

2.6.4 Kapalnění, sublimace, desublimace

Předpoklady: 2603

Kapalnění (kondenzace)

Snižování teploty páry \Rightarrow pára se mění v kapalinu.

Kde dochází ke kondenzaci?

- na povrchu kapaliny,
- na povrchu pevné látky (orosení skel),
- ve volném prostoru: kondenzaci usnadňují kondenzační jádra (prach, saze, nabitě částice), kolem kterých postupně narůstají kapičky.

„Pára“ nad hrncem, „pára“ u pusy: nejedná se o vodní páru, ale o zkondenzované vodní kapičky (vodní pára je neviditelná), které se rychle vypaří.

Při kondenzaci se uvolňuje **skupenské teplo kondenzační**.

Př. 1: Rozhodni, které látkové konstantě se rovná měrné skupenské teplo kondenzační.

Skupenské teplo kondenzační se rovná skupenskému teplu vypařování při stejné teplotě.

Př. 2: Jedním ze způsobů, kterým se lidé snaží řídit počasí, je uměle rozprašování jodidu stříbrného do mraků, které má vyvolávat déšť. Vysvětli.

Krystalky jodidu mají sloužit zřejmě jako kondenzační jádra pro kapalnění vodní páry v mracích. Urychlí se tak vznik kapiček, které potom spadnou jako déšť?

Př. 3: Centrální zásobování teplem bývá často dvojestupňové. Z teplárny je vystavěn parovod, kterým je vedena pára o teplotě až 240°C a tlaku $1,8\text{ MPa}$. Ve výměníku se touto párou zahřívá voda s maximální povolenou teplotou 95°C . Jaké jsou výhody a nevýhody tohoto řešení?

Výhody: horká pára může uvolnit obrovské množství tepla \Rightarrow množství páry, které musí parovodem proudit, je podstatně menší, než by bylo množství vody o teplotě 95°C . Vlastní tlak páry ji žene potrubím \Rightarrow nemusíme používat čerpadla.

Nevýhody: teplota páry je velmi vysoká \Rightarrow mezi párou a okolím je vyšší teplotní rozdíl \Rightarrow dochází k větším ztrátám tepla.

Př. 4: Do výměníku přichází pára o teplotě 120°C a normálním tlaku. Ve výměníku pára zkondenzuje na vodu o teplotě 90°C . Urči kolik kg vody o teplotě 25°C tím pára zahřeje na 80°C .

Teplo, které uvolní vodní pára:

- ochlazení vodní páry ze 120°C na 100°C : $Q_1 = mc_{para} \Delta t = 1 \cdot 1840 \cdot 20\text{ J} = 37000\text{ J}$
- kondenzace vodní páry na vodu při 100°C : $Q_2 = ml_v = 1 \cdot 2,26 \cdot 10^6\text{ J} = 2,26 \cdot 10^6\text{ J}$
- ochlazení vody ze 100°C na 90°C : $Q_3 = mc_{vody} \Delta t = 1 \cdot 4200 \cdot 10\text{ J} = 42000\text{ J}$

Celkem: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 37000 + 2260000 + 42000 \text{ J} = 2339000 \text{ J}$ - množství tepla, které předá 1 kg páry vodě.

Množství tepla přijatého vodou při ohřátí z 25°C na 80°C : $Q = mc_{\text{vody}} \Delta t$

$$m = \frac{Q}{c_{\text{vody}} \Delta t} = \frac{2339000}{4200 \cdot 55} \text{ kg} = 10,1 \text{ kg}$$

1 kg páry ohřeje ve výměníku 10,1 kg vody.

Př. 5: Kapalné technické plyny se nevyrábí ochlazováním vzduchu. Navrhni, jakým postupem bychom mohli zkapalnit plyn bez ochlazení.

Zkapalňovat můžeme také stlačováním plynu (princip chladničky).

Postřehy ze života:

- Prádlo je možné usušit i za hlubokých mrazů.
- Sníh ubývá, i když venku trvale mrzne.

⇒ i led se „vypařuje“.

Sublimace: přímá změna skupenství z pevné látky na plyn.

Částice sublimují pouze z povrchu.

V rychlosti sublimace jsou obrovské rozdíly, rychleji sublimující látky: jod, suchý led (pevný oxid uhličitý), led, páchnoucí a vonící pevné látky.

Sublimující látce musíme dodat skupenské teplo sublimace $Q_s = ml_s$.

Př. 6: Jaký je význam látkové konstanty l_s ? Na čem tato konstanta závisí? V jakých jednotkách se udává?

Platí $l_s = \frac{Q_s}{m} \Rightarrow l_s$ udává kolik tepla je třeba k sublimaci jednoho kilogramu látky $\Rightarrow l_s$ je

měrné skupenské teplo sublimace. Podobně jako měrné skupenské teplo vypařování bude hodnota l_s zřejmě záviset na teplotě. Jednotkou měrného skupenského tepla je vždy $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Př. 7: Urči l_{s0} pro led. Potřebné konstanty najdi v předchozích hodinách.

Opět musí platit zákon zachování energie \Rightarrow energie, kterou dodáme sublimujícím částicím ledu, se musí rovnat energii, kterou bychom dodali částicím ledu, při jiném průběhu pokusu.

- Přímá sublimace z ledu 0°C na páru 0°C : $Q_1 = ml_{s0}$.
- Led 0°C necháme roztát na vodu 0°C a tu pak necháme vypařit: $Q_2 = ml_t + ml_{v0}$.

Dodané teplo musí být v obou případech stejné: $Q_1 = Q_2$

$$ml_{s0} = ml_t + ml_{v0}$$

$$l_{s0} = l_t + l_{v0}$$

$$l_{s0} = l_t + l_{v0} = 334000 + 2510000 \text{ J/kg} = 2844000 \text{ J/kg}$$

Měrné skupenské teplo sublimace ledu při 0°C je 2844000 J/kg .

Př. 8: Jednou z poměrně rychle sublimujících látek je jod. Proto se jod přechovává v uzavřených nádobách. Proč přestane jodu v uzavřené nádobě po určité době ubývat?

Při sublimaci jodu se postupně zvětšuje počet částic jodu v ovzduší uzavřené nádoby \Rightarrow zvyšuje se počet částic jodu, které narazí zpátky do krystalů jodu a zachytí se v nich \Rightarrow postupně nestane rovnováha mezi počtem částic, které se uvolní, a počtem částic, které se zpátky přichytí \Rightarrow jod přestane ubývat.

Desublimace: opak sublimace, skoková změna skupenství z plynného na pevné.
jinovatka

Shrnutí: