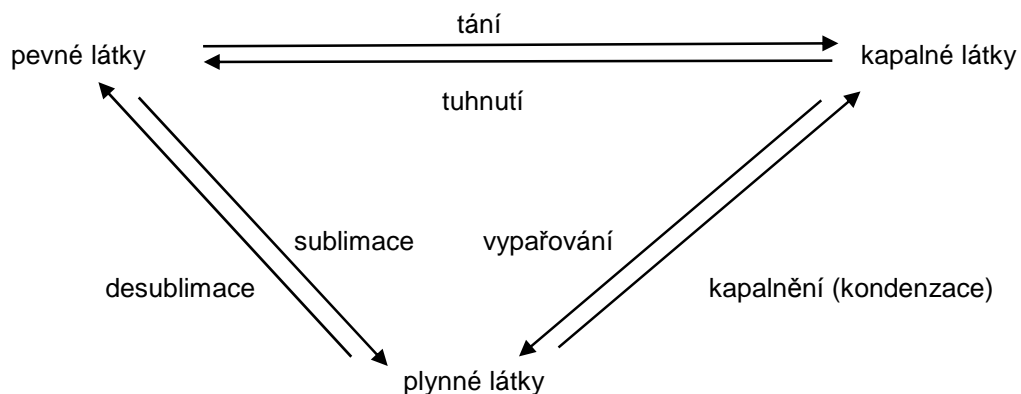


# ZMĚNY SKUPENSTVÍ LÁTEK



## 1. Tání a tuhnutí

amorfní látky nemají bod tání – tají postupně

X

krystalické látky tají při určitém bodu tání (teplotě tání, tuhnutí  $t_t$ ) = teplota, charakteristická pro každou látku a závislá na vnějším tlaku (hodnotu najdeme v MFChT)

většina látek má větší objem ve skupenství kapalném (částice dále od sebe) a při vyšším vnějším tlaku je jejich teplota tání .....

X

některé látky (voda, Bi, Ge, některé slitiny) mají větší objem ve skupenství pevném a při vyšším vnějším tlaku je jejich teplota tání .....

<http://www.youtube.com/watch?v=E1NsqSXhsM8>

<http://www.youtube.com/watch?v=bRKAECWdVhY>

Otázka: Použijte znalosti o vzdálenostech mezi částicemi v různých skupenstvích k vysvětlení předešlých vět.

látko	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Pb	Au	Cu
$t_t (př\ i\ p_n)$ °C	-219	0	327	1064	1083

poznámka: slitiny mají teplotu tání nižší než jednotlivé části (vysvětli proč?)

- skupenské teplo tání tělesa = teplo, potřebné ke změně skupenství tohoto tělesa bez změny jeho teploty

$$L_t$$

$$[L_t] = J$$



EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVYOP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- *měrné skupenské teplo tání látky* = teplo, potřebné ke změně skupenství jednoho kilogramu látky bez změny jeho teploty

$$l_t = \frac{L_t}{m}$$

$$[l_t] = \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

látka	W	Pb	Ag	Cu	Fe	led	Al	NaCl
$\frac{l_t}{\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}$	19	23	105	205	279	334	397	500

**Otázky:**

1. Kolik tepla musíme dodat tělesu o hmotnosti 0,5 kg a teplotě 20 °C, aby roztálo?

Měrná tepelná kapacita tělesa je 383 J·kg·K<sup>-1</sup>. Načrtni Q-t graf!

*Tuhnutí* je opačný proces – teplo odebíráme a hodnoty látkových konstant zůstávají stejné. Pro tuhnutí krystalických látek používáme název krystalizace.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## 2. Sublimace a desublimace

některé látky mohou přecházet do plynného skupenství přímo ze skupenství pevného – jód, CO<sub>2</sub>, sníh, led, aromatické látky ...

- *měrné skupenské teplo sublimace a desublimace* = teplo, potřebné ke změně skupenství jednoho kilogramu látky určité teploty bez změny jeho teploty

závislé na teplotě – nižší teplota – vyšší hodnota (vysvětlí)

při různém tlaku jsou hodnoty různé, obvykle pro normální tlak  $p_n = 10^5$  Pa

pro led při 0°C :  $l_s = 2,8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

<http://www.youtube.com/watch?v=J8mDGwf-5x0&feature=related>

## 3. Vypařování a kapalnění (kondenzace)

- *vypařování = odpařování + var*

Kapaliny se odpařují pouze ze svého povrchu a to při každé teplotě. (končí v bodě varu - teplota varu  $t_v$ ) Odpařování je rychlejší, čím je teplota vyšší, čím je větší volný povrch, když kapalinu mícháme, když fouká.

plyn - když  $t \geq t_v$  X pára – když  $t < t_v$

*bod varu* je teplota, při které se kapalina vypařuje z celého objemu a závisí na vnějším tlaku!!! Použijte předešlé myšlenky (tání) a stanovte, jak závisí na rostoucím a klesajícím tlaku.

- *skupenské teplo vypařování* = teplo, potřebné ke změně skupenství tělesa určité teploty beze změny jeho teploty

$$L_v$$
$$[L_v] = \text{J}$$

- *měrné skupenské teplo vypařování* = teplo, potřebné ke změně skupenství jednoho kilogramu látky určité teploty beze změny jeho teploty

závislost na teplotě – nižší teplota – vyšší hodnota (vysvětlí)

závislost na vnějším tlaku – větší tlak – vyšší hodnota (vysvětlí)

- *měrné skupenské teplo varu = měrné skupenské teplo vypařování při teplotě varu – nejvyšší hodnota*  
 $l_V$   
 $[l_V] = \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$

voda při norm. tlaku :    při 0 °C:             $l_V = 2,51 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$   
  při 100 °C:             $l_V = 2,26 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} = l_B$

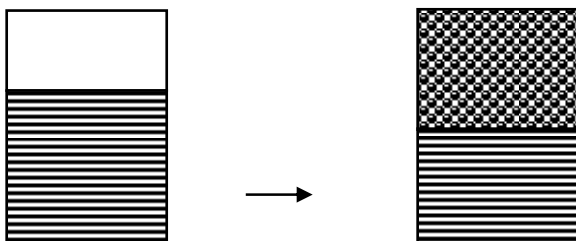
*Kapalnění* je opačný proces – teplo odebíráme a hodnoty látkových konstant zůstávají stejné při stejných teplotách (a tlacích).

<http://www.youtube.com/watch?v=oSMiec0bECw&feature=related>

#### 4. Sytá pára

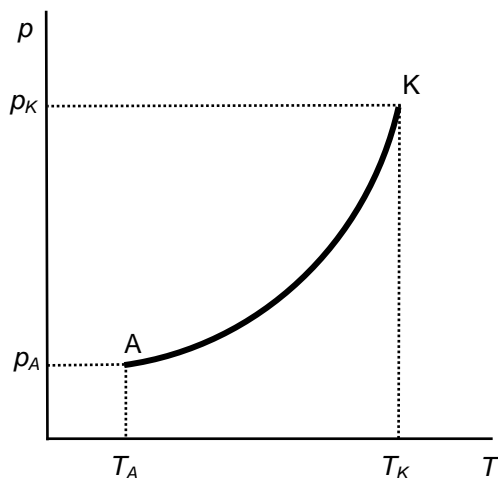
Vypařují – li se kapaliny v uzavřené nádobě, množství kapaliny a páry je na počátku rozdílné. Po určité době nastane mezi kapalinou a párou rovnováha. Počet molekul, které se vypaří = počet molekul, které zkapalní, této páře říkáme sytá pára. Její tlak závisí jen na druhu látky a teplotě, nezávisí na objemu kapaliny a páry.

Je sytá pára ideálním plynem? Vysvětli.



- *tlak syté páry* = tlak, který má sytá pára, pára v rovnováze se svou kapalinou

- *Křivka syté páry – graf závislosti tlaku syté páry na teplotě*



s rostoucí teplotou – roste tlak syté páry – tlak kapaliny klesá – tlak syté páry roste

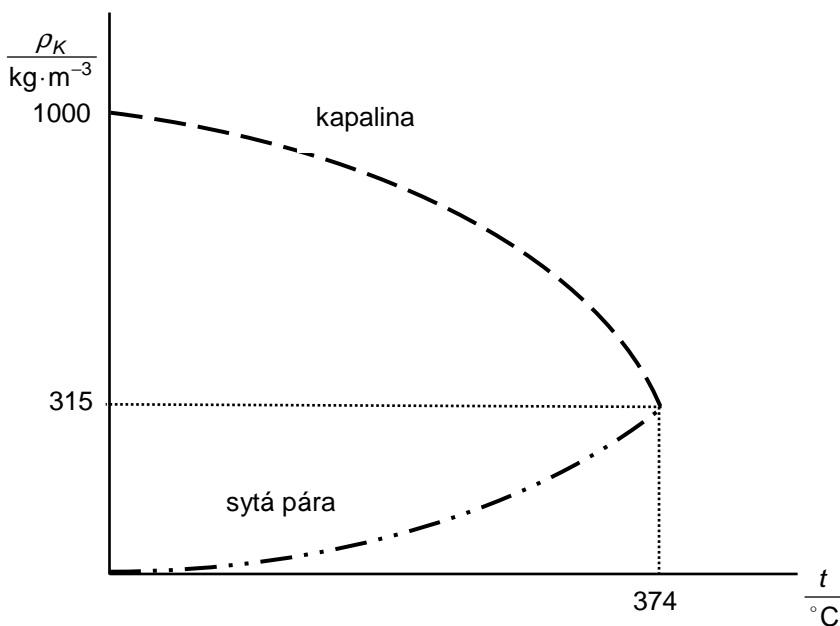
každý bod křivky představuje rovnovážný stav kapaliny a syté páry

A ... nejnižší teplota a tlak, pro které rovnost nastane (bod tání)

K ... kritický bod – při vyšší teplotě nebo tlaku není rozdíl mezi kapalinou a plynem – „nedefinovatelná“ látka  
konstanty pro různé látky v MFChT

voda:  $T_K = 647,3 \text{ K}$  ( $374,115 \text{ °C}$ ),  $p_K = 22,13 \text{ MPa}$ ,  $\rho_K = 315 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

voda:

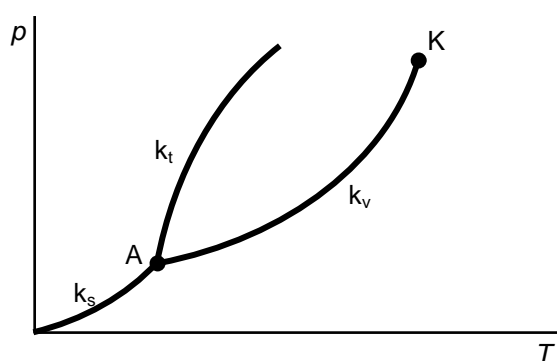


## 5. Fázový diagram

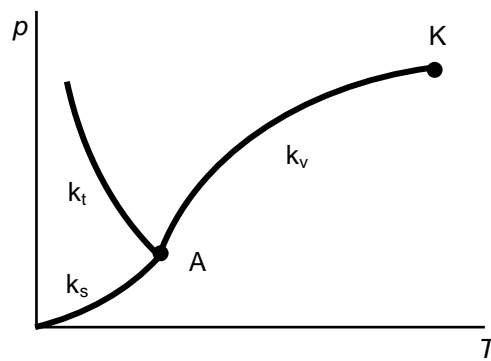
- každý bod křivky v grafu představuje rovnovážný stav mezi dvěma skupenstvími
  - $k_s$  ... křivka sublimace
  - $k_t$  ... křivka tání
  - $k_v$  ... křivka vypařování
  - A ... trojný bod – v tomto bodě se látka vyskytuje ve všech třech skupenstvích

substance	$\frac{p_A}{\text{kPa}}$	$\frac{T_A}{\text{K}}$
voda	0,61	273,16
kyslík	0,15	54,4

většina látek



voda



Najděte v grafu plochy, které představují jednotlivá skupenství.

Ukažte jednotlivé změny skupenství:

- z kapalného na plynné zvýšením teploty
- z pevného na kapalné snížením (zvýšením) tlaku
- z pevného na plynné zvýšením teploty

## 6. Kalorimetrická rovnice se změnami skupenství

přijaté teplo = teplo odevzdané

stejný princip jako beze změn skupenství

**Otázky:**

- Kalorimetr o tepelné kapacitě  $100 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$  obsahuje  $1.5 \text{ kg}$  vody o teplotě  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Když vložíme do kalorimetru led o teplotě  $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ , teplota se po dosažení rovnovážného stavu ustálí na  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Kolik ledu musíme do kalorimetru vložit? Použijte MFChT.
- Železné těleso o hmotnosti  $40 \text{ kg}$  a teplotě  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  vložíme do nádoby s vodou o hmotnosti  $75 \text{ kg}$  a teplotě  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ . Zanedbejte tepelnou kapacitu nádoby. Určete, kolik vody se vypaří? Použijte MFChT. Předpokládejte, že se voda začala vypařovat až po bodu varu.



EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVYOP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Určete, jaké množství ledu o hmotnosti 1 kg a o teplotě 0 °C roztálo při ponoření do 1 kg vody o teplotě 50 °C v kalorimetru s tepelnou kapacitou 0,1 kJ·K<sup>-1</sup>. ( $l_t = 334 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $c = 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )
5. Led o hmotnosti 3,0 kg a počáteční teplotě -10 °C (objemu  $V_1$ ) se přeměnil za normálního tlaku na vodu teploty 20°C (objemu  $V_2$ ). Měrná tepelná kapacita ledu je 2,1 kJ·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>, měrná tepelná kapacita vody 4,18 kJ·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>, měrné skupenské teplo tání ledu 334 kJ·kg<sup>-1</sup>.
  - a) Porovnejte objemy  $V_1$  a  $V_2$  pomocí znaků <, >, =.
  - b) Změní se hmotnost tělesa z ledu při tání?
  - c) Určete teplo, které přijal led od okolí, když se ohřál z teploty -10 °C na teplotu 0°C.
  - d) Určete teplo, které led přijal od okolí k přeměně na vodu při stálé teplotě 0 °C.
  - e) Určete teplo, které led přijal od svého okolí při přeměně na vodu o teplotě 20 °C.
6. Vodu o objemu 60 litrů a počáteční teplotě 15 °C jsme smíchali s 80 litry vody o teplotě 80 °C. Výsledná teplota vody byla 50 °C. Kolik tepla uniklo do okolí?
7. Jaké teplo přijme ocelový předmět o hmotnosti 250 kg a o teplotě tání 1 350 °C, jestliže roztaje a teplota kapaliny se nezmění? Měrné skupenské teplo tání oceli je 260 kJ·kg<sup>-1</sup>.
8. Na sporák dáš vařit vodu (0,5 litru, 18 °C) na těstoviny. Bohužel kvůli řešení zajímavého fyzikálního příkladu zapomenete na vodu i těstoviny. Kolik tepla se spotřebuje na úplné vyvaření vody z hrnce? Vypařování z povrchu zanedbejte.

L3/154-173

## 7. Vodní pára v atmosféře

- = množství vodní páry v objemové jednotce

$$\phi = \frac{m}{V}$$

$$[\phi] = \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

- *relativní vlhkost vzduchu*

= podíl absolutní vlhkosti vzduchu  $\phi$  a maximální vlhkosti  $\phi_m$ , kdy je vzduch parou nasycen (při dané teplotě)

= podíl tlaku vodní páry dané teploty a tlaku syté páry téže teploty

$$\varphi = \frac{p}{p_s}$$

suchý vzduch 0%, vzduch plně nasycen vodní parou 100%,

$$[\varphi] = \%$$

nejvhodnější hodnota pro člověka 50-70%

- *vlhkoměr* – k měření relativní vlhkosti, např. vlasový vlhkoměr
- *rosný bod* (= *teplota rosného bodu*) – teplota, na kterou by bylo třeba izobaricky ochladit vzduch (při nezměněné absolutní vlhkosti vzduchu), aby se vodní pára stala sytou vodní parou. Při dalším snížení teploty vodní pára zkapalní nebo desublimuje.

### Odpovědi:

1. 306 kJ
2. 0,24 kg
3. 1,3 kg
4. 0,64 kg
5. a)  $V_1 > V_2$ ; b) ne; c) 63 kJ; d) 1 002 kJ; e) 1 316 kJ
6. 1,3 MJ
7. 65 MJ
8. 1,3 MJ