

## 5. Što znamo o benzenu

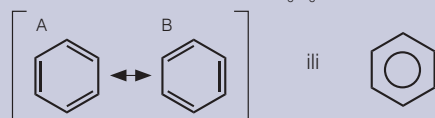
Benzen pripada skupini aromatskih spojeva koji su dobili ime po tome što svi imaju karakterističan miris, koji nije uvijek ugodan. Osim mirisa pojam aromatičnosti podrazumijeva posebnu stabilnost spojeva koji imaju u svojoj strukturi nezasićen prsten od šest ugljikovih atoma – benzenski prsten. Molekula benzena je planarna, čini je šesteročlani prsten ugljikovih atoma, a na svaki od njih vezan je po jedan vodikov atom. Benzen je bezbojna, lako zapaljiva tekućina karakteristična mirisa, kancerogen je, a pare su mu otrovne i eksplozivne. Dobro je otapalo, značajna sirovina u nizu organskih sinteza i u naftnoj industriji jer ugljikovodična goriva postaju kvalitetnija ako se benzenu dodaju spojevi srodni benzenu. Napomenimo da neki derivati benzena, primjerice toluen, nisu kancerogeni.

- a) (1) Na temelju uvodnih podataka napiši molekulsku i strukturnu formulu benzena.
- (2) Pročitaj pažljivo navedena svojstva benzena i od predloženih znakova opasnosti odaberi one koje svakako valja staviti na naljepnicu boce u kojoj se nalazi benzen.

|                                                                                                                                |                                                                                                                         |                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b><br><br>eksplozivno                  | <b>B</b><br><br>vrlo laka zapaljivost | <b>C</b><br><br>opasnost po zdravlje |
| <b>D</b><br><br>nagrizajuće za metal i kožu | <b>E</b><br><br>akutna otrovnost     | <b>F</b><br><br>opasnost za okoliš  |

### Rješenje:

- (1) Molekulska formula benzena je  $C_6H_6$ , a strukturna formula je:



- (2) B, C, E, F.

b)



- (1) Prouči sliku i zaključi kakvim plamenom gori benzen. Zaključi zašto je njegov plamen takav.
- (2) Za izgaranje 31,2 g benzena na raspolaganju je 40,4 L kisika pri 101,3 kPa i 0 °C.
- (I) Napiši termokemijsku jednadžbu gorenja benzena s kisikom.
  - (II) Odredi koja je tvar mjerodavni (limitirajući) reaktant u reakciji izgaranja.
  - (III) Kolika je masa nastalog ugljikova(IV)oksida?
  - (IV) Kolika je masa neizreagirane tvari?
- (3) Nacrtaj entalpijski dijagram za zadanu reakciju i izračunaj standardnu entalpiju nastajanja benzena, ako je entalpija izgaranja  $\Delta_c H^\circ(C_6H_6) = -3135,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

### Rješenja:

- (1) Gori čađavim plamenom zbog velikog masenog udjela ugljika u benzenu.
- (2) (I)  $C_6H_6(l) + \frac{15}{2} O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 3H_2O(g) \quad \Delta_c H^\circ(C_6H_6) = -3135,4 \text{ kJ mol}^{-1}$
- (II)  $n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m} = \frac{40,4 \text{ L}}{22,4 \text{ L mol}^{-1}} = 1,8 \text{ mol}$
- $n(C_6H_6) = \frac{m(C_6H_6)}{M(C_6H_6)} = \frac{31,2 \text{ g}}{78,11 \text{ g mol}^{-1}} = 0,4 \text{ mol}$
- Kisik je mjerodavni reaktant,  $n(O_2) = 1,8 \text{ mol}$   
 Za reakciju trebamo – teoretski:  $n(O_2) : n(C_6H_6) = 15 : 2$
- $\frac{15 \cdot n(C_6H_6)}{2} = 3 \text{ mol}$
- (III)  $n(CO_2) : n(O_2) = 6 : \frac{15}{2} = \frac{12n(O_2)}{15} = 1,44 \text{ mol}$
- $m(CO_2) = n(CO_2) \cdot M(CO_2) = 63,36 \text{ g}$

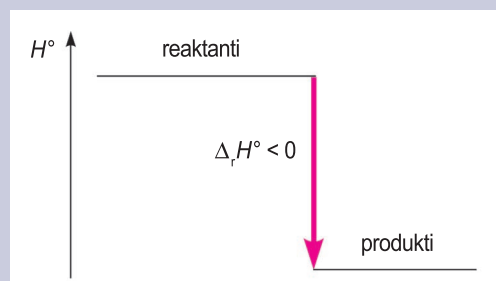
$$(IV) n(C_6H_6)_{\text{teoretski}} = 2n(O_2)/15 = 2 \cdot 1,8 \text{ mol}/15 = 0,24 \text{ mol}$$

$$n(C_6H_6)_{\text{suvišak}} = n(C_6H_6)_{\text{dobiveno}} - n(C_6H_6)_{\text{teoretski}} = 0,4 \text{ mol} - 0,24 \text{ mol} = 0,16 \text{ mol}$$

$$m(C_6H_6)_{\text{suvišak}} = n(C_6H_6) \cdot M(C_6H_6) = 12,5 \text{ g}$$

Masa benzena koji nije izreagirao je 12,5 g.

(3)



$\Delta_c H^\circ(C_6H_6) = \Delta_r H^\circ$  ako je jednačba napisana tako da reagira 1 mol benzea

$$\Delta_r H^\circ = [6\Delta_f H^\circ(CO_2) + 3\Delta_f H^\circ(H_2O)] - [\Delta_f H^\circ(C_6H_6)]$$

$$\Delta_r H^\circ(C_6H_6) = 3135,4 \text{ kJ mol}^{-1} - 3086,4 \text{ kJ mol}^{-1} = 49,0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

**Napomena:** Koristi se tablicom 1. u dodatku ovoga priručnika.

- c) Pretpostavi hoće li vrijednost standardne molarne reakcijske entropije biti veća ili manja od nule, bez uporabe tablica u dodatku i računanja  $\Delta_r S^\circ$ .

**Rješenje:**

$\Delta_r S^\circ > 0$  – zato što nastaje veći broj plinovitih čestica što uvjetuje veći nered.

- d) Benzen najčešće reagira reakcijom elektrofilne supstitucije. No, za razliku od ovih reakcija koje napreduju već pri nižim temperaturama, benzen reagira i reakcijom adicije koja je moguća samo uz povišeni tlak i temperaturu ili pod djelovanjem ultraljubičastog zračenja. Jedan je takav primjer kloriranje benzene uz blago zagrijavanje i djelovanje ultraljubičaste svjetlosti. Produkt te reakcije adicije čvrsta je kristalna tvar. Kvalitativnom i kvantitativnom analizom određeni su sljedeći maseni udjeli elemenata:  $w(C) = 0,25$ ,  $w(H) = 0,02$ ,  $w(Cl) = 0,73$ . Eksperimentalno je, koristeći se jednim od koligativnih svojstava otopina, određena relativna molekulska masa kristalne tvari:  $M_r(\text{spoj}) = 291$ .
- (1) Odredi empirijsku i molekulsku formulu kristalne tvari.
  - (2) Napiši jednačbu kemijske reakcije.
  - (3) Imenuj nastali produkt.

**Rješenja:**

$$(1) M_r(\text{spoj}) = 291$$

$$N(C) : N(H) : N(Cl) = n(C) : n(H) : n(Cl)$$

$$N(C) : N(H) : N(Cl) = \frac{w(C)}{M(C)} : \frac{w(H)}{M(H)} : \frac{w(Cl)}{M(Cl)}$$

$$N(C) : N(H) : N(Cl) = \frac{2,081}{1,984} : 1,984 : 2,058$$

$$N(C) : N(H) : N(Cl) = 1 : 1 : 1$$

Empirijska formula spoja je:  $CHCl$

Molekulska formula spoja može se odrediti usporedbom eksperimentalno određene relativne molekulske mase spoja s relativnom masom empirijske jedinice.

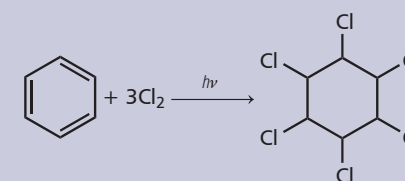
$$M_r(\text{spoj}) = 291$$

$$E_r(CHCl) = 48,56$$

$$\frac{M_r(\text{spoj})}{E_r(CHCl)} = \frac{291}{48,56} = 5,99$$

$$\text{Molekulska formula spoja} = (CHCl)_6 = C_6H_6Cl_6$$

(2)



- (3) 1,2,3,4,5,6-heksaklorcikloheksan, insekticid poznat kao lindan.