

Úloha III.C ... Kyselina

6 bodů; průměr 4,68; řešilo 38 studentů

Při ředění kyseliny chlorovodíkové (HCl) ve vodě (H_2O) dochází k zajímavému ději. Voda dokáže roztrhnout poměrně silnou vazbu mezi vodíkem a chlórem, ale za cenu toho, že vodík přijde o svůj elektron – vznikne tedy kationt H^+ a aniont Cl^- . Vodíkový kationt se pak ale rychle naváže k molekule vody za vzniku kationtu H_3O^+ . Tento „přenos“ vodíku je energeticky výhodný, neboť se při této reakci uvolní 75 kJ energie ve formě tepla na jeden mol HCl .

O kolik se změní teplota v kádince s 200 ml vody, když v ní rozředíme 1 mol koncentrované HCl ?

V celém příkladu se jedná o uvolňování tepla do vody, kterou ve výsledku ohřívá roztok vody a kyseliny. Zadaný objem vody $V = 200$ ml váží $m_{\text{H}_2\text{O}} = 200$ g (neboť hustota vody je $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) a 1 mol HCl váží¹ přibližně $m_{\text{HCl}} = 36$ g, takže teplo uvolněné po rozředění ohřeje roztok s hmotností $m = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{HCl}} = 236$ g o několik stupňů, což označíme změnou teploty Δt . Využijeme tedy kalorimetrickou rovnici $Q = mc\Delta t$. Množství tepla odpovídá $Q = 75 \text{ kJ} = 75\,000 \text{ J}$ uvolněných rozpouštěnou HCl . Zjednodušeně lze uvážit, že konstanta c (měrná tepelná kapacita) se přidáním HCl nezmění oproti hodnotě platné pro čistou vodu, tzn. $c = 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$.

Nakonec si vyjádříme hledaný rozdíl teplot obecně z kalorimetrické rovnice, poté dosadíme zadané hodnoty:

$$Q = mc\Delta t \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \frac{Q}{mc} = \Delta t = \frac{75\,000 \text{ J}}{0,236 \text{ kg} \cdot 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}} \doteq 76 \text{ °C}.$$

Právě proto, že kyselina uvolňuje do vody tolik tepla, se vždy lije kyselina do vody, a ne voda do kyseliny. Pokud lijeme kyselinu do vody, postupně narůstá koncentrace kyseliny a tím pádem i teplota nestoupá skokem, ale pomalu. Naopak po nalití vody do kyseliny je počáteční koncentrace kyseliny v malém množství námi vlité vody vysoká a teplota naroste mnohem rychleji, takže voda může začít vřít a může i vyprsknout.

Poznámky k došlým řešením

Řešení tohoto příkladu se odvíjelo od vyřešení kalorimetrické rovnice. Jediný větší „háček“, na který jste se mohli nechat chytit, byla otázka ohledně zanedbání hmotnosti kyseliny HCl ve vodném roztoku a poté také zanedbávání její měrné tepelné kapacity. Proč zanedbáváme měrnou tepelnou kapacitu kyseliny, ale nemůžeme zanedbat její hmotnost? Odpovědi se skrývají v celém procesu vzniku roztoku a disociaci (neboli rozkladu) molekul kyseliny na ionty. Kyselina chlorovodíková v roztoku pořád je a nikam nezmizela, tudíž její hmotnost musíme do rovnice započítat (nehledě na to, že její hmotnost není velikostně vůči hmotnosti vody až tak malá, aby se její zanedbání neprojevovalo ve výsledku). Co se týče použití měrné tepelné kapacity pro čistou HCl , tu nemůžeme použít právě proto, že se kyselina disociovala na ionty a tudíž už se její tepelné kapacitní vlastnosti pozměnily (oproti stavu, kdy byla HCl tvořena navenek neutrální

¹https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_chlorovodíková

molekulami). Měrná tepelná kapacita roztoku je navíc číselně podobná měrné tepelné kapacitě vody.

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.