

## Vysvětlení

Při zakrývání svíčky skleničkou dochází k ohřívání vzduchu uvnitř skleničky, ten se rozpíná a ze skleničky uniká. Při styku skleničky s vodní hladinou je vidět unikající bubliny vzduchu. Po zhasnutí svíčky se naopak vzduch ve skleničce začne ochlazovat, čímž se sníží tlak. Tlak okolního vzduchu pak natlačí vodu do skleničky.

Časté vysvětlení, že voda vystoupí do skleničky, protože „shoří kyslík“ ve skleničce, není správné. Pokud budeme pro první zjednodušení předpokládat, že hoření je dokonalé spalování uhlíku ( $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ), můžeme jednoduchým výpočtem dokázat, že pouhým spálením kyslíku by voda do takové výšky nevystoupala.

Jedné molekule  $O_2$  v uvedené reakci odpovídá jedna molekula  $CO_2$ . Objem použitého uhlíku je zanedbatelný vzhledem k objemům kyslíku a kysličníku uhličitého. Objem molekul plynů spočítáme  $V = \frac{M_r \cdot m_u}{\rho}$ . Kde  $M_r$  je relativní molekulová hmotnost,  $m_u = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg je atomová hmotnostní jednotka a  $\rho$  je hustota plynů při teplotě  $0^\circ C$  a tlaku  $10^5$  Pa.

Při stálém tlaku narůstá objem plynů přímo úměrně teplotě, proto bude poměr objemů plynů stejný, ať vezmeme hustotu při jakékoliv teplotě. Pro poměr objemů plynů pak dostáváme  $\frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}} = \frac{M_{rCO_2}}{M_{rO_2}} \cdot \frac{\rho_{O_2}}{\rho_{CO_2}}$ . Pro zaokrouhlené hodnoty  $M_{rCO_2} = 44$ ,  $M_{rO_2} = 32$ ,  $\rho_{CO_2} = 1,95 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $\rho_{O_2} = 1,41 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  je změna objemu vzduchu v láhvi  $\frac{V_{O_2} - V_{CO_2}}{V_{O_2}} = 0,006$ .

Tedy objem vzduchu se z důvodu hoření zmenší pouze o 0,6%. Kdybychom pokus dělali se skleničkou válcového tvaru vysokou 10 cm, voda by z důvodu hoření vystoupila maximálně do výšky 0,6 mm.

Vraťme se však k původnímu vysvětlení založenému na teplotní objemové roztažnosti plynů. Jak se změní objem vzduchu ve skleničce, můžeme odhadnout ze vztahu pro teplotní objemovou roztažnost  $V = V_0(1 + \beta \Delta t)$ , kde  $\Delta t$  je změna teploty,  $\beta$  součinitel objemové teplotní roztažnosti a  $V_0$  počáteční objem. Pro změnu objemu tedy platí  $\frac{V - V_0}{V_0} = \beta \Delta t$ .

Už při přírůstku teploty pouhých  $40^\circ C$ , při součiniteli objemové teplotní roztažnosti vzduchu  $\beta = 3,67 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ C^{-1}$ , dostáváme  $\frac{V - V_0}{V_0} = 0,15$ . Ve skleničce válcového tvaru 10 cm vysoké by už při zahřátí vzduchu a následném ochlazení o pouhých  $40^\circ C$  voda vystoupila do výšky 1,5 cm.

Z výpočtů je zřejmé, že změna objemu vzduchu způsobená hořením je proti změně objemu způsobené zahříváním a následným ochlazením vzduchu zanedbatelná.

To je možno ukázat, pokud skleničku pouze nahřejeme horkou vodou a otočenou postavíme do misky s vodou. Po ochlazení skleničky do ní vystoupá voda. Samotné hoření vůbec není zapotřebí.

Ve skutečnosti je situace poněkud složitější, hoření parafínu probíhá podle následující reakce ( $\text{CH}_2 + \frac{3}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ). Na pozorovaném ději má značný podíl také kondenzace vodní páry. To si můžeme ukázat na stěnách skleničky, kde jsou vidět kapičky zkondenzované vodní páry, která vznikla při hoření.