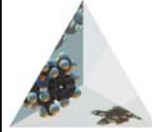


CHEMISTRY
The Central Science
9th Edition

Kafli 5
Varmaefnafræði

David P. White

5. kafli G5.1




Eðli orkunnar

Hreyfiorka(skriðorka) og stöðuorka
Hreyfiorka er orka hreyfingar.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

- Stöðuorka er orkan sem fólgin er í stöðu.
- Stöðuorku má breyta í hreyfiorku.
- Dæmi: Hjólréiðamaður á toppi fjalls, sem hægt er að hjóla niður, breytir stöðuorku í hreyfiorku á leið niður.

5. kafli G5.2




Eðli orkunnar

Skriðorka (hreyfiorka) og stöðuorka,

- Rafstöðuorka E_d er háð samdrætti tveggja gagnstætt hlaðinna agna Q_1 og Q_2 og fjarlægðinni milli þeirra.
- Fastinn $\kappa = 8.99 \times 10^9 \text{ Jm/C}^2$.

$$E_d = \frac{\kappa Q_1 Q_2}{d}$$

5. kafli G5.3



Eðli orkunnar


Orkueiningar

- SI eining orku er joule, J:

$$E_i = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2 \text{ kg})(1 \text{ m/s})^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 1 \text{ J}$$

Stundum er notuð einingin kалорía(cal) í stað joule:
1 cal = 4,184 J
Næringarkaloría (Cal) er í raun ein kílókaloría:
1 Cal = 1000 cal = 1 kcal

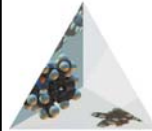
5. kafli G5.4



Hiti-varmi

- Athugið vel að rugla ekki saman hita og varma.
- Hiti (temperature)
- Varmi (heat), orka

5. kafli G5.5




Eðli orkunnar

Kerfi og umhverfi

- Kerfi er sá hluti alheimsins sem til athugunar er hverju sinni.
- Umhverfi: Sá hluti alheimsins sem er utan tiltekens kerfis.

5. kafli G5.6

Eðli orkunnar




Færsla orku: Vinna og varmi

- Krafti er beitt þegar togað er í eða ýtt er á hlut.
- Vinna(w) er margfeldi krafts sem verkar á hlut og vegalengdarinnar sem hluturinn færir um vegna kraftsins. $w = F \times d$
- Orkan er vinna sem það útheimtir að færa hlutinn í stefnu gagnstætt kraftinum.
- Varmi er færsla orku milli tveggja misheitra hluta.
- Orka** er geta til að framkvæma vinnu eða flytja til varma.

5. kafli G5.7

Fyrsta lögmál varmafræðinnar



Innri orka

- Innri orka (Internal Energy)
- Heildarorka kerfis (total energy of a system).
- Ekki er hægt að mæla algilda innri orku.
- Breyting á innri orku, $\Delta E = E_{\text{loka}} - E_{\text{upphafs}}$

5. kafli G5.8

Fyrtsta lögmál varmafræðinnar

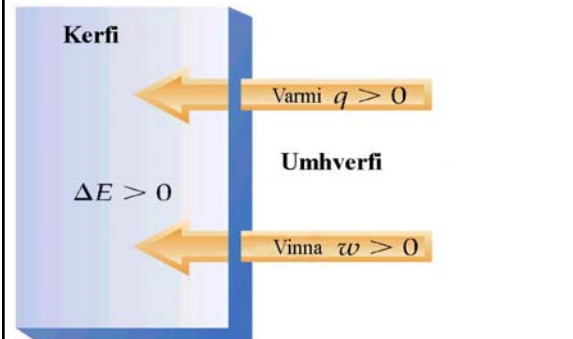


Tengsl ΔE við varma og vinnu

- Hvorki er hægt að mynda né eyða orku.
- Orka (kerfis + umhverfis) er föst stærð (konstant).
- Orka sem flyst frá einhverju kerfi, flyst til umhverfisins og öfugt.
- Úr fyrsta lögmáli varmafræðinnar:
 - þegar kerfi verður fyrir eðlis- eða efnafræðilegum breytingum þá jafngildir breytingin á innri orku þeim varma sem bætt er við eða tekinn er, auk þeirrar vinnu sem kann að hafa verið beitt á kerfið eða framkvæmd af kerfinu.
$$\Delta E = q + w$$

5. kafli G5.9

Fyrsta lögmál varmafræðinnar



5. kafli G5.9

TABLE 5.1 Sign Conventions Used and the Relationship Among q , w , and ΔE	
Sign Convention for q:	Sign of $\Delta E = q + w$
$q > 0$: Heat is transferred from the surroundings to the system	$q > 0$ and $w > 0$: $\Delta E > 0$
$q < 0$: Heat is transferred from the system to the surroundings	$q > 0$ and $w < 0$: The sign of ΔE depends on the magnitudes of q and w
Sign Convention for w:	$q < 0$ and $w > 0$: The sign of ΔE depends on the magnitudes of q and w
$w > 0$: Work is done by the surroundings on the system	$q < 0$ and $w < 0$: $\Delta E < 0$
$w < 0$: Work is done by the system on the surroundings	

Fyrsta lögmál varmafræðinnar



Útvermin og innvermin ferli

- Innvermin:** taka varma frá umhverfinu.
- Útvermin:** færa umhverfinu varma.
- Innvermið hvarf skynjar maður sem kælingu.
- Útvermið hvarf skynjar maður sem hitun.




5. kafli G5.12

Fyrsta lögmál varmafræðinnar

Ástandsstærð

- Ástandsstærð (State function): Ástand efnis er eingöngu háð upphaflegu og lokaástandi kerfisins en ekki því hvernig innri orkan

50g $H_2O(l)$ 100°C → Kæling → 50g $H_2O(l)$ 25°C → Hitun → 50g $H_2O(s)$ 0°C

Ástand

Hlaðin rafhlaða → Varmi → Óhlaðin rafhlaða

Varmi → Vinna → Varmi

Orkutap rafhlöðu → ΔE

Vermi

- Efnahvarf geta tekið til sín eða látið frá sér varma.
- Samt sem áður hafa efnahvarf einnig getu til að framkvæma vinnu.
- Til dæmis þegar gas er myndað við efnahvarf þá má nota gasið til að ýta bullustrokki upp og framkvæma þannig vinnu. $Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$
- Vinnan sem fram kemur við efnahvarfið kallast þrýstingsrúmmáls vinna (*pressure-volume work*).
- Þegar þrýstingur er stöðugur (fastur): $w = -P\Delta V$

5. kafli

Vermi

(a) Zn, HCl lausn

(b) H_2 gas ásamt loftinu sem var fyrir, Zn, HCl lausn

Vermi

- Vermi (Enthalpy), H : Er innri orka kerfis að viðbætti stærðinni þrýstingur sinnum rúmmál kerfis.
- Vermi er ástandsstærð (state function): $H = E + PV$
- Ef ferlið verður við fastan þrýsting þá er vermisbreytingin jöfn breytingu á innri orku plús þrýstingur sinnum rúmmálsbreyting.

$$\Delta H = \Delta(E + PV) = \Delta E + P\Delta V$$

5. kafli

GS.17

Vermi

- Þar sem við vitum að: $w = -P\Delta V$
- Getum við ritað: $\Delta H = \Delta E + P\Delta V = q_p + w$
- Þegar ΔH er stærra en 0 þá fær kerfið varma frá umhverfinu.
- Þegar ΔH , er minna en 0 þá fær umhverfið varma frá kerfinu.

5. kafli

GS.18

Vermi

Umhverfi Umhverfi

Kerfi Kerfi

← Varmi Varmi →

$\Delta H > 0$ $\Delta H < 0$

Innvermið Útvermið

5. kafli G5.19

Hvarfvermi

$$\Delta H = H_{\text{final}} - H_{\text{initial}}$$

$$= H_{\text{products}} - H_{\text{reactants}}$$

- Vermi er *magnbundinn (extensive)* eiginleiki (þ.e. stærðin ΔH er í réttu hlutfalli við magn efna) sbr.

 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -802 \text{ kJ}$

 $2\text{CH}_4(\text{g}) + 4\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -1604 \text{ kJ}$

5. kafli G5.20

Hvarfvermi

- Þegar hvarf gengur í gagnstæða átt þá breytist formerkið á ΔH (+ verður – og öfugt) :

 $\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +802 \text{ kJ}$
- Breyting á vermi er háð ástandi efnisins:

 $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -88 \text{ kJ}$

5. kafli G5.21

Varmamæling

Varmarýmnd og eðlisvarmi

- Varmamæling = Mæling á varmaflæði.
- Varmamælir = Tæki til að mæla varmaflæði.
- Varmarýmnd = Orkan sem þarf til að hita tiltekinn hlut um eina gráðu.
- Mólvarmarýmnd = Varmarýmnd eins móls af efni.
- Eðlisvarmi (specific heat)
- Eðlisvarmarýmnd = varmarýmnd eins grams af efni.

 $q = (\text{eðlisvarmi}) \times (\text{massi efnis}) \times (\text{hitabreyting})$

5. kafli G5.22

Varmamæling

Varmamæling við fastan þrýsting

- Gert er ráð fyrir að loftþrýstingur sé föst stærð!

$$\Delta H = q_p$$

$$q_{\text{rxn}} = -q_{\text{soln}} = -(\text{specific heat of solution}) \times (\text{grams of solution}) \times \Delta T$$

5. kafli G5.23

Varmamæling

Varmamæling við fastan þrýsting

5. kafli G5.24

Varmamæling

Brensluvarmamæling (Varmamæl. við fast rúmmál)

- Efnahvarfið er látið fara fram við fast rúmmál.
- Notaður er brensluvarmamælir.
- Gert ráð fyrir jöfnum bruna.

$$q_{\text{rxn}} = -C_{\text{cal}} \times T$$

Lögmál Hess

- Lögmál Hess:** Ef efnahvarf fer fram í mörgum skrefum eða þrepum þá er ΔH fyrir (heildar-)efnahvarfið summa af ΔH fyrir öll skrefin.
- Dæmi (hér mynda tvö þrep heildarhvarfið):

$$\begin{array}{l} \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -802 \text{ kJ} \\ \underline{2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \quad \Delta H = -88 \text{ kJ} \\ \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890 \text{ kJ} \end{array}$$

5. kafli GS.26

Lögmál Hess

Takið eftir að:
 $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$

5. kafli GS.28

Myndunarvermi

- Ef eitt mól af efnasambandi er myndað úr upphaflegum frumefnum sínum þá er vermibreyting þess efnahvarfs kallað myndunarvermi (enthalpy of formation), ΔH_f° .
- Staðalaðstæður (standard state): 1 atm og 25 °C (298 K).
- Staðalvermi, ΔH° , er vermi sem mælt er við staðalaðstæður.
- Staðalmyndunarvermi: Þegar eitt mól af efnasambandi er myndað úr frumefnum sínum við staðalaðstæður.

5. kafli GS.28

Myndunarvermi

- Ef mismunandi ástand efnis er til við staðalaðstæður þá er miðað við stöðugusta ástandið.
- Staðalmyndunarvermi frumefnis í stöðugusta ástandi er núll.


5. kafli GS.29

Myndunarvermi

Staðalmyndunarvermi, ΔH_f° við 298 K

TABLE 5.3 Standard Enthalpies of Formation, ΔH_f° , at 298 K					
Substance	Formula	ΔH_f° (kJ/mol)	Substance	Formula	ΔH_f° (kJ/mol)
Acetylene	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	226.7	Hydrogen chloride	$\text{HCl}(\text{g})$	-92.30
Ammonia	$\text{NH}_3(\text{g})$	-46.19	Hydrogen fluoride	$\text{HF}(\text{g})$	-268.6
Benzene	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$	49.0	Hydrogen iodide	$\text{HI}(\text{g})$	25.9
Calcium carbonate	$\text{CaCO}_3(\text{s})$	-1207.1	Methane	$\text{CH}_4(\text{g})$	-74.8
Calcium oxide	$\text{CaO}(\text{s})$	-635.5	Methanol	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	-238.6
Carbon dioxide	$\text{CO}_2(\text{g})$	-393.5	Propane	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	-103.85
Carbon monoxide	$\text{CO}(\text{g})$	-110.5	Silver chloride	$\text{AgCl}(\text{s})$	-127.0
Diamond	$\text{C}(\text{s})$	1.88	Sodium bicarbonate	$\text{NaHCO}_3(\text{s})$	-947.7
Ethane	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	-84.68	Sodium carbonate	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$	-1130.9
Ethanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	-277.7	Sodium chloride	$\text{NaCl}(\text{s})$	-410.9
Ethylene	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	52.30	Sucrose	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{s})$	-2221
Glucose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$	-1273	Water	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-285.8
Hydrogen bromide	$\text{HBr}(\text{g})$	-36.23	Water vapor	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-241.8

5. kafli GS.30

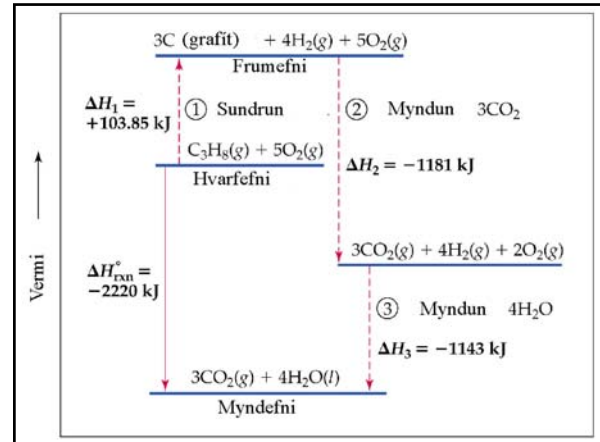



Myndunarvermi

Myndunarvermi notað til að reikna vermi efnahvarfs:

- Nota má lögmál Hess til að reikna vermi efnahvarfs út frá myndunarvermi efnasambandanna sem koma við sögu.

5. kafli GS.31


Myndunarvermi

Myndunarvermi notað til að reikna vermi efnahvarfs.

- Fyrir efnahvarf gildir: Að hvarfvermi er jafnt breytingu á vermi efnanna við hvarfíð sem er jafnt og mismunur á myndunarvermi myndefna og hvarfefna.

$$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(\text{products}) - \sum m\Delta H_f^\circ(\text{reactants})$$

5. kafli GS.33




Fæða og eldsneyti

Fæða

- Eldsneytusgildi = Orka sem losnar þegar 1 g af efni er brennt.
- 1 næringarkaloría, (1 Cal) = 1000 cal = 1 kcal.
- Orka í mannlíkama kemur að mestu frá kohlýdrötum og fitu.
- Í þörmum: Kohlýdröt breytast í glúkósa á eftirfarandi hátt:
 - $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$, $\Delta H = -2816 \text{ kJ}$
- Fita brotnar niður á eftirfarandi hátt:
 - $2\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6 + 163\text{O}_2 \rightarrow 114\text{CO}_2 + 110\text{H}_2\text{O}$, $\Delta H = -75,520 \text{ kJ}$

5. kafli GS.34




Fæða og eldsneyti

Fæða

- Fita: Inniheldur mikla orku; er ekki leysanleg í vatni og því heppileg til að geyma orku.

5. kafli GS.35

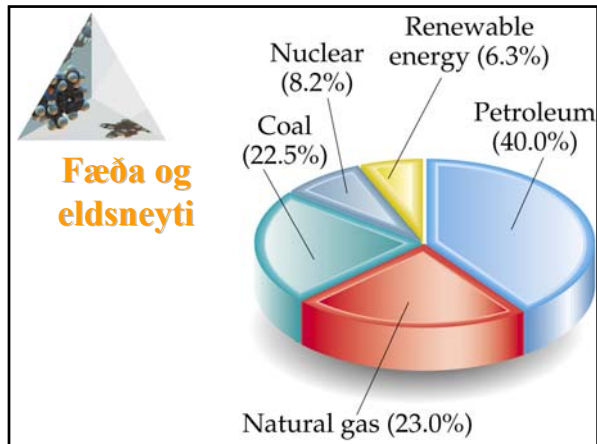


Fæða og eldsneyti

Eldsneyti

- Árið 2000 voru notuð $1.03 \times 10^{17} \text{ kJ}$ af eldsneyti í Bandaríkjunum.
- Mest af þeirri orku kemur frá bensíni og jarðgasi.
- Afgangurinn kemur frá kolum, kjarnorku og vatnsorku.
- Eldsneyti frá lífrænum jarðefnum (fossil fuels) er ekki endurnýtanlegt.

5. kafli GS.36



Fæða og eldsneyti

Fuels

- Eldsneytisgildi (Fuel value) = Orka sem losnar þegar 1 gramm af efniinu brennur (J/g).
- Vetni er orkumikið eldsneyti sem hefur eldsneytisgildið 142 kJ/g.

5. kafli GS.38

Endir kafla 5: Varmaefnafræði

5. kafli GS.39