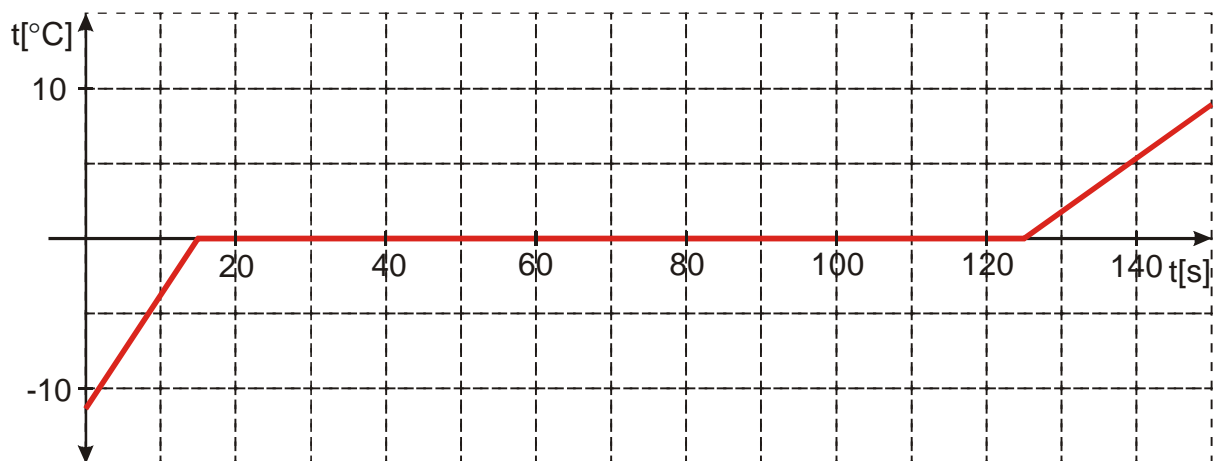
Počet spotřebovaných kWh:  $\frac{6,13 \cdot 10^8}{3,6 \cdot 10^6} = 170$ .

Zaplacená částka:  $170 \cdot 5,2\text{ Kč} = 884\text{ Kč}$

Ledová kra o hmotnosti 10 t by ušetřila 884 Kč (to se zřejmě nevyplatí).

**Pedagogická poznámka:** Předchozí příklad je pro studenty těžký kvůli velkému množství kroků, které musejí k jeho vyřešení udělat (jejich jednoduchost studentům situaci příliš neusnadňuje). Dalším problémem je převádění kWh na Joule.

**Př. 5:** Na grafu je zachyceno ohřívání 0,5 kg ledu. Urči tepelný výkon vaříče.



$l_t = 334000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ , doba tání  $\Delta t = t_2 - t_1 = 125 - 15 \text{ s} = 110 \text{ s}$ ,  $m = 0,5 \text{ kg}$ ,  $P = ?$

Teplo dodané vaříčem se spotřebovalo na roztátí ledu.

$$W = Q$$

$$Pt = ml_t$$

$$P = \frac{ml_t}{t} = \frac{0,5 \cdot 334000}{110} \text{ W} = 1520 \text{ W}$$

Tepelný výkon vaříče je 1520 W.

**Shrnutí:**