



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Digitální učební materiál

Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0802
Název projektu	Zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Číslo a název šablony klíčové aktivity	III/2 – Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Příjemce podpory	Gymnázium, Jevíčko, A. K. Vitáka 452

Název DUMu	Změny skupenství látek
Název dokumentu	VY_32_INOVACE_16_19
Pořadí DUMu v sadě	19
Vedoucí skupiny/sady	Mgr. Petr Mikulášek
Datum vytvoření	16. 2. 2013
Jméno autora	Mgr. Jiří Janeček
e-mailový kontakt na autora	janecek@gymjev.cz
Ročník studia	2.
Předmět nebo tematická oblast	Fyzika
Výstižný popis způsobu využití materiálu ve výuce	Shrnutí a procvičování učiva. Inovace: využití ICT, netradiční úlohy, mezipředmětové vztahy – matematika, zeměpis

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. Základní pojmy

Tání je proces, při kterém se z pevné látky stává látka kapalná. Teplota, při které k této přeměně dochází, se nazývá **teplota tání** t_t . Teplota, při které kapalná látka přechází v látku pevnou je táz, proces nazýváme **tuhnutí**. Teplo, které přijme látka zahřátá na teplotu tání, aby se změnila na kapalinu o téže teplotě, se nazývá **skupenské teplo tání** L_t . Protože různé látky mají tuto hodnotu různou, zavádí se **měrné skupenské teplo tání** vztahem

$$l_t = \frac{L_t}{m} \text{ a } [l_t] = J \cdot kg^{-1} . \quad (1)$$

Při tuhnutí odevzdává kapalina svému okolí **skupenské teplo tuhnutí** (je stejné jako skupenské teplo tání a taktéž měrné skupenské teplo tuhnutí je téže jako (1)).

Při tuhnutí vznikají v tavenině **krystalizační jádra**.

Přeměna látek z pevného stavu do stavu plynného se nazývá **sublimace**, opačný proces je procesem **desublimace**. **Měrné skupenské teplo sublimace** je definováno vztahem

$$l_s = \frac{L_s}{m} \text{ a } [l_s] = J \cdot kg^{-1} . \quad (2)$$

Přeměna kapaliny v páru je procesem **vypařování** (opačně proces **kondenzace**). Probíhá z povrchu kapaliny za každé teploty, rychlost vypařování zvýšíme zvýšením teploty kapaliny, zvětšením volného povrchu i odsáváním vypařovaných par. K přeměně kapaliny v plyn musíme látce o hmotnosti m dodat **skupenské teplo vypařování**, a definujeme **měrné skupenské teplo vypařování** jako

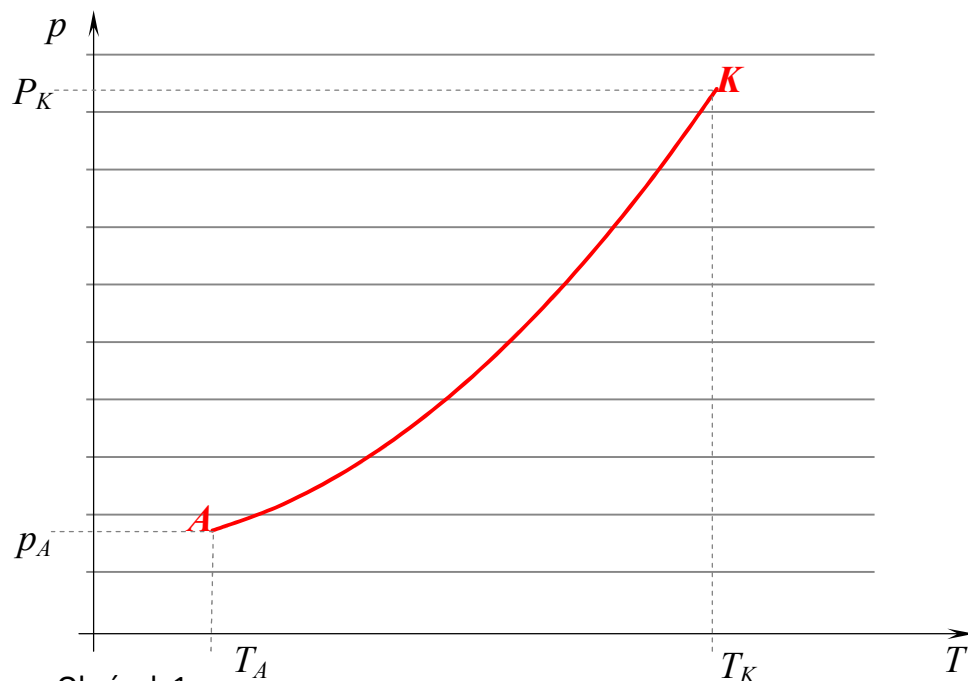
$$l_v = \frac{L_v}{m} \text{ a } [l_v] = J \cdot kg^{-1} . \quad (3)$$

Vypařování z celého objemu kapaliny nastává při **varu**, respektive, dosáhne-li kapalina zahříváním svojí teploty varu t_v . S rostoucím vnějším tlakem na kapalinu roste i teplota varu.

Aplikace: Papinův hrnec, destilační výroba alkoholu

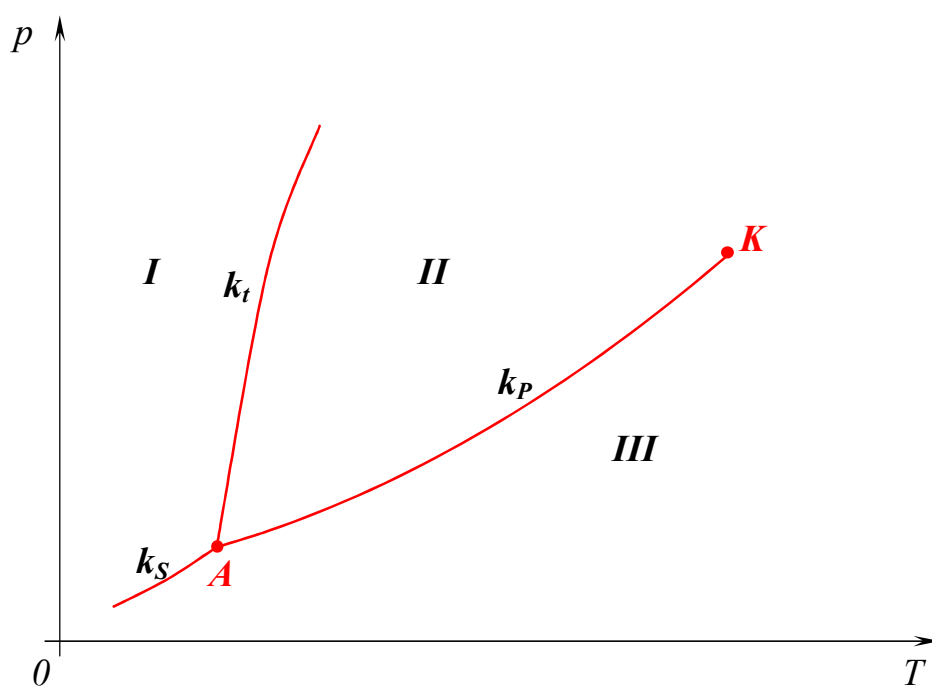
Je-li kapalina v uzavřené nádobě, přejde po určité době systém do stavu, kdy se nemění objem kapaliny a plynu a konstantní zůstane tlak plynu a teplota systému – tento rovnovážný stav se nazývá **syťá pára**. Tlak syťé páry při konstantní teplotě nezávisí na objemu páry, ale s rostoucí teplotou roste.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obrázek 1

Na obrázku 1 je graf závislosti tlaku na teplotě syté páry – křivku nazýváme **křivka syté páry**. Při **kritické teplotě** T_K má kapalina stejnou hustotu jako sytá pára, při vyšší teplotě vznikne stejnorodá látka bez rozdílu pára/kapalina.



Obrázek 2



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Je-li bod v oblasti *I* grafu na Obrázku 2, je v pevném skupenství, v oblasti *II* je ve skupenství rovnovážné kapaliny a v oblasti *III* je látka ve stavu plynném. Bod **A** je **trojný bod**, znázorňuje rovnovážný stav všech tří skupenství. **Přehřátá pára** je pára s nižším tlakem a hustotou než sytá pára téže teploty. V grafu jsou znázorněny křivka sublimace, křivka tání a křivka syté páry k_p .

V atmosféře popisujeme množství vodní páry **relativní a absolutní vlhkostí**. Absolutní vlhkost

$$\Phi = \frac{m}{V} \quad a \quad [\Phi] = kg \cdot m^{-3} \quad \text{kde } m \text{ je hmotnost vodní páry v prostoru } V, \quad (4)$$

relativní vlhkost vzduchu je

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_m} \cdot 100\% \quad \text{kde } \Phi_m \text{ je absolutní vlhkost vzduchu} \quad (5)$$

se sytou vodní párou stejné teploty, jako je teplota přehřáté vodní páry ve vzduchu, s absolutní vlhkostí Φ . Teplota, při níž se mění přehřátá vodní pára v sytou o téže Φ je **teplota rosného bodu**.

2. Řešený příklad (Hlavička, A., et al., 1978)

Kádinka s vodou má hmotnost 241,3g, kádinka váží 35,3g. Počáteční teplota vody je 18°C, po ukončení pokusu je teplota 42°C. Hmotnost kádinky s vodou a sraženou párou byla 248,7g. Teplota vroucí páry je dle barometrického tlaku 99,6°C. Jaké je skupenské teplo varu vody, předpokládáme-li, že se vodní pára srážela v kádince a že všechno uvolněné teplo přijala jen voda?

Hmotnost vody byla $M = 412 \text{ g}$, hmotnost sražené páry $m = 16,8 \text{ g}$, její počáteční teplota byla $t_0 = 99,6^\circ\text{C}$, konečná teplota vody byla $t_2 = 42,0^\circ\text{C}$, počáteční teplota vody byla $t_1 = 18,0^\circ\text{C}$. Skupenské teplo kondenzace označíme l_V .

Pára se srazila a pak ještě ochladila z teploty $t_0 = 18,0^\circ\text{C}$ na $t_2 = 42,0^\circ\text{C}$, vydala tedy teplo

$$m l_V + m(t_0 - t_2) \quad (6)$$

Studená voda se ohřála z teploty $t_1 = 18,0^\circ\text{C}$ na $t_2 = 42,0^\circ\text{C}$, vydala tedy teplo

$$M(t_2 - t_1) \quad (7)$$

Dle předpokladu je

$$m l_V + m(t_0 - t_2) = M(t_2 - t_1) \quad (8)$$

Odtud z (8) dostaneme

$$l_V = \frac{M(t_2 - t_1) - m(t_0 - t_2)}{m} = 2219 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}. \quad (8)$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3. Příklady k řešení (Lepil, O., Bednařík, M., & Široká, M., 1995)

- 3.1 Vodu o hmotnosti 2kg o teplotě 80°C máme ochladit na teplotu 20°C vhozením ledu o teplotě 0°C. Jaká je potřebná hmotnost ledu, je-li měrné skupenské teplo tání ledu 332kJ.kg⁻¹ a měrná tepelná kapacita vody 4180 J · kg⁻¹ · K⁻¹ a neuvažujeme-li tepelnou kapacitu nádoby? (1,207kg)
- 3.2 Vodu lze za určitých podmínek přechladit až na -10°C při zachování tekutosti. Jaká hmotnost ledu vznikne z hmotnosti 3kg takto přechlazené vody, jestliže vhozením kostky ledu zapříčiníme její ztuhnutí? Měrná tepelná kapacita vody je 4,18kJ.kg⁻¹K⁻¹ a měrné skupenské teplo tání ledu je 332kJ.kg⁻¹. (0,38kg)
- 3.3 Do kalorimetru o tepelné kapacitě 0,128kJ. K⁻¹ obsahujícího 1,5kg vody o teplotě 25,0°C vhodíme 0,3kg ledu o teplotě 0,0°C. Jakmile všechny led roztaje, ustálí se v kalorimetru výsledná teplota na 4,2°C. Vypočtete měrné skupenské teplo tání ledu. (332kJ.kg⁻¹)
- 3.4 K ohřátí určitého množství vody z teploty 20°C na elektrickém vařiči na teplotu 100°C bylo potřeba 10min. Potom za dobu 67,6min se veškerá voda přeměnila v páru. Urči měrné skupenské teplo varu vody. Zanedbáme tepelnou kapacitu nádoby a výměnu tepla s okolím. Předpokládáme, že voda se v páru přemění až při 100°C. (2 260kJ.kg⁻¹)
- 3.5 Vypočtete teplo potřebné k ohřátí 1,0kg ledu z teploty -5°C na teplotu tání za normálního tlaku, při této teplotě roztál, vzniklá voda se ohřála na teplotu varu a při této teplotě se zcela přeměnila v páru. Všechny potřebné údaje najdi v tabulkách, měrná tepelná kapacita ledu je 2,1kJ.kg⁻¹K⁻¹. (3,0MJ)
- 3.6 Jakou nejmenší rychlost musí mít olověná střela, aby se při nárazu na ocelovou desku roztavila? Teplota střely při dopadu je 37°C, teplota tání olova je 327°C, měrné skupenské teplo tání olova je 22,6kJ.kg⁻¹, měrná tepelná kapacita olova je 0,129kJ.kg⁻¹K⁻¹. Předpokládáme, že ocelová deska nepřebírá žádné teplo. (346m.s⁻¹)
- 3.7 Může voda vařit při teplotě nižší než 100°C? (Ano, snížíme-li tlak. Například s rostoucí nadmořskou výškou klesá tlak a tím klesá i teplota varu vody)
- 3.8 Proč se v Papinově hrnci urychlí příprava potravin? (uvnitř hrnce je vyšší tlak (pojistka), tím se zvýší teplota varu a dochází tak k urychlení přípravy potravin)
- 3.9 Teplota vzduchu je 20°C a relativní vlhkost vzduchu je 60%. Jaká je absolutní vlhkost vzduchu? (10,38.10⁻³kg.m⁻³)
- 3.10 Teplota vzduchu je 20°C a absolutní vlhkost vzduchu je 6,8.10⁻³kg.m⁻³. Určete rosný bod a relativní vlhkost vzduchu? (5°C, 39,3%)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Reference

Bartuška, K. (1993). *Fyzika pro gymnázia – molekulová fyzika a termika*. Praha: Galaxie, ISBN80-85204-22-3

Hlavička, A., et al. (1978). *Fyzika pro pedagogické fakulty, 1*. Praha: SPN

Lepil, O., Bednařík, M., & Široká, M. (1995). *Fyzika – sbírka úloh pro střední školy*. Praha: Prometheus, ISBN 80-7196-048-9

Obrázky

Obrázky 1, 2 - Janeček, J. (2012) (Vytvořeny v programu Microsoft Office Word 2007)

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu. Dílo smí být dále šířeno pod licencí CC BY-SA (www.creativecommons.cz)