

Kafli 5

Varmaefnafræði

Orka í daglegu tali

- ▶ Við tölum oft um orku (energy)
 - ▶ Orka sem vísindaleg orka í efnafræði og eðlisfræði
 - ▶ Orka sem afl í verkfræðilegum skilningi og nauðsyn í daglegu lífi
 - ▶ Orka sem félagslegt fyrirbæri sbr. Andleg orka og vera orkufrekur.
- ▶ Orka stýrir því hvernig við lifum og högum okkur.
 - ▶ Saga orkuþróun og velmegun Kína
 - ▶ Sykurreyr og etanól framleiðsla Brasilíu
- ▶ Langstærstur hluti orku kemur úr efnahvörfum s.s. Bruni eldsneytis, rafhlöður , bruni gass og kjarnorka
 - ▶ Mikilvæg undantekning er sólarorka og í minna lagi vind og vatns orka til einkaneyslu.

Tilfærsla orku

- ▶ Sólin baðar jörðina orku
- ▶ Plöntur taka upp þessa orku og nýta hana
- ▶ Menn og dýr nýta orkuna sem plönturnar hafa safnað sem fæðu
- ▶ Við nýtum síðan orkuna úr mat til að :
 - ▶ Færa okkur úr stað og nýta flókna uppbyggingu líkamans
 - ▶ Beisla orku náttúrunnar
 - ▶ Læra um orku með því að stúdera Varmaefnafræði (Thermodynamics)
 - ▶ *Thérme* er gríska og stendur fyrir hita
 - ▶ *Dy'namis* er afl eða power á ensku.
 - ▶ Varmaefnafræði sem fræðigrein fæddist á dögum iðnbyltingarinnar og hefur þróast hratt.

5.1 Hegðun orku

- ▶ Efni og efnasambönd eru auðveld að átta sig á.
 - ▶ Þau hafa fast ástand, gas, fast efni, vökvi eða uppleyst.
- ▶ Orka er töluvert flóknari þar sem hún hefur ekki form
- ▶ Skilgreining á orku = hæfileikinn til að framkvæma vinnu eða millifæra varma.
 - ▶ Skilgreining á vinnu = orkan sem þarf til að færa hlut á móti einhverjum krafti.
 - ▶ Skilgreining á varma = orkan sem þarf til að auka hitastig hlutar.
- ▶ Byrjum á byrjuninni á hvað það þýðir að hafa orku og hvernig hún færist á milli.

Hreyfiorka

- ▶ Hlutir á hreyfingu geta öðlast hreyfiorku sem er háð bæði massa og hraða.

$$E_k = \frac{1}{2} * m * v^2$$

- ▶ Hreyfiorka eykst mjög hratt með auknum hraða því hann er í öðru veldi.
 - ▶ Auðvelt að reikna í eðlisfræði verkefnum sem bílar á ferð eða snóker kúlur.
- ▶ Rafeindir getum við hugsað okkur sem eindir sem hafa massa og eru á stöðugri hreyfingu og ættu því að hafa hreyfiorku!
- ▶ Massi rafeindar = $9,01 \times 10^{-31}$ kg
- ▶ Lítil massi rafeindarinnar gerir það að verkum að hreyfiorkan er einnig mjög lítil!

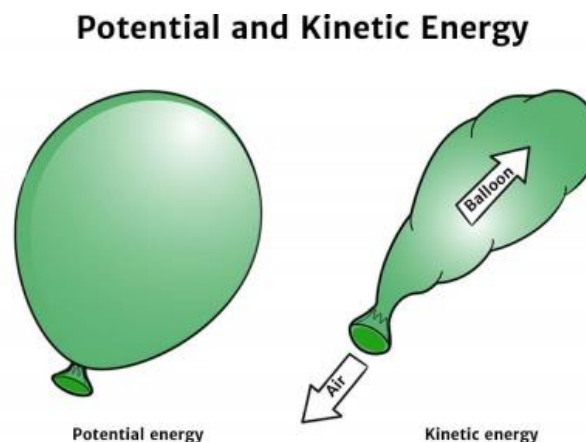
Stöðuorka

- ▶ Hlutir ekki á hreyfingu hafa stöðuorku sem bíður þess að losna.
- ▶ Klassískt dæmi :



Meira um stöðuorku

- ▶ Við það að fara af stað þá losar hjólreiðakonan um stöðuorkuna.
- ▶ Þegar hún ferðast niður umbreytist stöðuorkan í hreyfiorku.
- ▶ Neðst í brekkunni þegar hún er stopp er hreyfiorkan aftur orðin af stöðuorku
 - ▶ En samt minni stöðuorka en það bjó yfir á toppnum.
- ▶ Það er þessi umbreyting í orku sem er lykilatriði í varmafræðinni ! Og við ættum öll að vera kunnug nú þegar.



Rafstöðuorka

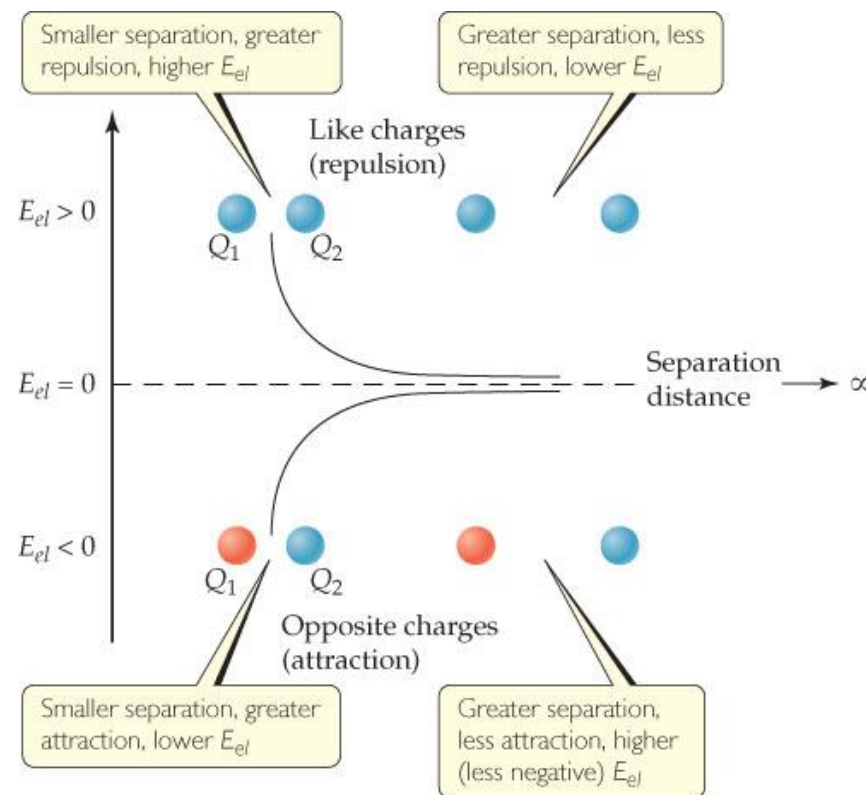
- ▶ Þessi klassíka stöðu- og hreyfiorka byggja mikið á þyngdarafli en fyrir smávæga hluti eins og rafeindir eru áhrif þess hverfandi lítil.
- ▶ Mun mikilvægara er að skoða hleðslu milli einda og skoða E_{el}
 - ▶ Rafstöðuorkan = stöðuorkan sem verkar milli hlaðinna einda.
- ▶ Rafstöðuorkan svipað og hreyfi-og stöðuorka er háð:
 - ▶ Staðsetningu einda (eiginlega meira fjarlægð)
 - ▶ Stærð hleðslunnar

$$E_{el} = \frac{k * Q_1 * Q_2}{d}$$

Rafstöðuorkan

$$E_{el} = \frac{k * Q_1 * Q_2}{d}$$

- ▶ Q_1 og Q_2 eru hleðslurnar tvær sem verið er að skoða
- ▶ d er fjarlægðin á milli þeirra (distance)
- ▶ k er fastinn $8,99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$
- ▶ Sjáum að þegar fjarlægðin stefnir á óendanlegt þá er stöðuorkan á milli eindanna núll



Af hverju skiptir þetta máli?

- ▶ Alveg eins og með dæmið með hjólið þá skilast þessi stöðuorka sér yfir í hreyfiorku.
- ▶ Við sjáum þessa umbreytingu á hinum ýmsu formum
 - ▶ Efnahvörf sem hita út frá sér
 - ▶ Sprengingar og gasmyndun
 - ▶ Hröð umbreyting efnasambandanna.
- ▶ Það má skýra alveg ótrúlega marga hluti í efnafræði með þessarri jöfnu og við munum koma aftur að henni seinna og vitna í hana.
 - ▶ Enda snýst efnafræði mjög mikið um að skoða smávægilega heiminn og sjá þaðan hvernig raunheimurinn virkar!

Eining orku

- ▶ SI eining orku er joule sem er táknað sem J og borið fram sem „jool“ á ensku
- ▶ Skilgreiningin á einu Jouli er að 2kg sem ferðast á 1m/s hafi 1J af hreyfiorku

$$E_k = \frac{1}{2} * (2 \text{ kg}) * \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 1 \frac{\text{kg} * \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ J}$$

- ▶ Er því í raun og veru bara stytting á einingunni $\text{kg} * \text{m}^2 / \text{s}^2$
- ▶ Joule er því líka voðalega lítil orka og við tölum oftast um kJ
- ▶ Það er hefð fyrir því að nota kaloríur (cal og auðvitað kcal) í útreikningum á orkupörf og myndun í efnahvörfum sem og í líffræði.
 - ▶ Alltaf minna um það samt!

1 cal = 4,184 J sem er orkan sem þarf til að hækka 1g af vatni um 1°C

Kerfi og Umhverfi

- ▶ Þegar við erum að vinna með orkubreytingar þá þurfum við að vera með vel skilgreindar breytur og ramma utan um það sem við erum að skoða.
- ▶ Það sem við erum að skoða og höfum áhuga á er Kerfið
 - ▶ Ákveðið hvarf, eða staður eða hvað sem er sem er nægilega afmarkað og skilgreint.
- ▶ Allt annað er Umhverfið
 - ▶ Sem er bókstaflega allt annað, andrúmsloftið, skólastofan, restin af jörðinni, alheimurinn...
- ▶ Kerfi flokkast síðan í :
 - ▶ Opin kerfi
 - ▶ Lokuð kerfi
 - ▶ Einangruð kerfi

Opin Kerfi.

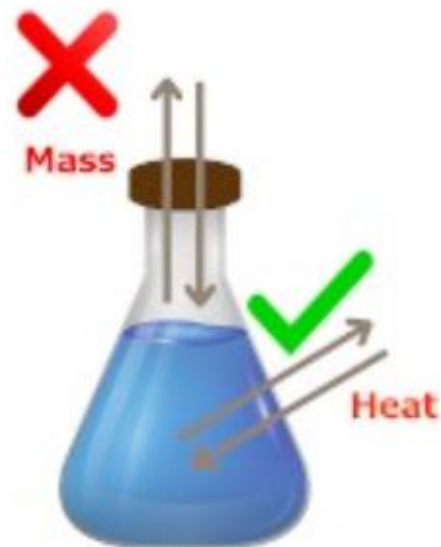
- ▶ Opið kerfi getur tekið til sín og misst massa
 - ▶ T.d. Vatnsglas sem getur misst vatn sökum uppgufunar og fengið til sín rykkorn.
- ▶ Opið kerfi getur líka misst eða tekið til sín varma
 - ▶ Hefur hæfileikann til að hitna eða kólna.
- ▶ Meirihluti kerfa eru opin kerfi.
 - ▶ T.d. Jörðin er opið kerfi



Open system

Lokuð kerfi

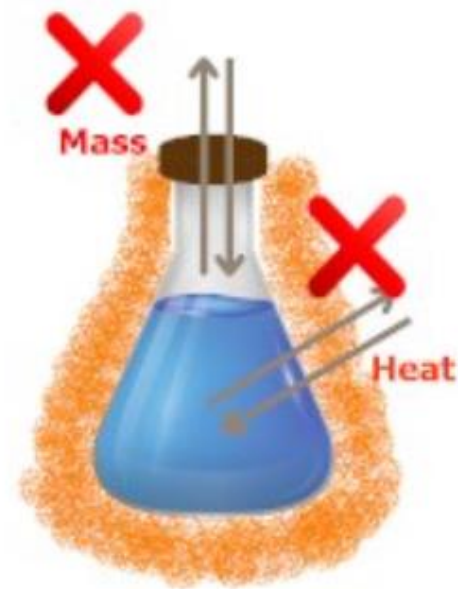
- ▶ Lokuð kerfi leyfa ekki flutning á efni inn eða út
 - ▶ Það er ekki hægt að bæta við það né taka frá því nema að opna kerfið
- ▶ En þau leyfa flutning á varma!
 - ▶ Geta því bæði hitnað og kólnað
- ▶ Nestið okkar og afgangar eru auðvelt dæmi um lokuð kerfi.



Closed system

Einangrað kerfi

- ▶ Einangrað kerfi leyfir hvorki flutning á massa né varma.
- ▶ Einangruð kerfi eru sjaldgæfust og oftast bara notuð þegar við erum að vinna með nákvæmar tilraunir eða einstök fyrirbæri.
- ▶ Einfaldur kaffibrúsi er samt gott dæmi um einangrað kerfi.
 - ▶ Vitum samt að kaffið kólnar á endanum en það er frekar flókið að hafa kerfi sem er 100% einangrað frá umhverfi sínu.



Isolated system

Tilfærsla á orku (vinna)

- ▶ Helsta leiðin sem að orka færist á milli staða er þegar við færum hluti á móti einhverju afli
 - ▶ Afl er þá einhver kraftur sem annað hvort togar í hlut eða ýtir á hann.
- ▶ Við skilgreinum vinnu því sem orkuna sem þarf í að yfirvinna aflið og ýta hlutnum á móti því.

$$w = F * d$$

- ▶ Þar sem w = vinna, F = kraftur og d = fjarlægðin sem á að færa hlutinn.
- ▶ Ef við lyftum upp lóði, þá erum við að framkvæma vinnu á lóðið.
 - ▶ Erum að lyfta því upp af jörðunni (d) á móti þyngdaraflinu (F)
- ▶ Lóðið er þá kerfið sem við erum að skoða og við erum umhverfið að framkvæma vinnu á kerfið.

Tilfærsla á orku (varmi)

- ▶ Önnur leið til að færa orku á milli staða er varmi.
- ▶ Varmi færist frá heitum hlut yfir í kaldari hlut og mjög algengt að varmi fari úr opnu eða lokuðu kerfi og tapist yfir í umhverfið sitt.
- ▶ Mjög algengt að sjá í efnahvörfum, t.d í brunahvarfi.
- ▶ Efnatengi sem halda atómum saman í efnasambandi búa yfir mikilli stöðuorku sem losnar sem varmi þegar tengin brotna upp í efnahvarfi.
- ▶ Þekkjum þetta líka úr daglegu lífi.
 - ▶ Kuldi eftir að fara úr sturtu. Við erum þá heitari en umhverfið
 - ▶ „einangrandi“ föt eins og úlpur svo að við missum ekki líkamshita til andrúmsloftsins.
 - ▶ Nánast öll eldamennska eins og hún leggur sig.

Sýnidæmi 5.1

- ▶ Keiluspilari lyftir 5,4 kg keilukúlu frá jörðinni í 1,6m hæð og missir hana.
- ▶ A) Hvað verður um stöðuorku kúlunnar þegar hann lyftir kúlunni?
- ▶ B) Hversu mikil vinna fer í að lyfta kúlunni?
- ▶ C) Ef allri vinnunni er breytt í hreyfiorku við það að missa kúluna, hver verður hraði kúlunnar rétt áður en hún lendir?

Sýnidæmi 5.1 - lausn

- ▶ A) Þar sem kúlan er núna í meiri hæð en samt kyrr þá eykst stöðuorka hennar.
- ▶ B) Kúlan vegur 5,4 kg og er lyft 1,6 m. Við vitum að krafturinn $F = m * a$ þar sem að hröðunin er þyngdarhröðun jarðar.

$$F = m * a = m * g \Rightarrow F = 5,4 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 52,92 \text{ N}$$
$$w = F * d \Rightarrow w = 52,92 \text{ N} * 1,6 \text{ m} = 85 \text{ J}$$

- ▶ C) við vitum þá að vinnan sem er unnin á kúluna er jöfn hreyfiorkunni sem losnar.

$$85 \text{ J} = \frac{1}{2} * m * v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 * 85 \text{ J}}{5,4 \text{ kg}}} = 5,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

5.2 - Fyrsta Lögmál Varmafræðinnar

- ▶ Við erum búin að skoða og sjá að orka flæðir auðveldlega á milli hluta, kerfa og umhverfis.
- ▶ Orka getur flakkað á milli sem annaðhvort vinna eða varmi en eyðist aldrei upp!
- ▶ Fyrsta Lögmál Varmafræðinnar er :

Orka eyðist aldrei né myndast

- ▶ Og það er alveg heilagt og verður aldrei brotið.
- ▶ Sem þýðir að öll orka sem Kerfi tapar verður umhverfið að taka við og vice versa.

Innri orka

- ▶ Það er greinilegt að við verðum að skilgreina hvað kerfi þýðir nánar og hvernig orka hegðar sér innan kerfis og umhverfis.
- ▶ Við skilgreinum því innri orku E

Öll orka, stöðu- og hreyfiorka sem á sér stað innan kerfisins sem við höfum áhuga á

- ▶ Öll orkan innheldur því allar hreyfingar allra atóma og sameinda í öllum ástöndum innan kerfisins.
- ▶ Sem þýðir að það er ómögulegt að vita stærð E
- ▶ Höfum frekar áhuga á því hvernig E breytist.

Breyting á innri orku

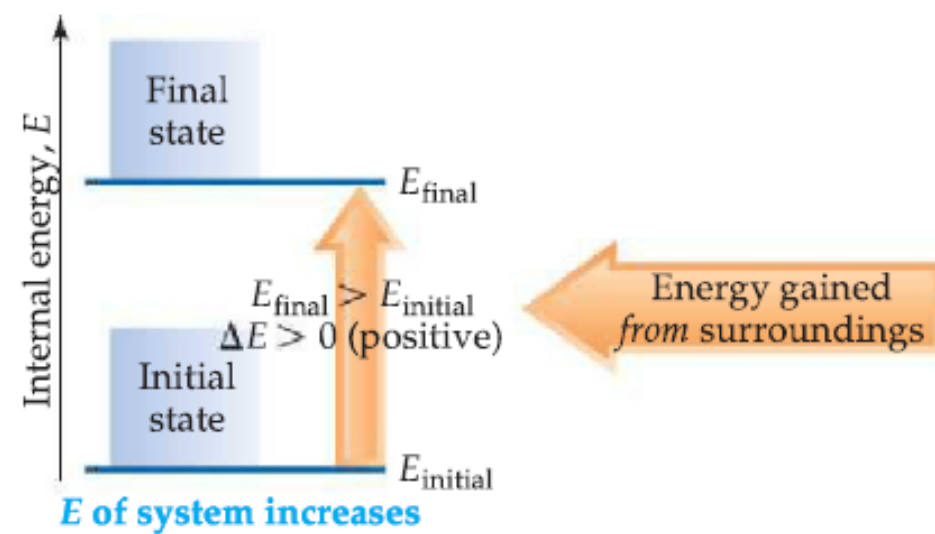
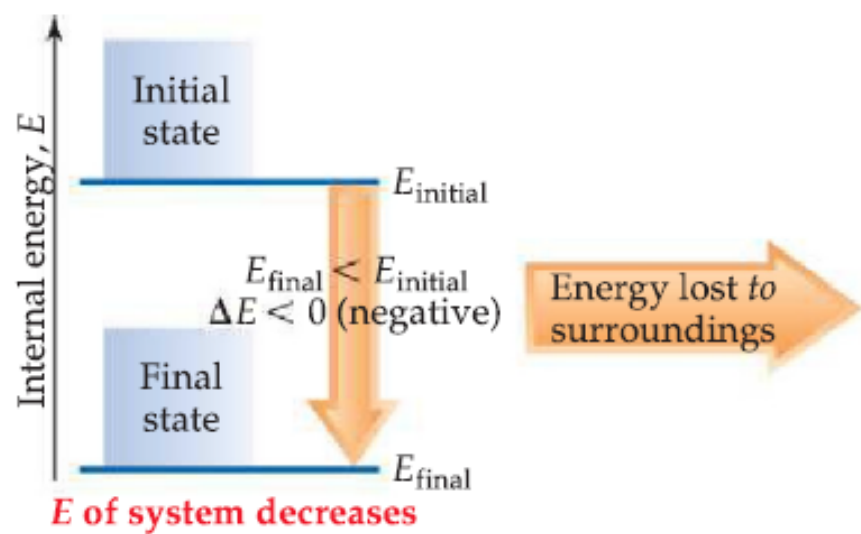
- ▶ Þar sem E er ómögulega stór tala og varla hægt að skilgreina þá er hún ekkert sérstaklega gagnleg.
- ▶ En við getum fylgst með því hvernig E breytist og hvernig orkuflæðið er innan kerfisins þar sem E er skilgreint.
- ▶ Segjum að orka kerfis í upphafi sé E_i (i stendur fyrir initial)
- ▶ Segjum einnig að orka kerfis í lokaástandi sé E_f (f stendur fyrir final)
- ▶ Þá er breytingin á innri orku kerfisins :

$$\Delta E = E_f - E_i$$

- ▶ Gríski stafurinn Δ (lesist sem delta) er mikið notaður til að tákna breytingar

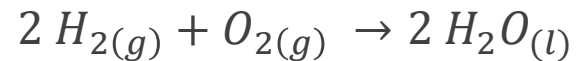
Meira um ΔE

- ▶ Við eigum ekkert auðveldar með að vita E_i og E_f frekar en heildar innri orkuna E en það skiptir ekki máli.
 - ▶ Skemmtilega við það er að við getum metið breytinguna með mælingum alveg óháð því að vita innri orku kerfisins. Og það er af því að orkan verður að koma einhversstaðar frá!
- ▶ Jákvætt gildi á ΔE þýðir að kerfið hefur fengið orku
 - ▶ E_f er stærri tala en E_i
- ▶ Neikvætt gildi á ΔE þýðir að kerfið hefur tapað orku
 - ▶ E_i er stærri tala en E_f
- ▶ Orkan sem tapast eða fæst verður að koma frá eða fara til umhverfisins í kringum kerfið sem við erum að skoða!

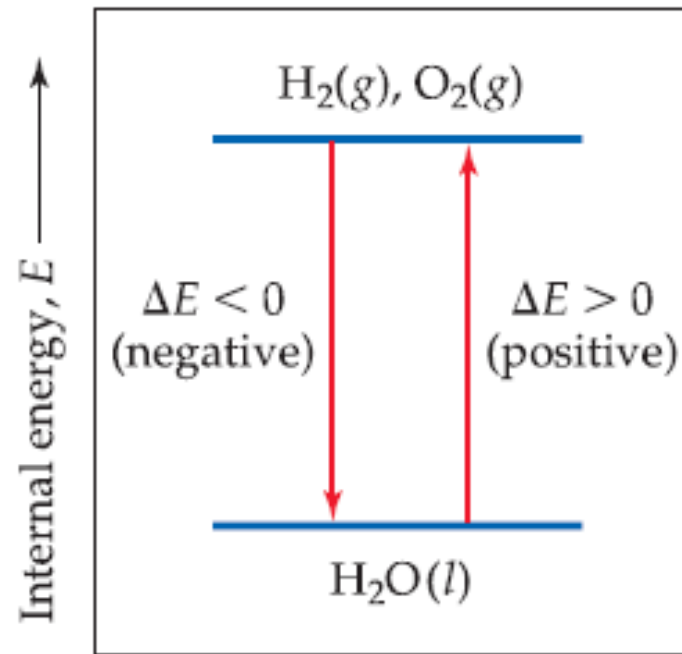


Orka getur tapast eða fengist úr efnahvarfi

- Skoðum hvarfið :



- Sjáum af uppsetninguni hérna til hægri að þegar vetni og súrefni blandast til að mynda vatn þá tapast orka til umhverfisins.
- Vetnið og súrefnið hefur hærri innri orku stök en sameinuð í vatni!



Skoðum ΔE m.t.t varma og vinnu

- ▶ Vorum búin að ræða það að kerfi getur flutt orku til eða frá umhverfi sínu með tveimur leiðum:
 - ▶ Með varma
 - ▶ Með vinnu
- ▶ Við tölum um að kerfi geti gert eftirfarandi fjóra hluti:
 - ▶ Fáir varma
 - ▶ Tapi varma
 - ▶ Framkvæmi vinnu á umhverfið
 - ▶ Að umhverfið framkvæmi vinnu á kerfið.

Setjum þetta upp sem jöfnu

- Fyrst við getum einfaldað breytinguna á innri orku í fjórar aðgerðir, þá getum við líka sett það upp sem jöfnu:

$$\Delta E = q + w$$

- Þar sem q er varminn til eða frá kerfinu og w er vinnan.
- Ef :
 - Kerfið fær til sín varma, þá er q jákvæð tala
 - Kerfið missir varma, þá er q neikvæð tala
 - Kerfið vinnur vinnu á umhverfið, þá er w neikvæð tala
 - Umhverfið vinnur á kerfinu, þá er w jákvæð tala

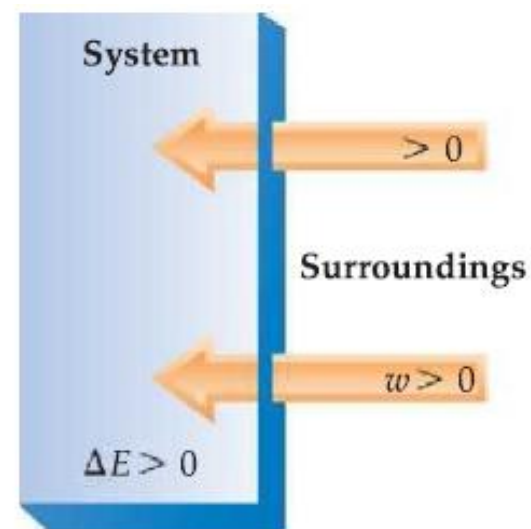


TABLE 5.1 ■ Sign Conventions for q , w , and ΔE

For q	+ means system <i>gains</i> heat	– means system <i>loses</i> heat
For w	+ means work done <i>on</i> system	– means work done <i>by</i> system
For ΔE	+ means <i>net gain</i> of energy by system	– means <i>net loss</i> of energy by system

Sýnidæmi 5.2

- ▶ Gastegundir A og B eru í strokki líkt og við sáum í byrjun kafla 10 og hvarfast til að mynda fasta efnið C.
- ▶ Þegar hvarfið fer í gang tapar kerfið 1150 J af varma til umhverfisins. Þrýstingur kerfisins lækkar mikið sem þýðir að rúmmál strokksins lækkar undan loftþrýstingi í umhverfinu. Umhverfið er því að framkvæma 480 J af vinnu á kerfið.
- ▶ Hver er innri orku breytingin ΔE ?

Sýnidæmi 5.2 - lausn

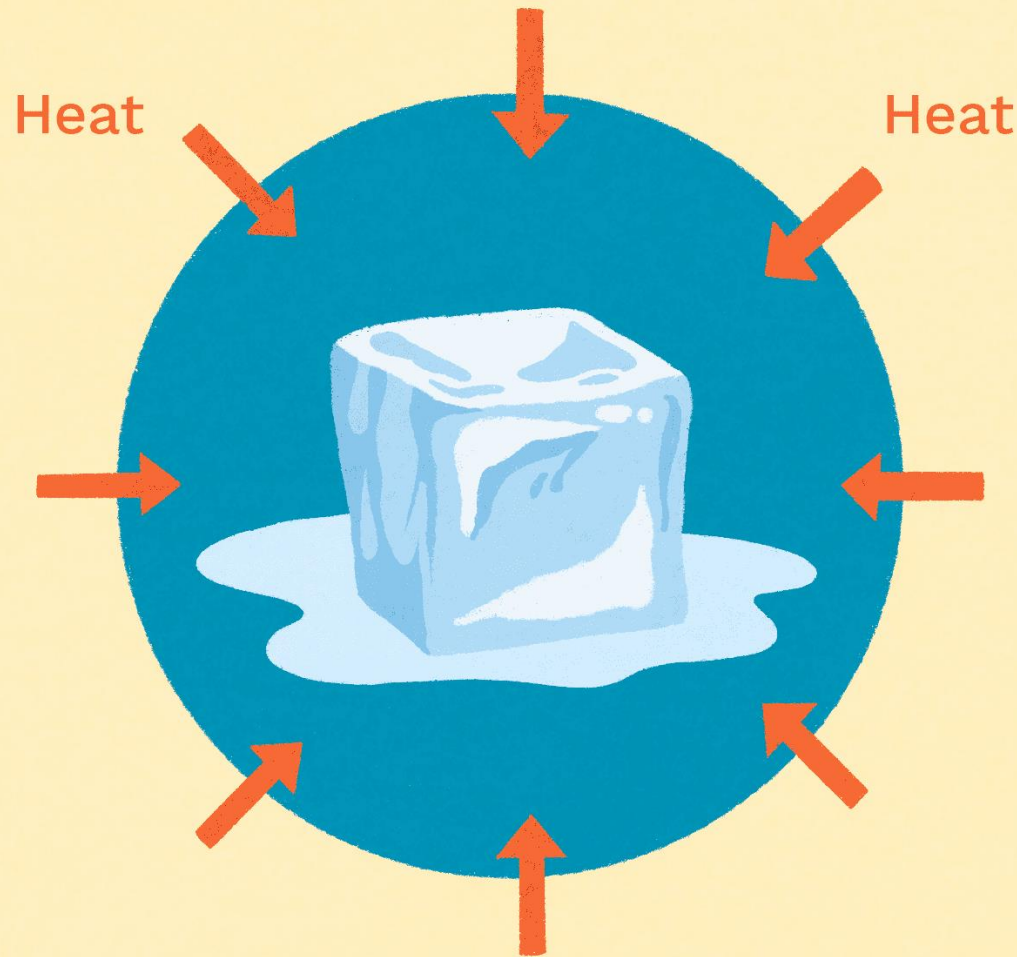
- ▶ Hver er innri orku breytingin ΔE ?
- ▶ Sjáum að það er verið að vinna vinnu á kerfið svo það er að fá til sín orku.
 - ▶ w er jákvæð stærð og því 480 J
- ▶ Kerfið er að missa varma til umhverfisins og því neikvæð stærð
 - ▶ q er neikvæð stærð -1150 J
- ▶ ΔE er því :

$$\Delta E = q + w \Rightarrow \Delta E = -1150 \text{ J} + 480 \text{ J} = -670 \text{ J}$$

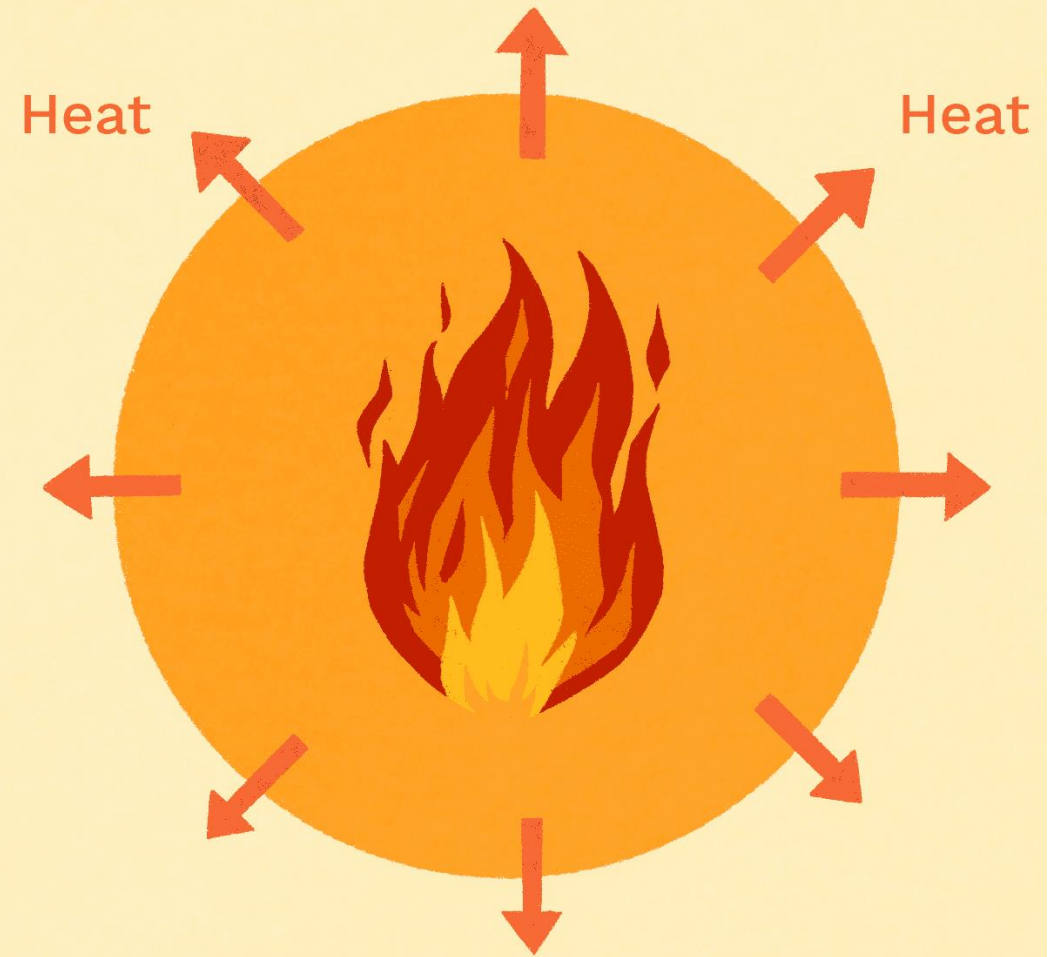
Innvermi og útvermi

- ▶ Við munum tala mikið um flutning á varmanum q milli kerfis og umhverfis.
- ▶ Svo það er ótrúlega gagnlegt að setja upp skilgreiningar til að skilja á milli kerfa sem eru að missa varma og hver eru að fá til sín varma
 - ▶ Ótrúlega gagnlegt og mun vera notað mjög mikið bæði í 5.bekk og 6.bekk
- ▶ Skilgreinum innvermin og útvermin kerfi.
- ▶ Innvermin kerfi (endothermic)
 - ▶ Taka til sín orku úr umhverfinu
 - ▶ Þekkjum þetta þegar við snertum kalda hluti, eða þegar ís bráðnar.
- ▶ Útvermin kerfi (exothermic)
 - ▶ Losar orku til umhverfisins
 - ▶ Þekkjum þetta sem t.d bruna og í öfgatilfellum sprengingar

system is the same before and after a reaction



Endothermic



Exothermic

Ástandsstærðir

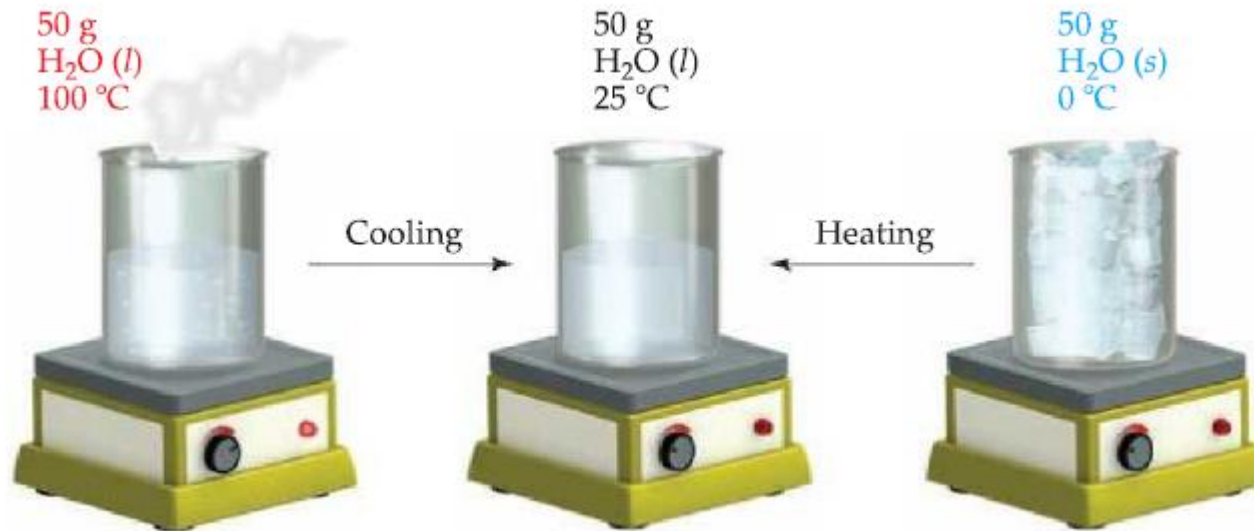
- ▶ Ástandsstærðir eru áhugaverðir hlutir
 - ▶ Ekkert sérstalega gagnlegt en mjög áhugavert og kemur á óvart.
- ▶ Skilgreining ástandsstærðar
- ▶ Ástandsstærð er gildi sem er bara háð á núverandi ástandi kerfisins og ekki hvernig kerfið komst í það ástand.
- ▶ Skoðum nokkur dæmi:
 - ▶ Hitastig.
 - ▶ Fjallganga
 - ▶ Heimsreisa



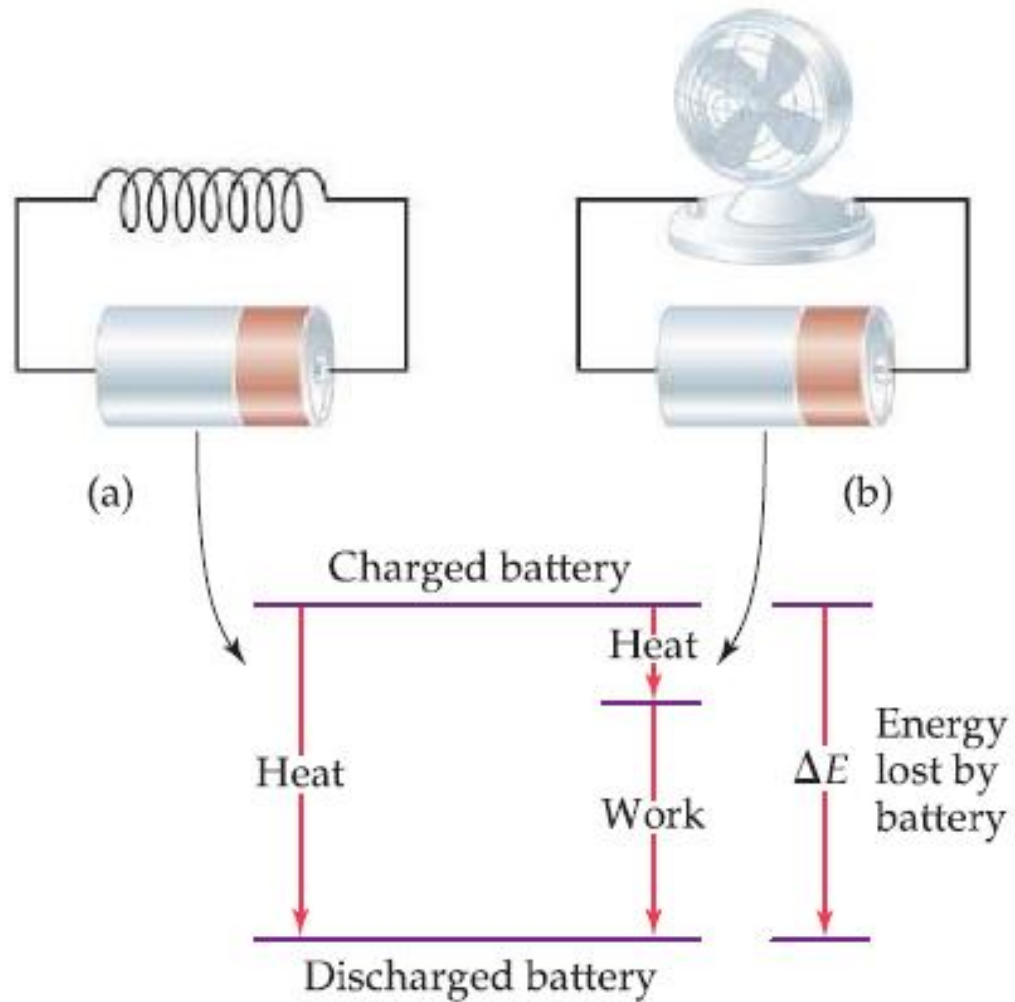
Fjallgangan

- ▶ Nemandi A labbar upp
- ▶ Nemandi B er í betra formi og hleypur upp
- ▶ Nemandi C fótbrotnar og endar með að skríða meira en helminginn
- ▶ Nemandi D splæsir í þyrluflug upp
- ▶ Nemandi E eyðir 30 árum í munkaklaustri þar sem hann lærir leyndardóma flugs og flýgur letilega upp.
- ▶ Fara allir sömu vegalengd!

Hitastig er líka ástandsstærð



Fleiri ástandsstærðir



- ▶ Innri orkan E og breytingin ΔE
 - ▶ Skiptir ekki máli hvernig orkan fór eða kom, bara að breytingin varð.
 - ▶ Hversu mikil vinna er unnin og hvernig skiptir samt máli og því er vinna ekki ástandsstærð. Sama gildir um varma.
- ▶ Skoðum dæmi um batterí