

## Termokémia

- A kötési energiák ismeretében számítsuk ki a következő reakciók reakcióhőjét! Milyen a reakció hőszínezete?
  - $2 \text{H}_2\text{O}_{(f)} \rightarrow 2 \text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$
  - $\text{N}_{2(g)} + 3 \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_{3(g)}$
  - $\text{SO}_{3(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(f)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_{4(f)}$
  - $4 \text{NO}_{2(g)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(f)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 4 \text{HNO}_{3(f)}$
  - $\text{SO}_{2(g)} + \text{I}_{2(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(f)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_{4(f)} + 2 \text{HI}_{(g)}$
  - $16 \text{H}_2\text{S}_{(g)} + 8 \text{SO}_{2(g)} \rightarrow 3 \text{S}_{8(s)} + 16 \text{H}_2\text{O}_{(f)}$
- A képződéshő értékek ismeretében számítsuk ki az alábbi rendezendő reakciók reakcióhőjét! Állapítsuk meg azt is, hogy endoterm vagy exoterm folyamatokról van-e szó!
  - $\text{C}_{(sz)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$
  - $\text{Na}_{(sz)} + \text{H}_2\text{O}_{(f)} \rightarrow \text{NaOH}_{(sz)} + \text{H}_{2(g)}$
  - $\text{CH}_3\text{COOH}_{(f)} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(f)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3_{(f)} + \text{H}_2\text{O}_{(f)}$
  - $\text{C}_3\text{H}_8_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$
  - $\text{NH}_3_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$
  - $\text{KOH}_{(sz)} + \text{HCl}_{(g)} \rightarrow \text{KCl}_{(sz)} + \text{H}_2\text{O}_{(f)}$
  - $\text{K}_2\text{CO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(f)} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_{4(s)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(f)}$
  - $\text{CaO}_{(sz)} + \text{CO}_{2(g)} \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)}$
  - $\text{BaCl}_2_{(sz)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(f)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)} + \text{HCl}_{(g)}$
  - $\text{KMnO}_4_{(sz)} + \text{HCl}_{(g)} \rightarrow \text{KCl}_{(sz)} + \text{MnCl}_2_{(sz)} + \text{H}_2\text{O}_{(f)} + \text{Cl}_{2(g)}$
- Írjuk fel a következő reakciók termokémiai egyenletét!
  - a metán égése szén-dioxiddá és vízgőzzé
  - a nátrium és klórgáz reakciója
  - a magnézium égése
  - a hidrogén reakciója klórral
  - a mészégetés
  - a benzol égése szén-dioxiddá és cseppfolyós vízzé
  - az acetilén reakciója vízgőzzel
  - az etilén reakciója cseppfolyós vízzel
- A képződéshő értékek ismeretében számítsuk ki az alábbi rendezendő reakciók reakcióhőjét!
  - $\text{H}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(f)}$
  - $\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)}$
  - $\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_{4(s)}$
  - $\text{Zn}_{(sz)} + \text{Cu}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{Cu}_{(sz)}$
  - $\text{NaOH}_{(sz)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
- Adott a következő reakció:
 
$$\text{CH}_{4(g)} + 4 \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow \text{CCl}_{4(f)} + 4 \text{HCl}_{(g)} \quad \Delta H_r = -429,1 \text{ kJ/mol}$$
 Mekkora a reakció során fejlődő hő mennyisége, ha
  - 500 dm<sup>3</sup> standardállapotú metánt reagáltatunk?
  - 4,5 m<sup>3</sup> standardállapotú klórgáz reagál el?
  - 15 dm<sup>3</sup> térfogatú, 1,58 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű tetraklórmetán keletkezik?
  - 20 cm<sup>3</sup> standard nyomású, 25 °C hőmérsékletű hidrogén-klorid képződik?
- Mennyi hő szabadul fel
  - 24,3 g magnézium és klór reakciójával?
  - 490 dm<sup>3</sup> standardállapotú hidrogén fluorral való reakciója közben?
  - 28 g égetett mészkő mészkővé alakulása során?

7. Számítsuk ki, hogy
- mennyi hő szükséges 100 kg  $\text{CaCO}_3(\text{sz})$  elbontásához!
  - mennyi égetett mész keletkezik a reakció során!
8. Hány g cseppfolyós vizet lehet elbontani 1 430 kJ hőmennyiség befektetésével, ha a hőveszteségektől eltekintünk? Mekkora standardállapotban a keletkező gázok térfogata?
9. Számítsuk ki, hogy
- mennyi hő fejlődik 1 kg szén tökéletes égése során!
  - ehhez mekkora térfogatú standardállapotú levegő szükséges!  
(A levegő 21 % (V/V)  $\text{O}_2$ -t tartalmaz.)
10. Számítsuk ki, hogy
- mennyi hő fejlődik 1  $\text{m}^3$  standardállapotú metán tökéletes égésekor, ha a végtermékek hőmérséklete azonos a kiindulási állapotéval?
  - mekkora a reakció során keletkező víz tömege és a  $\text{CO}_2$  térfogata?
  - mekkora térfogatú standardállapotú levegő szükséges a reakcióhoz?  
(A levegő 21 % (V/V)  $\text{O}_2$ -t tartalmaz.)
11. Állítsuk növekvő sorrendbe a fejlesztett hőmennyiség függvényében az alábbi anyagi rendszereket: 5,0 kg szén, 0,75  $\text{m}^3$  standardállapotú metán, 3,0 liter 0,703  $\text{g/cm}^3$  sűrűségű oktán! A reakciókban csak gázhalmazállapotú termékek kialakulásával számolunk!
12. Számítsuk ki a kiindulási anyag képződéshőjét a következő termokémiai egyenletek segítségével!
- $\text{C}_4\text{H}_{10(\text{g})} + 6,5 \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 4 \text{CO}_{2(\text{g})} + 5 \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$   $\Delta H_r = -2\,662 \text{ kJ/mol}$
  - $\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{f})} + 1,5 \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}$   $\Delta H_r = -728 \text{ kJ/mol}$
  - $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3_{(\text{f})} + 10,5 \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 8 \text{CO}_{2(\text{g})} + 5 \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}$   $\Delta H_r = -4\,569 \text{ kJ/mol}$
  - $\text{C}_{10}\text{H}_8(\text{sz}) + 12 \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 10 \text{CO}_{2(\text{g})} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}$   $\Delta H_r = -5\,157 \text{ kJ/mol}$
  - $2 \text{H}_2\text{S}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})} + 2 \text{S}_{(\text{sz})}$   $\Delta H_r = -531,8 \text{ kJ/mol}$
13. Mennyi a  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{f})}$  képződéshője, ha 1 g etanol égése során 26,869 kJ hő fejlődik, miközben  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  és  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$  képződik?
14. 5 g naftalin ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) tökéletes égésekor 194,57 kJ hő szabadul fel. Mekkora a naftalin képződéshője, ha tudjuk, hogy kizárólag szén-dioxid és vízgőz keletkezik?
15. 1 g toluol ( $\text{C}_7\text{H}_8$ ) tökéletes égésekor 41,04 kJ hő szabadul fel. Mekkora a toluol képződéshője, ha tudjuk, hogy kizárólag szén-dioxid és vízgőz keletkezik?
16. Mennyi hő fejlődik 1,470  $\text{m}^3$  standardállapotú, 50 % (n/n)  $\text{C}_3\text{H}_8$  és 50 % (n/n)  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  tartalmú gázelegy tökéletes égésekor, ha a termékek hőmérséklete és nyomása megegyezik a kiindulási anyagokéval?
17. Propángázt oldottunk fel ciklohexánban. Az így kapott 15 % (m/m)-os oldat sűrűsége 0,93  $\text{g/cm}^3$ . Mekkora hő szabadul fel 2,5 liter oldat tökéletes égésekor, amennyiben vízgőz keletkezésével számolunk?
18. Butángázt oldottunk fel ciklohexánban. Az így kapott 10 % (m/m)-os oldat sűrűsége 0,95  $\text{g/cm}^3$ . Mekkora hő szabadul fel 6,3 liter oldat tökéletes égésekor, amennyiben cseppfolyós víz keletkezésével számolunk?
19. 1,00  $\text{m}^3$  standardállapotú metán–hidrogén gázelegy tökéletes égése során 21 500 kJ hőmennyiség szabadul fel, miközben  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  és  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$  képződik. Számítsuk ki a gázelegy % (n/n)-os összetételét!
20. Milyen a % (n/n)-os összetétele annak a szén-monoxid–hidrogén gázelegynek, amelynek 5,00  $\text{m}^3$  szobahőmérsékletű mennyiségét elégetve 55 MJ hő keletkezik? A reakciók során kizárólag gázhalmazállapotú termékek keletkeznek.
21. 100  $\text{dm}^3$  standardállapotú propán–metán gázelegyet tökéletesen elégetünk. Az égés során 6,50 MJ hő szabadul fel, miközben a víz gázhalmazállapotú lesz. Számítsuk ki a gázelegy % (n/n)-os összetételét!

22. Egy etén-propán gázelegy hidrogénre vonatkoztatott sűrűsége 18. Számítsuk ki, mekkora hő szabadul fel a gázelegy standardállapotú  $0,2 \text{ m}^3$ -ének tökéletes égésekor, miközben vízgőz keletkezik?
23. Egy metán-bután gázelegy hidrogénre vonatkoztatott sűrűsége 18,5. Számítsuk ki, mekkora hő szabadul fel a gázelegy standardállapotú  $4 \text{ m}^3$ -ének tökéletes égésekor, miközben vízgőz keletkezik?
24. Egy autós lakóhelye és munkahelye közötti távolság 15 km. A gépjármű átlagfogyasztása  $6,8 \text{ l}/100 \text{ km}$ . Az autós heti 6 nap munkaidővel rendelkezik.
- Mennyi a motortérben fejlődő hő mennyisége 1 munkahét alatt, ha tudjuk, hogy a gépjárműbe tankolt benzin 15 % (m/m) heptánt és 85 % (m/m) oktánt tartalmaz, míg sűrűsége  $0,880 \text{ g}/\text{cm}^3$ ? Az égés során vízgőz keletkezik.
  - Mekkora térfogatú  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű, 8 bar nyomású szén-dioxid-gáz keletkezik közben?
25. Egy autós lakóhelye és munkahelye közötti távolság 2,5 km. A gépjármű átlagfogyasztása városi forgalomban  $7,3 \text{ l}/100 \text{ km}$ . Az autós heti 4 nap munkaidővel rendelkezik.
- Mennyi a motortérben fejlődő hő mennyisége 4 munkahét alatt, ha tudjuk, hogy a gépjárműbe tankolt benzin 10 % (m/m) heptánt és 90 % (m/m) oktánt tartalmaz, míg sűrűsége  $0,895 \text{ g}/\text{cm}^3$ ? Az égés során vízgőz keletkezik.
  - Mekkora térfogatú  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű, 7 atm nyomású szén-dioxid-gáz keletkezik közben?

#### A feladatok megoldásához használatos képződéshő értékek

Vegyület	Képződéshő (kJ/mol)
$\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{sz})$	-716
$\text{BaCl}_2(\text{sz})$	-859
$\text{BaSO}_4(\text{sz})$	-1473
$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	227
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	52,6
$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	-104
$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$	-124
$\text{C}_6\text{H}_{12}(\text{f})$	-158
$\text{C}_6\text{H}_6(\text{f})$	46,5
$\text{C}_7\text{H}_{16}(\text{f})$	-224
$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{f})$	-250
$\text{CaCO}_3(\text{sz})$	-1207
$\text{CaO}(\text{sz})$	-635
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{f})$	-278
$\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$	-171
$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3(\text{f})$	-479
$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{f})$	-487
$\text{CH}_4(\text{g})$	-74,9

Vegyület	Képződéshő (kJ/mol)
$\text{CO}(\text{g})$	-111
$\text{CO}_2(\text{g})$	-394
$\text{H}_2\text{O}(\text{f})$	-286
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-242
$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{f})$	-814
$\text{HCl}(\text{g})$	-92
$\text{HF}(\text{g})$	-271
$\text{K}_2\text{CO}_3(\text{sz})$	-1150
$\text{K}_2\text{SO}_4(\text{sz})$	-1438
$\text{KCl}(\text{sz})$	-436
$\text{KMnO}_4(\text{sz})$	-813
$\text{KOH}(\text{sz})$	-424
$\text{MgCl}_2(\text{sz})$	-641
$\text{MgO}(\text{sz})$	-602
$\text{MnCl}_2(\text{sz})$	-481
$\text{NaCl}(\text{sz})$	-411
$\text{NaOH}(\text{sz})$	-426
$\text{NH}_3(\text{g})$	-46

**A feladatok megoldásához használatos képződéshő értékek**

Hidratált ion	Képződéshő (kJ/mol)
$\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$	106
$\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$	-543
$\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$	-677
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$	65
$\text{H}^+_{(\text{aq})}$	0

Hidratált ion	Képződéshő (kJ/mol)
$\text{Na}^+_{(\text{aq})}$	-240
$\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	-223
$\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$	-909
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$	-152

**A feladatok megoldásához használatos kötési energia értékek**

Kötés	Kötési energia (kJ/mol)
H-O	459
H-H	432
O=O	494
$\text{N}\equiv\text{N}$	942
H-N	386

Kötés	Kötési energia (kJ/mol)
S=O	522
N=O	607
N-O	201
I-I	148
S-O	364

Kötés	Kötési energia (kJ/mol)
H-I	295
H-S	363
S-S ( $\text{S}_8$ )	226