

HOŘLAVÉ PLYNY

Václav Piskač

Gymnázium tř.Kpt.Jaroše, Brno

Abstrakt: příspěvek rozebírá chemicko-fyzikální vlastnosti nejjednodušších uhlovodíků a jejich využití při výuce fyziky

Klíčová slova: alkany, hořlavé plyny, skupenské změny, fázový diagram

Úvod

Nejjednodušší uhlovodíky - alkany - jsou kouzelné jak svou stavbou tak běžným výskytem v našem okolí. Díky jednoduchosti stavby svých molekul umožňují poměrně prosté výpočty molárních hmotností a hustot. Pro své úvahy se omezují na prvních pět alkanů - metan, etan, propan, butan a pentan, navíc v úvahách vynechávám izomery složitějších molekul - butanu a pentanu (jejich fyzikální vlastnosti se mírně liší od „základního provedení“ molekuly).

1. Základní popis

Vzorec alkanů je C_nH_{2n+2} . Tvoří je řetízek uhlíků, ke kterým jsou uchyceny vodíky - ke dvěma krajním po 3, k vnitřním po 2. Bez výjimky jsou všechny nepolární (tj. nebaví se s iontovými sloučeninami). Následující tabulka obsahuje jejich základní chemicko-fyzikální vlastnosti. Převzato z [1] a [2] (i ostatní tabulkové hodnoty ve zbytku textu).

alkan	vzorec	skupenství při 20°C	molární hmotnost [g/mol]	hustota plynu při 20°C [kg/m ³]	bod varu při 10 kPa [°C]	kritický bod [°C]
metan	CH ₄	plyn	16	0,68	- 162	- 83
etan	C ₂ H ₆	plyn	30	1,28	- 89	32
propan	C ₃ H ₈	plyn	44	1,91	- 45	97
butan	C ₄ H ₁₀	plyn	58	2,48	- 0,5	152
pentan	C ₅ H ₁₂	kapalina	72	- - -	36	197

Je vidět, že s rostoucí složitostí molekuly roste jak bod varu (za normálního tlaku) tak kritický bod. Tj. čím je molekula složitější, tím vyšší musí mít energii, aby se uvolnila z vazeb.

Při probírání skupenských změn a fázového diagramu nabízejí alkeny velmi zajímavé modelové příklady. Metan má kritický bod -83°C, za pokojové teploty ho nemůžeme zkapalnit. Pro pohon automobilů se proto používá CNG – compressed natural gas, metan je v zásobnících pouze stlačen. Kvůli tomu mají autobusy poháněné CNG na střeše velikánské zásobníky na plyn. Metan se přepravuje i v kapalném skupenství jako LNG – liquified natural gas, ale v kryogenních podmínkách za -162°C (pouze na zámořských lodích).

LPG – liquified petroleum gas je zkratka pro běžnou směs propan-butan. Oba plyny mají kritický bod vysoko nad pokojovou teplotou, proto je lze poměrně snadno zkapalnit zvýšením tlaku – propan má tlak sytých par při pokojové teplotě 900 kPa, butan jen 200 kPa (pro srovnání etan má tlak sytých par při pokojové teplotě 3850 kPa). Ke skladování zkapalněného propanu postačuje ocelová nádoba, pro skladování

zkapalněného butanu dokonce jenom plastová nádoba (zapalovač). Autobusy poháněné LPG mají nádrže srovnatelné velikosti jako dieselové autobusy, proto jim střechy nehyzdí obří zásobníky.

Bod varu butanu při normálním tlaku je $-0,5^{\circ}\text{C}$. Každý kuřák vám potvrdí, že za mrazů butanové zapalovače nehoří – butan nemá důvod se překotně vypařovat. Jako nekuřák jsem si jejich tvrzení ověřil – zapalovač ponechaný hodinu v mrazáku skutečně odmítal hořet, dokud si nevyrovnal teplotu s okolím.

Pozor – při 100°C je tlak sytých par butanu už 1500 kPa, takže plastový zapalovač vhozený do vařící vody exploduje.

2. Výpočty

Řada alkanů umožňuje zajímavé výpočty. Vyjdeme například z metanu – tabulková hodnota hustoty za pokojové teploty je $0,68\text{ kg/m}^3$, molární hmotnost CH_4 je $1 \times 12 + 4 \times 1 = 16\text{ g/mol}$. Obdobně molární hmotnost propanu C_3H_8 je 44 g/mol . Tzn. propan má 2,75 krát těžší molekuly než metan. Pokud budeme předpokládat, že oba plyny mají při normálních podmínkách stejné vzdálenosti mezi molekulami, měl by mít propan hustotu 2,75 krát větší než metan, tj. $0,68 \times 2,75 = 1,87\text{ kg/m}^3$, tabulkové hodnota je $1,91\text{ kg/m}^3$, což je velmi slušný výsledek.

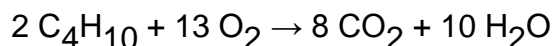
3. Kde plyny vzít

Stručný přehled plynů pro výuku jsem uvedl v [3].

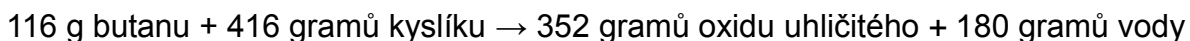
4. Fyzika zapalovače

Pokusil jsem se spočítat fyzikální vlastnosti butanového zapalovače (je to objekt běžného provozu). Objem kapalného butanu v nádobce zapalovače jsem po proměření nádobky šuplérkou odhadnul na 4 ml. Hustota kapalného butanu je 600 kg/m^3 , v zapalovači je 2,4 g butanu. Hustota plynného butanu je $2,48\text{ kg/m}^3$, takže po vypaření dostáváme cca 1 litr hořlavého plynu. Spalné teplo butanu je $49,5\text{ MJ/kg}$, takže zapalovač dokáže dodat 120 kJ tepla (to ohřeje litr vody jen o necelých 30°C).

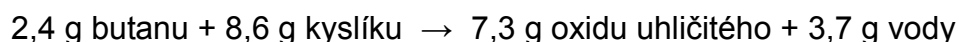
Samotné hoření (pokud probíhá za běžných podmínek) popisuje rovnice



Molární hmotnost uhlíku je 12 g/mol , vodíku 1 g/mol , kyslíku 16 g/mol , proto lze rovnici pro 1 mol přepsat následovně



přepočítáno na 1 zapalovač



8,6 gramu kyslíku odpovídá 6 litrům čistého plynu za atmosférického tlaku (hustota kyslíku je $1,43\text{ kg/m}^3$), ve vzduchu je 21 objemových procent kyslíku, takže na vyhoření jednoho zapalovače vypotřebujeme kyslík z 29 litrů vzduchu.

Záver

Alkany nabízejí vcelku elegantní a účinnou možnost, jak se žáky probírat a procvičovat děje na pomezí fyziky a chemie. Lze je zapojit do výuky jak na ZŠ tak na SŠ.

Literatura

[1] <http://www.wikipedia.org>

[2] <http://encyclopedia.airliquide.com>

[3] PISKAČ, V.: Kde vzít plyny. [online]. Brno: 2014. [citované 28. listopadu 2015],
Dostupné na: <http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/jaknato/kde_vzit_plyny.pdf>

Adresa autora

Mgr. Václav Piskač

Gymnázium třída Kapitána Jaroše, Brno

třída Kapitána Jaroše 14, 658 70 Brno, Česká republika

vaclav.piskac@seznam.cz