

DUM č. 12 v sadě

10. Fy-1 Učební materiály do fyziky pro 2. ročník gymnázia

Autor: Vojtěch Beneš

Datum: 03.05.2014

Ročník: 1. ročník

Anotace DUMu: Kapaliny, změny skupenství

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. ročník **Vlastnosti kapalin, změny skupenství – písemná práce**

Zkoušené učivo

- povrchová vrstva
- povrchové napětí
- povrchová energie
- kapilarita
- teplotní objemová roztažnost kapalin
- změny skupenství
- kalorimetrie
- vodní pára v atmosféře

Metodické poznámky

- čas na vypracování = 1 vyučovací hodina (reálně max. 40 minut)
- obtížnost skupin srovnatelná
- zadání obsahuje jak teoretické otázky, tak příklady
- obtížnost písemky je záměrně nižší než u příkladů k procvičení – při řešení příkladů doma má žák k dispozici poznámky, učebnici, internetové zdroje a hlavně dostatek času
- vzorce pro objem válce a objem koule záměrně nejsou zadány – žáci se s nimi seznamují v matematice na ZŠ a znovu ve středoškolské matematice – tyto vztahy by měli znát všichni

2. ročník Vlastnosti kapalin, změny skupenství A

- 1) Na čem závisí povrchové napětí kapaliny?
- 2) Rozhodněte, zda platí následující tvrzení. Svoji volbu důkladně zdůvodněte.
 - a) Přidáním čisticího prostředku do vody se zvýší její povrchové napětí.
 - b) Jednotka povrchového napětí vyjádřená pomocí základních jednotek SI je $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$.
 - c) Kapilární elevace je důsledkem hydrostatického tlaku v kapalině.
 - d) Rosný bod je teplota, při které je vzduch vodními párami nasycen.
 - e) Spojí-li se dvě kapičky v jednu, jejich povrchová energie poklesne.
- 3) Kolik kapek vody musí odkapat z byrety o vnějším průměru 2 mm do odměrného válce, abychom získali přesně 6 ml vody? Povrchové napětí vody má v soustavě SI hodnotu $7,2\cdot 10^{-2}$ a hustota vody je $1\ 000\ \text{kg}/\text{m}^3$.
- 4) V termosce o tepelné kapacitě 200 J/K je čaj o hmotnosti 300 g a teplotě 55 °C. Jaké množství ledu o teplotě -12 °C je třeba dovnitř přidat, abychom získali osvěžující nápoj teploty 10 °C? Tepelné ztráty neuvažujte. Měrná tepelná kapacita čaje je $4,2\cdot 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, měrná tepelná kapacita ledu je $2,1\cdot 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a měrné skupenské teplo tání ledu činí $3,34\cdot 10^5\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- 5) Do hrnce s kruhovou podstavou o velikosti 200 cm² jsme nalili vodu o teplotě 10 °C do výšky přesně 10,0 cm ode dna. Dáme jej na sporák a budeme zahřívat.
 - a) V jaké výšce bude hladina při teplotě 90 °C? Roztažnost hrnce zanedbáme, součinitel teplotní objemové roztažnosti vody je $1,9\cdot 10^{-4}\ \text{K}^{-1}$.
 - b) Popište fyzikální děje, ke kterým bude docházet při dalším dodávání tepla.

2. ročník Vlastnosti kapalin, změny skupenství B

- 1) Na čem závisí rychlost vypařování?
- 2) Rozhodněte, zda platí následující tvrzení. Svoji volbu důkladně zdůvodněte.
 - a) Posypáním namrzlé silnice solí se zvýší teplota ledu a led roztaje.
 - b) Normálové napětí a povrchové napětí mají stejnou jednotku.
 - c) Součinitel teplotní objemové roztažnosti je kladný pro všechny kapaliny při všech teplotách.
 - d) Přehřátá pára vznikne zahříváním syté páry bez přítomnosti kapaliny.
 - e) Při zvětšení poloměru kapiláry v ní hladina poklesne.
- 3) Dvě stejné kapičky vody o poloměru 0,5 mm se spojí v jedinou. O kolik se při tom změní povrchová energie? Povrchové napětí vody má hodnotu $7,2\cdot 10^{-2}\ \text{N}/\text{m}$. Povrch koule se počítá podle vzorce $S = 4\pi r^2$.
- 4) V termosce o tepelné kapacitě 200 J/K je čaj o neznámé hmotnosti m_1 a teplotě 55 °C. Vhodíme dovnitř 7 kostek ledu o celkové hmotnosti 70 g a teplotě -12 °C. Získáme tak osvěžující nápoj teploty 8 °C. Určete hmotnost m_1 . Tepelné ztráty neuvažujte. Měrná tepelná kapacita čaje je $4,2\cdot 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, měrná tepelná kapacita ledu je $2,1\cdot 10^3\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a měrné skupenské teplo tání ledu činí $3,34\cdot 10^5\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- 5) Do hrnce s kruhovou podstavou o velikosti 250 cm² jsme nalili vodu o teplotě 15 °C do výšky přesně 15,0 cm ode dna. Dáme jej na sporák a budeme zahřívat.
 - a) V jaké výšce bude hladina při teplotě 85 °C? Roztažnost hrnce zanedbáme, součinitel teplotní objemové roztažnosti vody je $1,9\cdot 10^{-4}\ \text{K}^{-1}$.
 - b) Popište fyzikální děje, ke kterým bude docházet při dalším dodávání tepla.

Řešení skupiny A

- 1) Povrchové napětí kapalin závisí na druhu kapaliny, na plynu nad jejím povrchem a na teplotě.
- 2) Tvrzení
 - a) NE, povrchové napětí se sníží a voda lépe vymývá nečistoty.
 - b) ANO, $\sigma_p = \frac{F}{l}$, takže jednotkou je $\frac{N}{m} = \frac{kg \cdot m \cdot s^{-2}}{m} = kg \cdot s^{-2}$.
 - c) NE, kapilární jevy jsou důsledkem povrchového napětí, resp. působení mezi molekulami kapaliny a stěnami nádoby.
 - d) ANO, rosný bod leží na křivce syté páry.
 - e) ANO, protože povrch dvou koulí je větší než povrch jediné koule o stejném objemu.
- 3) Kapka se od byrety odtrhne v okamžiku, kdy její tíhová síla převyší povrchovou sílu: $m_1 g > \sigma_p \pi d$. Hmotnost jedné kapky je $m_1 = 4,61 \cdot 10^{-5}$ kg. Hmotnost 6 ml vody je $m_2 = 6,00 \cdot 10^{-3}$ kg. Počet kapek $N = \frac{m_2}{m_1} = 130$.
- 4) K přeměně ledu o teplotě -12 °C na vodu o teplotě $+10$ °C je třeba dodat teplo
 $Q_1 = m_1 c_{led} [0 - (-12)] + m_1 l + m_1 c_{voda} (10 - 0)$.
Toto teplo získá led od termosky a čaje v ní, který se spolu s termoskou ochladí z 55 °C na 10 °C. Zanedbáme-li tepelné ztráty, dostáváme kalorimetrickou rovnici
$$m_1 c_{led} [0 - (-12)] + m_1 l + m_1 c_{voda} (10 - 0) = C(55 - 10) + m_2 c_{voda} (55 - 10)$$

Hmotnost ledu $m_1 = \frac{(m_2 c_{voda} + C)(55 - 10)}{12 c_{led} + l + 10 c_{voda}} = 164$ g.
- 5) Roztažnost
 - a) Objem nádoby = původní objem kapaliny = $V_0 = 2,00 \cdot 10^{-3}$ m³. Během zahřívání se zvyšuje objem kapaliny přibližně lineárně $V = V_0 \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t) = 2,03 \cdot 10^{-3}$ m³, takže výška hladiny bude $15,20$ cm.
 - b) Během zahřívání dochází k vypařování z povrchu (hladiny) – při výpočtu jsme neuvažovali. Po dosažení bodu varu přestane teplota narůstat, vypařování bude probíhat v celém objemu.

Bodování:

- 1) 1,5 bodů
- 2) 5 bodů
- 3) 5 bodů
- 4) 5 bodů
- 5) a) 2,5 bodů, b) 1 bod

Celkem 20 bodů

Řešení skupiny B

- 1) Rychlost vypařování závisí na teplotě, velikosti povrchu a rychlosti odstraňování vypařených molekul.
- 2) Tvrzení
 - a) NE, teplota silnice se nezmění, klesne teplota tání ledu.
 - b) NE, normálové napětí je síla na plochu, povrchové napětí je síla na jednotku délky okraje kapaliny.
 - c) NE, u vody mezi 0 °C a 4 °C klesá objem při zvyšování teploty (= anomálie vody).
 - d) ANO, ve fázovém diagramu vpravo od křivky syté páry.
 - e) ANO, pokud v ní kapalina stěny smáčí, v opačném případě NE.
- 3) Povrchová energie dvou kapek je $E_2 = 2 \cdot \sigma_p S = 8\pi\sigma_p r^2 = 4,52 \cdot 10^{-7}$ J. Při spojování se nemění objem kapaliny $V = 2 \cdot \frac{4}{3}\pi r_{malá}^3 = \frac{4}{3}\pi r_{velká}^3$. Poloměr velké kapky $r_{velká} = \sqrt[3]{2}r_{malá} = 0,630$ mm. Povrchová energie velké kapky $E_2 = 3,59 \cdot 10^{-7}$ J. Sloučením kapek povrchová energie klesla o $9,3 \cdot 10^{-8}$ J.
- 4) K přeměně ledu o teplotě -12 °C na vodu o teplotě $+8$ °C je třeba dodat teplo $m_2 c_{led}[0 - (-12)] + m_2 l + m_2 c_{voda}(8 - 0)$. Toto teplo získá led od termosky a čaje v ní, který se spolu s termoskou ochladí z 55 °C na 8 °C. Zanedbáme-li tepelné ztráty, dostáváme kalorimetrickou rovnici
$$m_2 c_{led}[0 - (-12)] + m_2 l + m_2 c_{voda}(8 - 0) = C(55 - 8) + m_1 c_{voda}(55 - 8)$$
Hmotnost čaje $m_1 = \frac{m_2(12c_{led} + l + 8c_{voda}) - 47C}{47c_{voda}} = 92$ g.
- 5) Roztažnost
 - a) Objem nádoby = původní objem kapaliny = $V_0 = 3,75 \cdot 10^{-3}$ m³. Během zahřívání se zvyšuje objem kapaliny přibližně lineárně $V = V_0 \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t) = 3,80 \cdot 10^{-3}$ m³, takže výška hladiny bude 10,15 cm.
 - b) Během zahřívání dochází k vypařování z povrchu (hladiny) – při výpočtu jsme neuvažovali. Po dosažení bodu varu přestane teplota narůstat, vypařování bude probíhat v celém objemu.

Bodování:

- 1) 1,5 bodů
- 2) 5 bodů
- 3) 5 bodů
- 4) 5 bodů
- 5) a) 2,5 bodů, b) 1 bod

Celkem 20 bodů