

10) Změny skupenství

TÁNÍ

- **Změna skupenství z pevného na kapalné**
- Přijímá-li krystalická látka teplo → vzrůstá střední kinetická energie kmitavého pohybu částic → částice zvětšují rozkmity → zvyšuje se střední vzdálenost mezi nimi → vzrůstá střední potenciální energie částic → kmity částic nabývají takových hodnot, že se poruší vazba mezi částicemi mřížky → mřížka se rozpadá a látka taje
- Během tání se teplota nemění
- **Spotřebované teplo = skupenské teplo tání**
- Skupenské teplo tání závisí také na jejím množství – zavádí se **měrné skupenské teplo tání**, kde m je hmotnost tělesa z dané látky:

$$L_t = l_t \cdot m \quad [J = J \cdot kg^{-1} \cdot kg]$$

l_tměrné skupenské teplo tání [l_t] = $J \cdot kg^{-1}$

- naleznou v tabulkách

L_tskupenské teplo tání [L_t] = J

mhmotnost [m] = kg

- **Krystalické látky**
 - K tání dochází, když látka dosáhne své teploty tání (t_t)
 - Teplota tání závisí na vnějším tlaku, při němž tání probíhá
- **Amorfní látky (vosk, sádlo, sklo)**
 - při zahřívání pomalu měknou → přemění se v kapalinu
 - nemají určitou teplotu tání (tání probíhá mezi dvěma teplotami)
- **Některé látky (např. dřevo, mramor)**
 - nelze je zahřát na teplotu tání, protože se při nižší teplotě rozloží
- **Slitiny kovů**
 - Tají při menší teplotě, než je teplota tání jednotlivých součástí slitin

TUHNUTÍ

- **Přeměna kapalného skupenství na pevné**
- Teplota tuhnutí je shodná s teplotou tání
- kapalina odevzdává svému okolí **skupenské teplo tuhnutí**
- Hodnota jako skupenské teplo tání pevného tělesa ze stejné látky (za stejných podmínek: **měrné skupenské teplo tuhnutí** = měrné skupenské teplo tání)
- Polykrystalická látka: vznik zárodků, na které se připojují a pravidelně uspořádávají další částice látky → vznik soustavy volně pohybujeících se krystalků, v okamžiku, kdy všechna látka ztuhne → krystalky se vzájemně dotýkají a vytvářejí zrna
- **Monokrystalická látka**: vznik z jednoho krystalizačního jádra, ke kterému se připojují další částice látky

ZMĚNA OBJEMU TĚLES PŘI TÁNÍ A TUHNUTÍ

- Většina látek při tání V zvětšuje a při tuhnutí V zmenšuje
- Některé látky to mají ale naopak (led, Bi, Ge a některé slitiny)
 - Hlavně led
 - Krystalová mřížka ledu je prostoupena prostornými kanálky, při tání se krystalová mřížka bortí a volný prostor postupně zaplňují molekuly vody
- (led má menší hustotu než voda)

SUBLIMACE A DESUBLIMACE

- **Sublimace** = **přeměna z pevného skupenství v plynné** (běžně sublimuje jód, pevný CO_2 (suchý led), led, sníh, vonící/páchnoucí látky)
- **Desublimace** = **přeměna plynného skupenství na pevné** (vytváření jinovatky z vodní páry)
- Teplo, které přijme pevná látka při její sublimaci za teploty t , se nazývá skupenské teplo sublimace (L_s)
- Sublimuje-li látka o dostatečné hmotnosti \rightarrow po čase se ustaví rovnovážný stav mezi pevnou fází a její párou (objemy pevné látky a páry se nemění, tlak páry a teplota soustavy zůstává konstantní) = sytá pára

$$L_s = l_s \cdot m [J = J \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{kg}]$$

L_sskupenské teplo sublimace [L_s] = J

l_směrné skupenské teplo sublimace [l_s] = $J \cdot \text{kg}^{-1}$

mhmotnost pevné látky [m] = kg

VYPAŘOVÁNÍ

- **Přeměna kapaliny v páru**
- Probíhá z povrchu kapaliny
- **Na rozdíl od tání probíhá za každé teploty, při níž kapalně existuje**
- Různé kapaliny se vypařují (za stejných podmínek) jinak rychle
- Rychlost vypařování se zvýší:
 - Zvýší-li se teplota kapaliny
 - Zvětší-li se obsah povrchu kapaliny
 - Odstraňují-li se vzniklé páry nad kapalinou (např. odsáváním, větrem, foukáním)

Praxe: Jíme-li teplou polévku, „foukáme“ si jí. Tím odstraňujeme z prostoru nad volným povrchem polévky páry. Další vypařování (a tedy i chladnutí polévky) může probíhat rychleji.

- Chceme-li kapalinu hmotnosti m přeměnit v páru téže teploty, musí kapalina přijmout skupenské teplo vypařování L_V
- Měrné skupenské teplo vypařování l_V se definuje vztahem:

$$L_V = l_V \cdot m [J = J \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{kg}]$$

L_Vskupenské teplo vypařování [L_V] = J

l_Vměrné skupenské teplo vypařování [l_V] = J · kg⁻¹

- s rostoucí teplotou vypařování l_V klesá

l_Vměrné skupenské teplo varu [l_V] = J · kg⁻¹

- platí pro teplotu varu (t_V)
- nalezneme v tabulkách

mhmotnost kapaliny [m] = kg

- S rostoucí teplotou kapaliny klesá měrné skupenské teplo vypařování

VAR

- Zahříváme-li kapalinu, pozorujeme, že při dosažení určité teploty za daného tlaku se uvnitř kapaliny vytvářejí bubliny páry, které postupně zvětšují svůj objem a vystupují k volnému povrchu kapaliny
- Při varu se kapalina nevypařuje jen na povrchu, ale také **uvnitř**
- Teplota, při níž za daného tlaku nastává var kapaliny, se nazývá teplota varu t_V
- Teplota varu roste s vnějším tlakem
 - Při normálním tlaku (0.1 MPa) vře voda při 100 °C
 - Při vnějším tlaku 0.2 MPa vře voda při 120 °C
 - Využití: Papinův hrnec (při zvyšování teploty roste tlak, a tedy i teplota varu)
- **Měrné skupenské teplo varu = měrné skupenské teplo vypařování při teplotě varu kapaliny**

KAPALNĚNÍ (KONDEZACE)

- **Přeměna plynného skupenství na kapalné**
- Pára v důsledku snížením teploty nebo zmenšováním svého objemu kapalní
- Při tomto ději se **uvolňuje skupenské teplo kondenzační**
- **Měrné skupenské teplo kondenzační = měrné skupenské teplo vypařování téže látky při stejné teplotě**
- Kapalnění může nastat na povrchu kapaliny, na povrchu pevné látky (např. poklička na hrnci), nebo ve volném prostoru (např. oblaka)

SYTÁ PÁRA

- Vzniká v zavřeném prostoru nad kapalinou
- Pára v rovnovážném stavu s kapalinou
- Při rovnováze počet molekul, které opouštějí povrch kapaliny za dobu t = počet molekul které se do kapaliny vracejí za dobu t
- Neplatí stavová rovnice
- Se zvyšující teplotou roste tlak – vyjadřuje **křivka syté páry**

Nejmenší možné hodnoty, kdy je kapalina a sytá pára v rovnováze:

- A počátek křivky syté páry
- T_A teplota tuhnutí kapalné fáze při tlaku p_A

Mizí rozdíl mezi kapalinou a sytá párou:

- K kritický bod syté páry
- p_K kritický tlak
- T_K kritická teplota
- Hustota syté páry = hustota kapaliny

(při nižších teplotách látka neexistuje v kapalném stavu)

FÁZOVÝ DIAGRAM (p-T)

- Grafické vyjádření závislosti mezi veličinami určující rovnovážný stav soustavy (teplota, tlak, hustota)
- 3 křivky: křivka syté páry, křivka tání a křivka sublimace
- Průsečík křivek = **trojný bod**
 - Znázorňuje **rovnovážný stav pevného, kapalného a plynného skupenství téže látky** (termodynamická rovnováha – mohou vedle sebe nezměněně existovat)
 - Tlak: 611 Pa
 - Teplota: 273,16 K

VODNÍ PÁRA V ATMOSFÉŘE

- Vznik vypařováním rozsáhlých vodních ploch moří, jezer, řek, vody obsažené v půdě, rostlinách a živých organismech
 - **Absolutní vlhkost vzduchu**
 - udává hustotu páry ve vzduchu
 - m hmotnost vodní páry ve vzduchu o objemu V :
[Fí] $\phi = \frac{m}{V}$, [kg · m⁻³]
- (vodní pára je v atmosféře zpravidla přehřátá pára)
- **Relativní vlhkost vzduchu**

$$\phi_{max} = \frac{\phi}{\phi_{max}}$$

absolutní vlhkost vzduchu nasyceného vodní párou

- Měříme vlhkoměrem
- Pro člověka ideální 50–70%

ROSNÝ BOD

- Stav, kdy **vodní páry** obsažené ve vzduchu **se stávají** při dosažení teploty rosného bodu **syty**
- **Teplota rosného bodu** = teplotu, na kterou se musí vzduch izobaricky ochladit, aby se vodní pára v něm obsažená stala sytou
- Z vodní páry vzniká na chladných předmětech rosa, nad povrchem se tvoří mlha, ve výšce mraky