

3.2.11 Vypařování

Předpoklady: 030210

Pomůcky: vývěva, teploměr, kádinka s vařící vodou, lžh, olej, voda, piják

Př. 1: Když se teplota voda během dosáhne 100°C (v Třeboni spíše 98°C), přestane se dále zvyšovat. Objeví se v ní bubliny stoupající k hladině. Co se s vodou děje? Na co je spotřebována dodávaná energie?

Voda začne vařit. Energie se spotřebovává na uvolňování molekul vody do vzduchu.

Př. 2: Může vařit voda i při jiné teplotě než 100°C ? Navrhni pokus, kterým bychom to ověřili.

Zřejmě ano. V Třeboni vaří většinou při teplotě 98°C .

Nalijeme do kádinky vařící vodu (pokud ji nezahříváme tak dál nevaří) a dáme ji pod vývěvu, kde můžeme snížit tlak. Pokud při nižším tlaku vzduchu voda vaří při nižší teplotě (zřejmý důvod pro to, aby v Třeboni vařila při nižší teplotě), mohla by opět začít vařit.

Pedagogická poznámka: Pokus není náročný a je velmi efektní. Vždycky ho provádím.

Teplota varu vody roste s tlakem vzduchu (při vyšším tlaku vaří voda při vyšší teplotě).

Př. 3: Popiš konstrukci tlakového hrnce („papiňáku“). Proč se v něm vaří jídla kratší dobu?

Tlakový hrnec má speciální pokličku, která s těsněním uzavře hrnec tak, aby něj nemohla utíkat pára \Rightarrow pára, která uvnitř vzniká, nemůže unikát \Rightarrow zvyšuje se tlak uvnitř hrnce \Rightarrow zvyšuje se teplota varu vody (a tedy i teplota v hrnci) \Rightarrow vaříme při vyšší teplotě než obvyklých 100°C .

Při vyšší teplotě se jídlo rychleji prohřívá a rychleji v něm dochází k tepelným změnám.

Př. 4: Ve vysokých horách naopak trvá vaření delší dobu. Proč?

S nadmořskou výškou klesá tlak vzduchu \Rightarrow klesá i teplota varu vody \Rightarrow na horách vaříme při nižší teplotě \Rightarrow jídlo se dělá déle (déle trvá, než se prohřeje i než proběhnou tepelné změny).

Př. 5: Mění se voda na páru pouze během varu? Najdi důvody pro své tvrzení.

Určitě ne. Prádlo uschne, louže se vypaří, aniž by teplota překročila 30°C (natož aby dosáhla 100°C).

Jak jej to možné?

Voda obsahuje různě rychlé molekuly, ty nejrychlejší mohou mít i při 20°C rychlost, která odpovídá průměru při teplotě 100°C \Rightarrow

- pokud je takto rychlá molekula uvnitř vody, sráží se s ostatními a v těchto srážkách energii ztratí (předá ostatním molekulám),

- pokud je molekule na kraji vody a pohybuje se správným směrem, může se od ostatních molekul odtrhnout a odnést svou energii sebou (vypaří se).

Naopak se může stát, že molekula vody ve vzduchu narazí do kapky molekul, při této srážce přijde o svou energii a v kapce zůstane.

Př. 6: Jak se změní doba nutná ke schnutí prádla, když:

- a) je venku teplé počasí b) fouká vítr c) je právě po dešti.
Odpovědi zdůvodni.

a) teplé počasí ⇒ rychlejší schnutí prádla.

Teplé počasí ⇒ teplejší voda ⇒ větší průměrná rychlost molekul ⇒ více molekul, které mají dostatečnou rychlost na vypaření ⇒ rychlejší vypařování.

b) foukající vítr ⇒ rychlejší schnutí prádla.

Foukající vítr ⇒ vzduch od prádla, který obsahuje vypařené molekuly, je rychle odfouknut pryč ⇒ vypařené molekuly se nemohou zpátky chytit do kapky, ze které se vypařily.

c) je právě po dešti ⇒ pomalejší schnutí prádla.

Vzduch po dešti obsahuje hodně vypařených molekul vody ⇒ tyto molekuly mohou narazit do kapky, zachytit se v ní a tím ji zvětšit.

Př. 7: Které okolnosti ovlivňují rychlost vypařování. Vymysli jednoduché pokusy, které by Tvé tvrzení podpořily.

- Teplota: vyšší teplota ⇒ rychlejší vypařování (větší teplota ⇒ větší průměrná rychlost částic ⇒ více částic, které se mohou uvolnit ⇒ více, částic, které uvolní ⇒ rychlejší vypařování).
Sledujeme vypařování na studené a zahřáté podložce, na zahřátá se voda vypaří rychleji.
- Povrch: větší povrch ⇒ rychlejší vypařování (větší povrch ⇒ více molekul, které jsou na kraji a mohou uniknout ⇒ více uniklých molekul ⇒ rychlejší vypařování).
Když kapku rozmázneme po lavici, vypaří se rychleji.
- Vítr: větší vítr ⇒ rychlejší vypařování (větší vítr ⇒ vypařené molekuly se rychle odfouknou od vody ⇒ malá pravděpodobnost, že se vrátí zpátky do vody ⇒ rychlejší vypařování).
- Vlhkost vzduchu: větší vlhkost vzduchu ⇒ pomalejší vypařování (vyšší vlhkost vzduchu ⇒ hodně vypařených molekul vody, kterou mohou narazit do kapky a zůstat v ní zachycené ⇒ více molekul, které se vrací ze vzduchu do kapky ⇒ pomalejší vypařování).

Př. 8: Jak se změní kapka vody, když se z ní vypaří část molekul?

Kapka bude:

- menší (molekuly ubyly),
- studenější (z kapky zmizely rychlé molekuly ⇒ průměrná rychlost molekul se zmenší).

Př. 9: Proč je člověku zima, když vyleze z vody? Proč je situace horší, když při tom fouká vítr? Proč je naopak lepší, pokud je po dešti?

Člověk vyleze z vody \Rightarrow je mokrý \Rightarrow voda se vypařuje \Rightarrow zbytek vody na člověku se ochlazuje \Rightarrow člověku je zima.

Fouká vítr \Rightarrow voda z těla se rychleji odpařuje \Rightarrow nevypařený zbytek vody se více ochlazuje \Rightarrow člověku je větší zima.

Po dešti \Rightarrow velká vlhkost vzduchu \Rightarrow hodně molekul, které se vrací do kapek na těle \Rightarrow pomalé vypařování \Rightarrow menší pokles teploty \Rightarrow menší zima.

Př. 10: V 19. století provedl jeden biolog brutální pokus, kterým chtěl ukázat, jaký význam má pocení pro živočichy. Do pece zavřel kus masa a svého psa. Po uplynutí určité doby pec otevřel. Pes vyběhl zdravý z pece a běžel se napít, maso bylo upečené. Jak mohl pes přežít? Proč měl žízeň?

Maso: energie dodávaná od vzduchu v peci se spotřebovává na ohřívání masa \Rightarrow maso se ohřeje \Rightarrow maso se upeče.

Pes: energie dodávaná od vzduchu v peci se spotřebovává na vypařování vypocené vody (pes vyplazuje jazyk, přes který dýchá) \Rightarrow tělo psa se neohřívá \Rightarrow pes se neupeče.

Př. 11: Jarda dal na plotýnku hrnec s 1,2 litru vody na polívku. Voda měla počáteční teplotu 15°C a začala vařit po 6 minutách. Jarda na ní zapomněl. Za jak dlouho se voda vyvaří a hrnec se začne pálit? Potřebné konstanty najdi na internetu nebo v tabulkách. Předpokládej, že množství tepla, které dodává vařič hrnci se nemění.

Když voda dosáhne bodu varu, přestane stoupat její teplota \Rightarrow teplo z vařiče se musí spotřebovávat (jako u ledu) na změnu skupenství \Rightarrow musíme zjistit, kolik tepla je na vyvaření potřeba \Rightarrow hledáme něco jako měrné skupenské teplo vaření.

Hodnota v tabulkách: měrné skupenské teplo varu, pro vodu $l_v = 2\,260\,000\text{ J/kg}$ \Rightarrow na vyvaření 1,2 litru vody je třeba $Q = ml_v = 1,2 \cdot 2\,260\,000\text{ J} \doteq 2\,700\,000\text{ J}$.

Pokud chceme vědět, za jak dlouho se voda vyvaří, musíme zjistit, kolik tepla dodává vařič za každou sekundu. V zadání není \Rightarrow musíme ji zjistit z údajů o ohřívání vody (tam je čas uvedený).

Ze zadaných údajů můžeme spočítat množství tepla, které je třeba k ohřátí vody na 100°C a z času pak snadno zjistíme, jaké množství tepla musíme dodávat každou sekundu.

Teplo potřebné k ohřátí 1,2 litru vody z 15°C na 100°C :

$$Q = mc\Delta t = 1,2 \cdot 4200 \cdot (100 - 15)\text{ J} \doteq 430\,000\text{ J}$$

Ohřívání trvalo 6 min = 360 s \Rightarrow za 1 s dodá vařič teplo $430\,000 : 360\text{ J} = 1200\text{ J}$.

Vyvaření vody bude trvat $2\,700\,000 : 1200\text{ s} = 2250\text{ s} = 37,5\text{ min}$

Voda v hrnci se vyvaří přibližně za 38 minut.

Př. 12: Urči kolikrát je doba nutná k vyvaření vody delší než doba nutná k jejímu uvedení do varu. Nejdříve odhadni, na kterých veličinách tento poměr závisí, pak jej spočti.

Odhadni potřebné hodnoty pro situace, které odpovídají běžné kuchyni a studené vodě z kohoutku.

Projedeme si řešení předchozího příkladu.

Nezáleží na:

- hmotnosti (hmotnost zvětšuje stejným způsobem teplo na zahřátí i na vyvaření),
- výkonu vařiče (výkon vařiče zkracuje stejným způsobem dobu na zahřátí i na vyvaření).

Záleží na:

- počáteční teplotě (nižší počáteční teplota zvětšuje množství tepla potřebného k ohřátí, ale ne množství tepla potřebného k vyvaření).

Poměr obou časů můžeme dopočítat z poměru tepla potřebného k vyvaření vody a tepla potřebného k jejímu ohřátí na 100°C :

- teplo potřebné k vyvaření: $Q_v = ml_v$,
- teplo potřebné k ohřátí: $Q_o = mc\Delta t = mc(100 - t_0)$,

$$\text{poměr: } k = \frac{ml_v}{mc(100 - t_0)} = \frac{l_v}{c(100 - t_0)}.$$

Prohlédneme vztah:

- l_v : konstanta (měrné skupenské teplo varu) \Rightarrow nemění se,
- c : konstanta (měrná tepelná kapacita vody) \Rightarrow nemění se,
- t_0 : počáteční teplota vody \Rightarrow může se měnit \Rightarrow předpokládáme, že se rovná

$$\text{například } 8^{\circ}\text{C (studená voda): } k = \frac{l_v}{c(100 - t_0)} = \frac{2\,260\,000}{4\,200 \cdot (100 - 8)} \doteq 5,8.$$

Doba nutná k vyvaření vody je přibližně 6 krát větší než doba nutná k jejímu ohřátí na teplotu varu.

Dodatek: Samozřejmě by bylo možné poměr dopočítat i pomocí času:

$$\text{doba ohřívání: } t_o = \frac{Q_o}{P} = \frac{mc(100 - t_0)}{P},$$

$$\text{doba vyvaření: } t_v = \frac{Q_v}{P} = \frac{ml_v}{P},$$

$$\text{poměr: } \frac{t_v}{t_o} = \frac{\frac{ml_v}{P}}{\frac{mc(100 - t_0)}{P}} = \frac{l_v}{c(100 - t_0)},$$

nebo naopak zvolit konkrétní hodnotu výkonu vařiče i hmotnosti vody a poměr spočítat z konkrétních výsledků.

Shrnutí: