

Varmamælingar

Kaflí 5.5

Eflaust mikilvægasti undirkaflinn

- ▶ Þar sem vermisbreytingin ΔH er það sama og varminn q sem flæðir inn eða úr kerfi þá ætti að vera auðvelt að meta gildið á ΔH
 - ▶ T.d bara með einföldum hitamæli
 - ▶ Munum samt að þetta gildir bara þegar þrýstingurinn er fasti
- ▶ Það að skoða orkulosun efnahvarfs með hitastigi kallast varmamælingar
 - ▶ *Calorimetry* á ensku
- ▶ Þetta eru praktískar mælingar sem auðvelt er að framkvæma og gefa oftast en ekki góðar niðurstöður í venjulegum smáum rannsóknarstofum.

Varmarýmd

- ▶ Því meiri varma q sem hlutur tekur til sín, því heitari verður hann
 - ▶ Hitastig hans hækkar.
- ▶ Allir hlutir hitna við aukinn varma en mjög mismikið og við þekkjum það úr okkar daglega lífi
 - ▶ Pottaleppar og undir-heitt plattar
 - ▶ Glervörur hannaðar til að halda hita
 - ▶ Pottar og pönnur gerðar úr málmblöndum til að leiða hita.
- ▶ Við köllum þetta varmarýmd hluta
 - ▶ Því hærri sem varmarýmdin er því meiri varma q þarf til að hækka hitastig hlutarins um 1 K eða 1 °C
 - ▶ Táknað með C

Meira um varmarýmd

- ▶ Mjög há varmarýmd þýðir að hluturinn/kerfið getur tekið til sín mikið magn af varma án þess að hitna mikið.
- ▶ Mjög lítil varmarýmd er því einmitt öfugt, það þarf lítil varma til að hitastigið hækki.
- ▶ Fyrir hrein efni og efnasambönd tölum við um mólarvarmarýmd
 - ▶ Sem er C_m eða varmarýmd eins móls af efninu.
 - ▶ Hrein efni hafa einkennandi mólarvarmarýmd sem hægt er að nota til að auðkenna þau til dæmis í málmblöndum og óþekktum sýnum.
- ▶ Algengast er að tala um varmarýmd miðað við massa og er kallað eðlisvarmi.
 - ▶ Sem er merkt sem C_s og er varmarýmd eins gramms, eða hversu mikinn varma þarf til að hita 1g um 1K eða 1°C

Eðlisvarminn Cs

- ▶ Eðlisvarmi er mun meira notaður en hin hefðbundna varmarýmd því að það er hægt að meta eðlisvarmann mjög auðveldlega með mælingum!

- ▶ Þar sem eðlisvarmi er :

$$C_s = \frac{q}{m * \Delta T}$$

- ▶ Eða :

$$eðlisvarmi = \frac{varmi}{massi * hitabreytingin}$$

- ▶ Sem þýðir að ef við þekkjum eðlisvarmann þá getum við reiknað varmann sem losnar fyrir ákveðinn massa
 - ▶ Eða við getum ákvarðað eðlisvarma hlutar ef við vitum hversu mikill varmi fór eða kom í kerfið sem við erum að skoða.

Eðlisvarmi vatns

- ▶ Tilraunir sýna að það þarf 209 J af varma til að hita 50,0 g af vatni um 1,00 K eða °C
- ▶ Setjum gildin okkar inn í jöfnuna :

$$C_s = \frac{209 \text{ J}}{50,0 \text{ g} * 1,00 \text{ K}} = 4,184 \frac{\text{J}}{\text{g} * \text{K}}$$

- ▶ Þetta er gildi sem við eigum eftir að nota mikið og er í rauninni mjög hátt.
- ▶ Það að varmarýmd vatns sé mikið er nauðsynlegt öllu lífi en það þýðir að vatn þurfi mikið af orku til þess að hitna.
 - ▶ Ef ekki þá myndi sólin baka sjóin og hann sjóða mjög auðveldlega !!
 - ▶ Við erum hinsvegar að sjá hitastig sjávar fara hækkandi!

TABLE 5.2 ■ Specific Heats of Some Substances at 298 K

Elements		Compounds	
Substance	Specific Heat (J/g·K)	Substance	Specific Heat (J/g·K)
N ₂ (g)	1.04	H ₂ O(l)	4.18
Al(s)	0.90	CH ₄ (g)	2.20
Fe(s)	0.45	CO ₂ (g)	0.84
Hg(l)	0.14	CaCO ₃ (s)	0.82

Eðlisvarmi nokkurra algengra efna

Notum eðlisvarma til að reikna q

- ▶ Eðlisvarmi flestra frumefna og helstu efnasambanda er vel þekktur
 - ▶ Er í raun jafn gagnlegt og mólvarmarýmd þar sem svo auðvelt samband er á milli massa og móla !
 - ▶ Massi er bara svo þæginnlegur þar sem við getum ekki mælt mól ! En við getum hinsvegar metið massa með einfaldri vigt!
- ▶ Umritum jöfnuna okkar :

$$q = C_s * m * \Delta T$$

- ▶ Sjáum að varminn er háður eðlisvarmanum og magni
- ▶ Hitabreytingin segir okkur síðan hvort að varmi sé að flæða inn eða út úr kerfi

Sýnidæmi 5.5

- ▶ Hversu mikinn varma þarf til að hita 250 g af vatni frá 22°C yfir í 98°C ?
 - ▶ Sjáum að þetta er í raun frá herbergishita til suðu svo þetta er svipað eins og að spurja hversu mikinn varma þarf til að hita sér vatn í einn góðan kakóbolla eða einmanalegan skammt af spagettí.
- ▶ Hver er mólarmarmarýmd vatns?

Sýnidæmi 5.5 - lausn

- ▶ Byrjum á því að setja upp jöfnuna :

$$q = C_s * m * \Delta T$$

- ▶ Byrjum á að reikna ΔT :

- ▶ $\Delta T = T_{final} - T_{initial} = 98 - 22 = 76 \text{ } ^\circ\text{C}$

- ▶ Og setjum síðan upp jöfnuna :

$$q = C_s * m * \Delta T \Rightarrow q = 4,184 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * 250 \text{ g} * 76 \text{ } ^\circ\text{C} = 7,9 * 10^4 \text{ J} = 79 \text{ kJ}$$

- ▶ Mólarvarmarýmdin er þá : $C_m = C_s * M \Rightarrow C_m = 4,184 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * 18 \frac{\text{g}}{\text{mól}} = 75,2 \frac{\text{J}}{\text{mól}^\circ\text{K}}$

Varmamælar

- ▶ Bókin kynnir okkur fyrir tveimur helstu tegundunum af varmamælum.
- ▶ Varmamælar sem halda þrýstingi sem fastri stærð
 - ▶ Oft kallaðir coffee-cup calorimeters
 - ▶ Mjög einfaldir og ódýrir
 - ▶ Gefa fínar niðurstöður miðað við uppsetningu
 - ▶ Við ætlum að gera eina svona æfingu í vor!
 - ▶ $H = E + P\Delta V$
- ▶ Varmamælar sem halda rúmmáli sem fastri stærð
 - ▶ Kallað Bomb-calorimetry
 - ▶ Eru flóknari en nákvæmari en hinir
 - ▶ $H = E$
 - ▶ **Við ætlum að sleppa þeim í okkar yfirferð!**

Varmamælar með þrýstingi sem fasta

- ▶ Varmamælirinn er opinn svo að loftþrýstingur gildir á kerfið
 - ▶ Sem er þá fasti þrýstingurinn okkar
- ▶ Mælirinn samanstendur af
 - ▶ Hitamæli
 - ▶ Hræru
 - ▶ Tvöföldu lagi af frauðplastbolla
 - ▶ Vatnslausn þar sem hvarf á sér stað

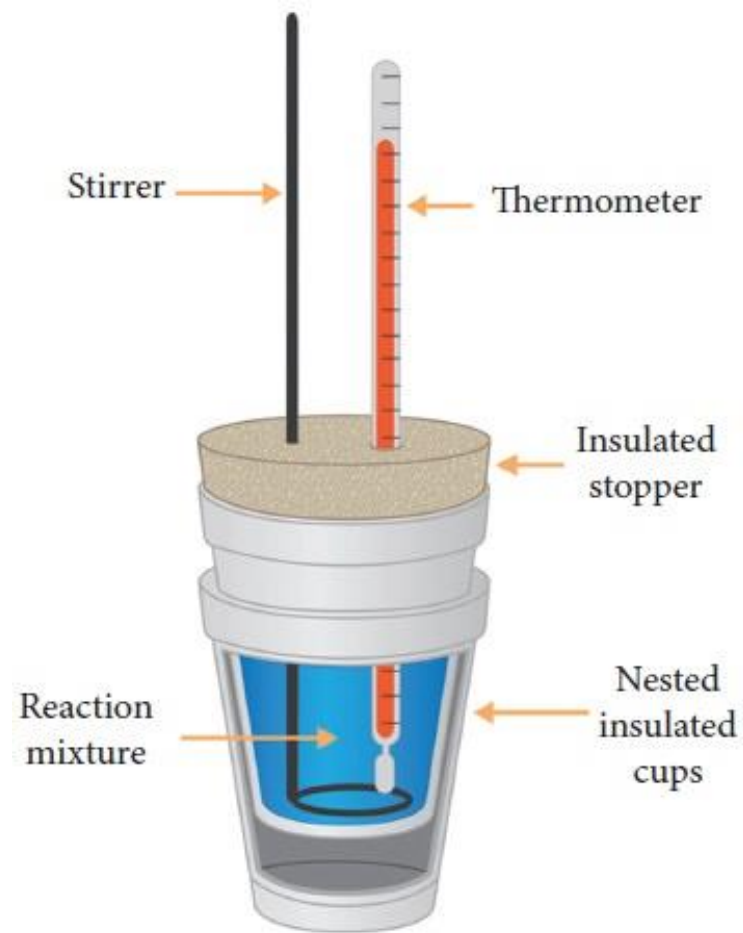


Figure 7.7 Coffee cup Calorimeter

Hvernig virkar hann?

- ▶ Við framkvæmum eitthvað efnahvarf í mælininum
 - ▶ Hvarfið verður að gerast í vatnslausn
 - ▶ Hvarfið er þá kerfið okkar.
 - ▶ Vatnið ásamt mælinum er umhverfið
- ▶ Við hvarfið þá annaðhvort hitnar eða kólnar vatnslausnin
 - ▶ Innvermin hvörf kæla vatnið
 - ▶ Útvermin hvörf hita vatnið

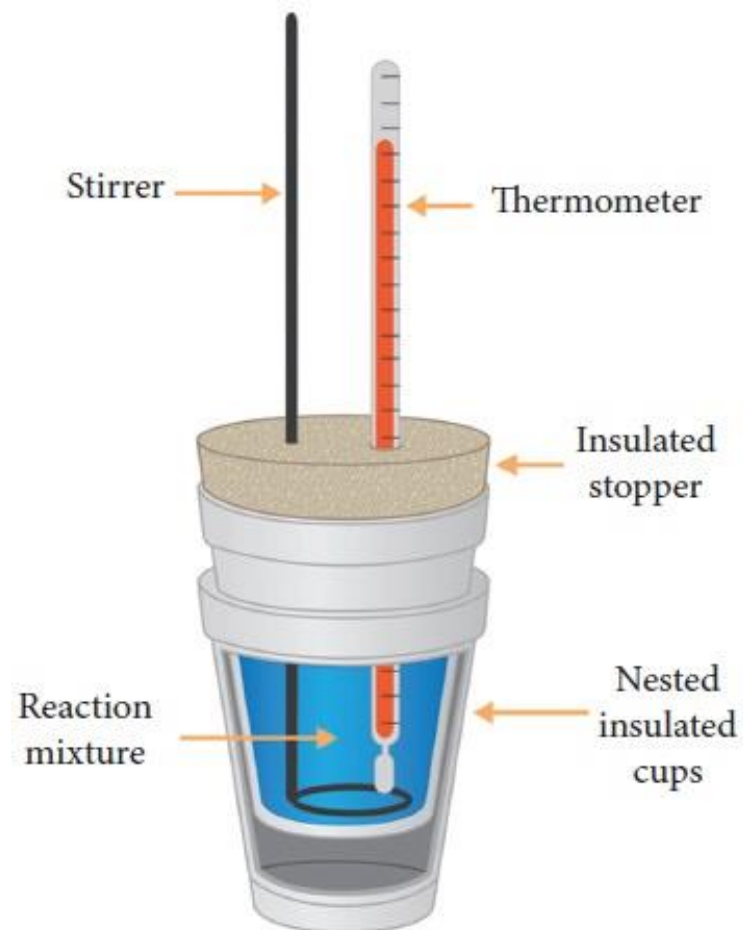


Figure 7.7 Coffee cup Calorimeter

Aðalatriði varmamæla

- ▶ Í varmamælinum eru engin skil á milli kerfisins og umhverfisins!
 - ▶ Hvarfið okkar sem er kerfið er því opið kerfi.
- ▶ Varmi flæðir því auðveldlega frá hvarfinu og til vatnsins sem er partur af umhverfinu!
- ▶ Útvermið hvarf mun því gefa frá sér varma til vatnsins og hita það
- ▶ Innvermið hvarf mun taka til sín varma frá vatninu og það mun kólna.
- ▶ Þetta getum við sett fram sem jöfnuna :

$$q_{lausn} = -q_{hvarf}$$

- ▶ Sem á mannamáli þýðir að varminn sem lausnin fær er varminn sem hvarfið missti eða öfugt.

Reiknum hvað er að gerast

- ▶ Kosturinn við að hvarfið gerist í vatnslausn er að við getum auðveldlega reiknað varmann sem vatnið missir eða fær.
 - ▶ Af því að við vitum eðlisvarma vatns!
 - ▶ Hvarfið getur líka verið vatnslausnir með lágan mólstyrk því þá eru þær að mestu leyti vatn.
- ▶ Setjum þá upp jöfnuna :

$$q_{lausn} = C_s * m * \Delta T = -q_{hvarf}$$

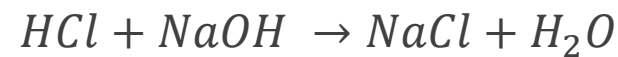
- ▶ Þar sem við mælum hitabreytinguna, vorum búin að vigta vatnið og vitum eðlisvarma vatns sem $4,184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$
- ▶ Það sem við fáum út er síðan öfugt við það sem gerðist í hvarfinu.

Sýnidæmi 5.6

- ▶ Nemandi blandar saman 50,0 mL af 1,0 M HCl lausn og 50,0 mL af 1,0 M NaOH lausn í einföldum frauðplast varmamæli. Við blöndunina rís hitastig hvarfsins frá 21,0 °C upp í 27,5 °C
- ▶ Reiknaðu vermisbreytinguna ΔH í kJ/mól fyrir hvarfið og gerðu ráð fyrir að varmamælirinn tapi bara broti af varmanum.
 - ▶ *Smá note : Varmamælirinn mun alltaf tapa einhverju af varmanum til umhverfisins utan frauðplastmælinn því ekkert er 100% einangrandi. Einnig fer alltaf eitthvað af varmanum í að hita upp t.d. Hitamælinn. En við hundsum þetta sem eðlilega skekkju og við þurfum ekki súper dúper nákvæmni á þessu leveli ☺*

Sýnidæmi 5.6 - 1/2

- ▶ Skoðum hvarfið sem við erum að skilgreina sem kerfið okkar :



- ▶ Lausnirnar okkar eru vatnslausnir svo að við reiknum með að þær séu með eðlisvarmann $4,184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ og líka að þær hafi sama eðlismassa og vatn 1g/mL
- ▶ Og þá er massi vatnslausnarinnar $(50,0 \text{ mL} + 50 \text{ mL}) * 1\text{g} / \text{mL} = 100 \text{ g}$
- ▶ Hitabreytingin er frá 21 til 27,5 svo að $\Delta T = 6,5 \text{ K}$

$$q = 4,184 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * 100\text{g} * 6,5 \text{ K} = 2,7 * 10^3 \text{ J} = 2,7 \text{ kJ}$$

Sýnidæmi 5.6 - lausn 2/2

- ▶ Munum að þetta var varminn sem lausnin fékk til sín! Sem þýðir að varminn kom frá hvarfinu og :

$$q_{hvarf} = -q_{lausn} \Rightarrow q_{hvarf} = -2,7 \text{ kJ}$$

- ▶ Og þar sem að $\Delta H = q$ þegar P er fast gildi þá er $\Delta H = -2,7 \text{ kJ}$! Og hvarfið okkar útvermið
 - ▶ Sem meikar sense.. Vatnslausnin hitnaði við varmann sem hvarfið gaf frá sér.
- ▶ En við erum beðin um ΔH í einingunni kJ/mól og þurfum því að vita hversu mörg mól eru að hvarfast.

$$n_{HCl} = n_{NaOH} = C * V = 0,1 \text{ M} * 0,05 \text{ L} = 0,05 \text{ mól}$$

$$\Delta H = -\frac{2,7 \text{ kJ}}{0,05 \text{ mól}} = -54 \frac{\text{kJ}}{\text{mól}}$$

Annað sýnidæmi

- ▶ 4,25 g af ammoníumnítrati er leyst upp í 60,0 g af vatni í frauðplast varmamæli. Hitastig vatnsins lækkar við hvarfið og fer frá 22,0 °C í 16,9 °C

A) Hver er vermisbreyting hvarfsins í kJ/mól

B) hvort er hvarfið innvermið eða útvermið ?

Við gerum ráð fyrir að vatnið sé afjónað og eðlisvarmi vatnslausnarinnar haldist 4,184 J/g°C

Lausn við seinna sýnidæmi 1/2

- ▶ Byrjum á því að skrifa upp hvarfið sem á sér stað



- ▶ Við erum ótrúlega klár og sjáum strax að það er verið að slíta í sundur jónaefnið og til þess þarf orku. Hvarfið getur ekki verið annað en innvermið.
- ▶ Sönnum það með því að reikna q_{lausn}
- ▶ $q_{lausn} = C_s * m * \Delta T \Rightarrow q_{lausn} = 4,184 \frac{J}{g^\circ C} * 64,5 g * (-5,1 ^\circ C) = -1,38 kJ$
- ▶ En hérna er lykilatriði að plúsa saman massana ! Því lausnin er auðvitað vatnið plús það sem er verið að leysa upp!
- ▶ Og líka að Δ er alltaf final - initial og því er lokaástandið $16,9 ^\circ C$ - upphafsástandið $22,0 ^\circ C$!

Lausn við seinna sýnidæmi 2/2

- Varmi lausnarinnar er þá :

$$q_{\text{hvarf}} = -q_{\text{lausn}} = 1,38 \text{ kJ} = \Delta H$$

- En við viljum fá svarið í kJ/mól því þetta er heildarorkan sem þurfti fyrir hvarfið okkar sem var ekki 1 mól af efni heldur 4,5 grömm !

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4,5 \text{ g}}{80,043 \frac{\text{g}}{\text{mól}}} = 0,0562 \text{ mól}$$

$$\Delta H = \frac{1,38 \text{ kJ}}{0,0562 \text{ mól}} = 24,55 \frac{\text{kJ}}{\text{mól}} \text{ sem er jákvætt gildi svo það er innvermið}$$