

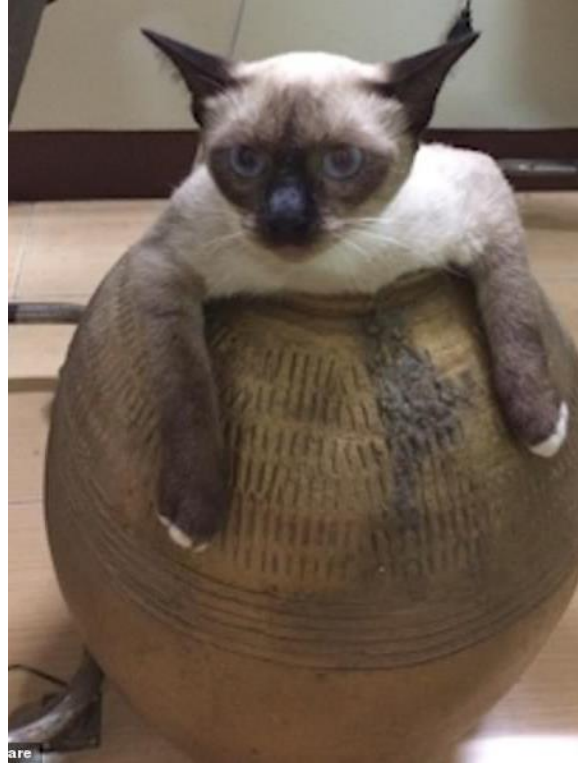
Kaflí 11

Millisameindakraftar og samband vökva, gass og fastra efna

11.1 : ástand efna

TABLE 11.1 ■ Some Characteristic Properties of the States of Matter

Gas	Assumes both the volume and shape of its container Is compressible Flows readily Diffusion within a gas occurs rapidly
Liquid	Assumes the shape of the portion of the container it occupies Does not expand to fill container Is virtually incompressible Flows readily Diffusion within a liquid occurs slowly
Solid	Retains its own shape and volume Is virtually incompressible Does not flow Diffusion within a solid occurs extremely slowly



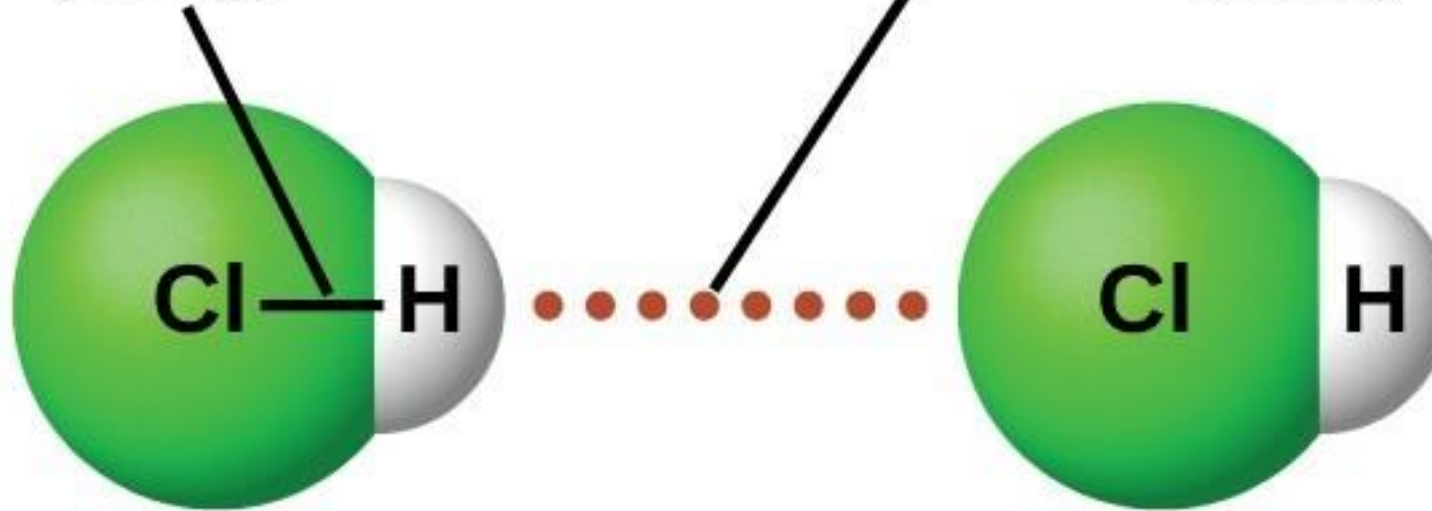
Eru kettir vökvar?

Ástand efna og hreyfiorka

- ▶ Ástand efna er háð hreyfingu einda efnisins.
 - ▶ Því hraðar sem eindirnar fara því meiri hreyfiorku búa þær yfir.
- ▶ Í gastegundum fara eindir hratt og dreifa sér auðveldlega.
 - ▶ Gas dreifir sér auðveldlega út um allt.
- ▶ Í vökva eru eindirnar meira bundnar og dreifa sér minna.
 - ▶ Vökvinn heldur sér nokkurn veginn saman og fyllir upp rúmmál.
- ▶ Í föstu efni eru eindirnar fastar saman og í mörgum tilfellum læstar saman í krystalbyggingu.
- ▶ Getum hugsað okkur um að fylla upp blöðru.

Intramolecular force
(strong)

Intermolecular force
(weak)



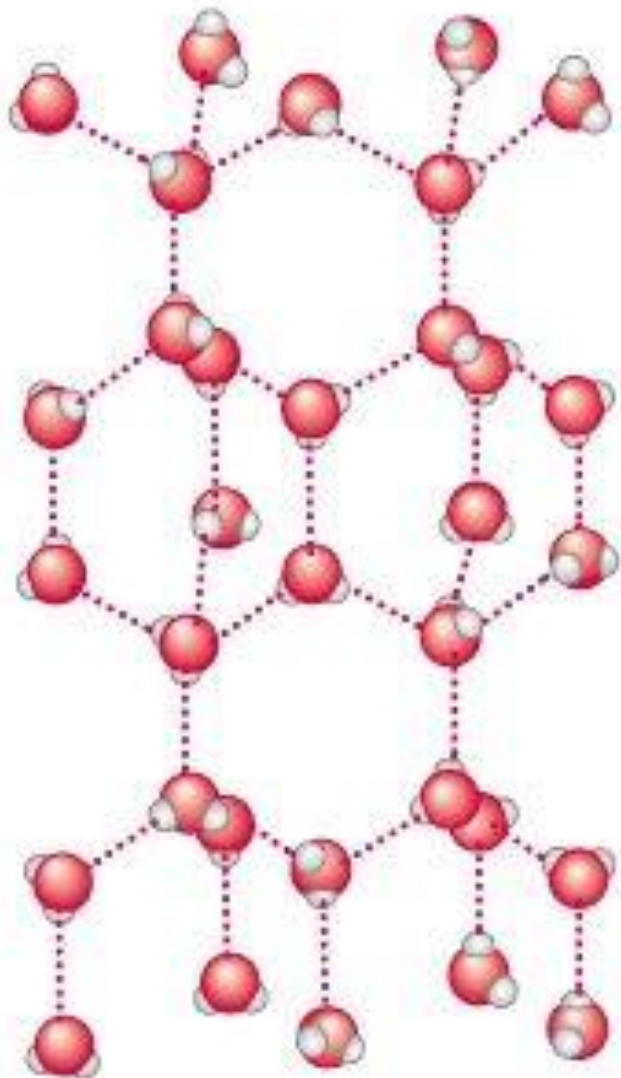
Millisameindakraftar

Aðdráttarafl milli einda/atóma

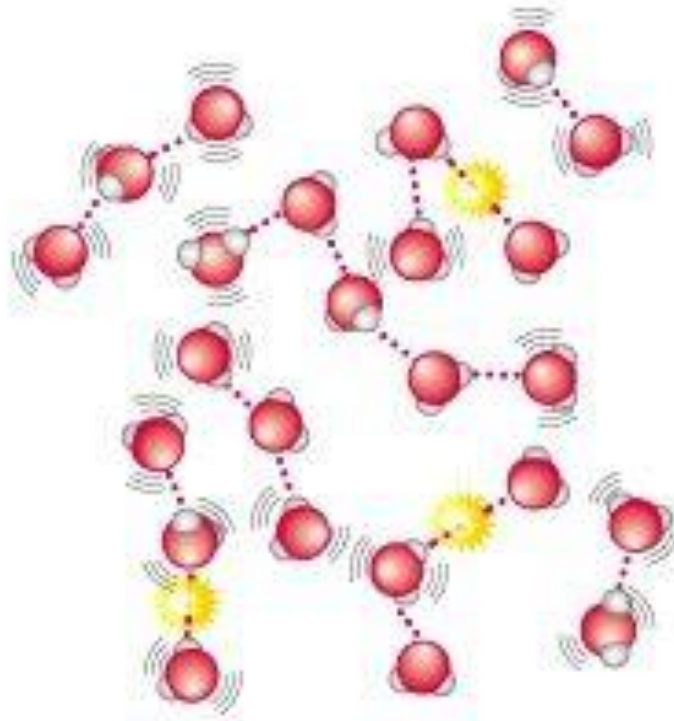
Millisameindakraftar

- ▶ Styrkur millisameindakrafta ræður því hvernig efni hegða sér.
 - ▶ Veikir millisameindakraftar = það er lítið sem heldur eindunum saman og þau dreifa sér og hreyfast auðveldlega (gastegundir)
 - ▶ Sterkari millisameindakraftar = það er minni hreyfing á eindunum en þeim er samt haldið saman (vökvar)
 - ▶ Mjög sterkir millisameindakraftar = eindirnar geta lítið sem ekkert hreyft sig og er í flestum tilfellum læst saman (fast efni)
- ▶ Styrkur millisameindakrafta sem ríkja milli einda ræður því hvert ástand efnisins er !

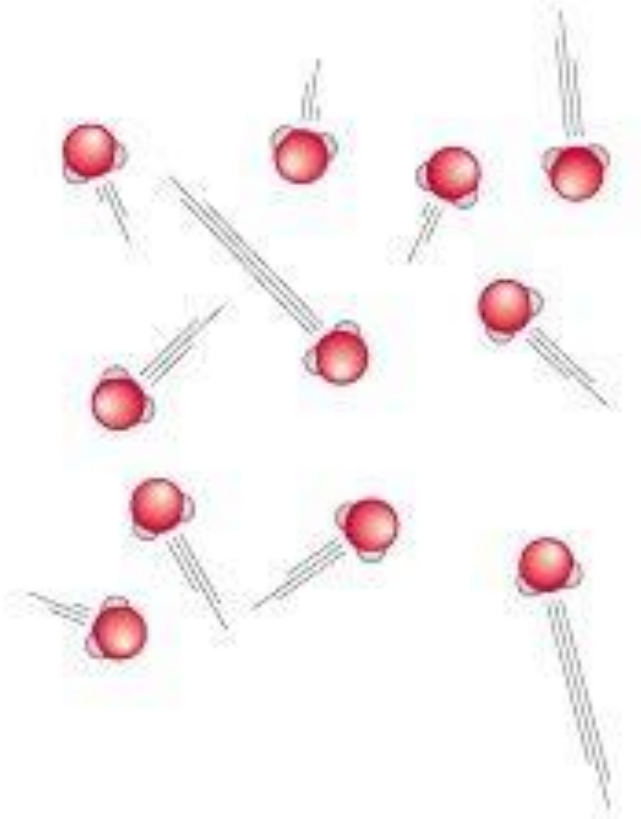
(a) Solid water (ice)

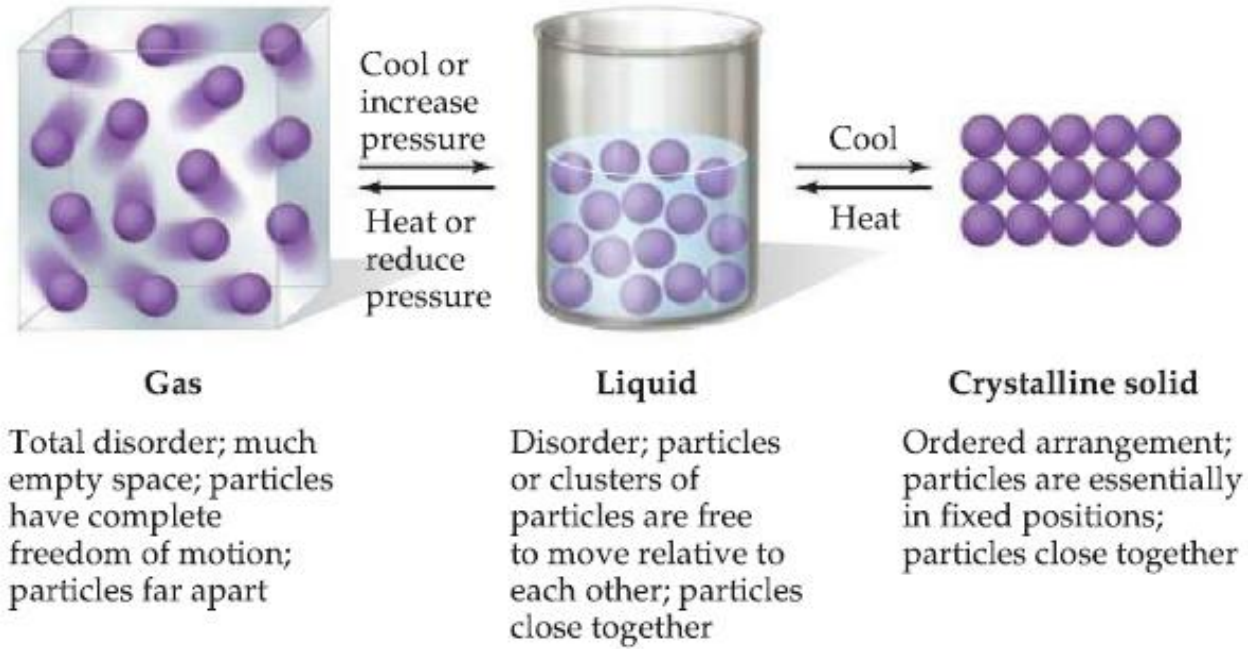


(b) Liquid water



(c) Gaseous water (steam)





Breyting á hreyfingu einda með aukinni orku

the change of state
from liquid to a gas



vaporization

Game Smartz flashcard

Lykilatriði!



- ▶ Ástand efnis er að mestu leyti háð hversu nálægt hvort öðru atómin/eindirnar eru og þar skiptir hreyfing atóma mestu máli.
- ▶ Meiri hreyfing = minni stöðugleiki
- ▶ Suðumark/bræðslumark

Missterkir millisameindakraftar



- ▶ Vökvar hafa mismunandi sterka millisameindakrafta.
- ▶ Olía er þykk og dreifir sér ekki út um allt.
- ▶ Spritt er léttur vökvi og fer út um allt.
- ▶ Er sýróp vökvi?
- ▶ Það er augljóst að millisameindakraftar segja til um hvernig efni hegðar sér!

11.2 : Tegundir millisameindakrafta

Skautunarkraftar

(Dipole-Dipole eða Ion-Dipole forces)

Londonkraftar

(London Dispersion forces)

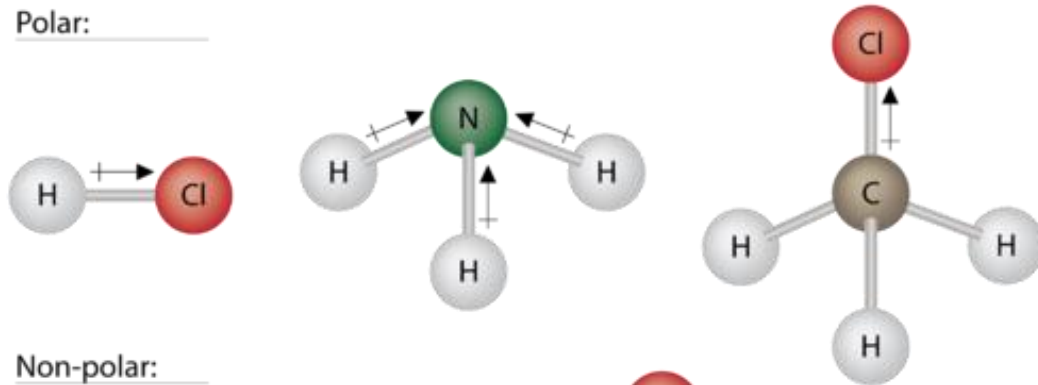
Vetnistengi

(Hydrogen bonding)

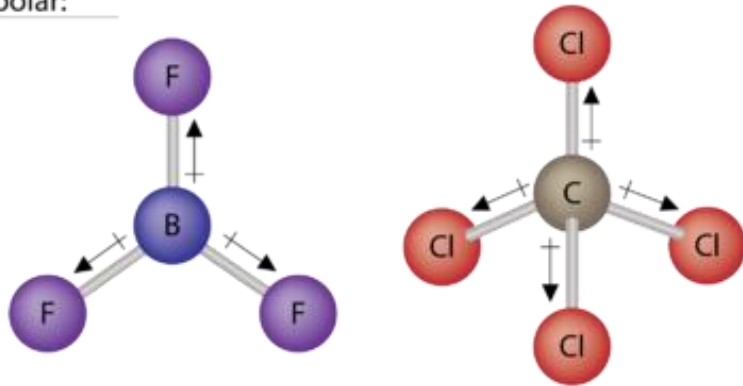
Síðan er stundum talað um Van Der Waals krafta sem er samheiti yfir skautunar og London kraftar

Skautunarkraftar

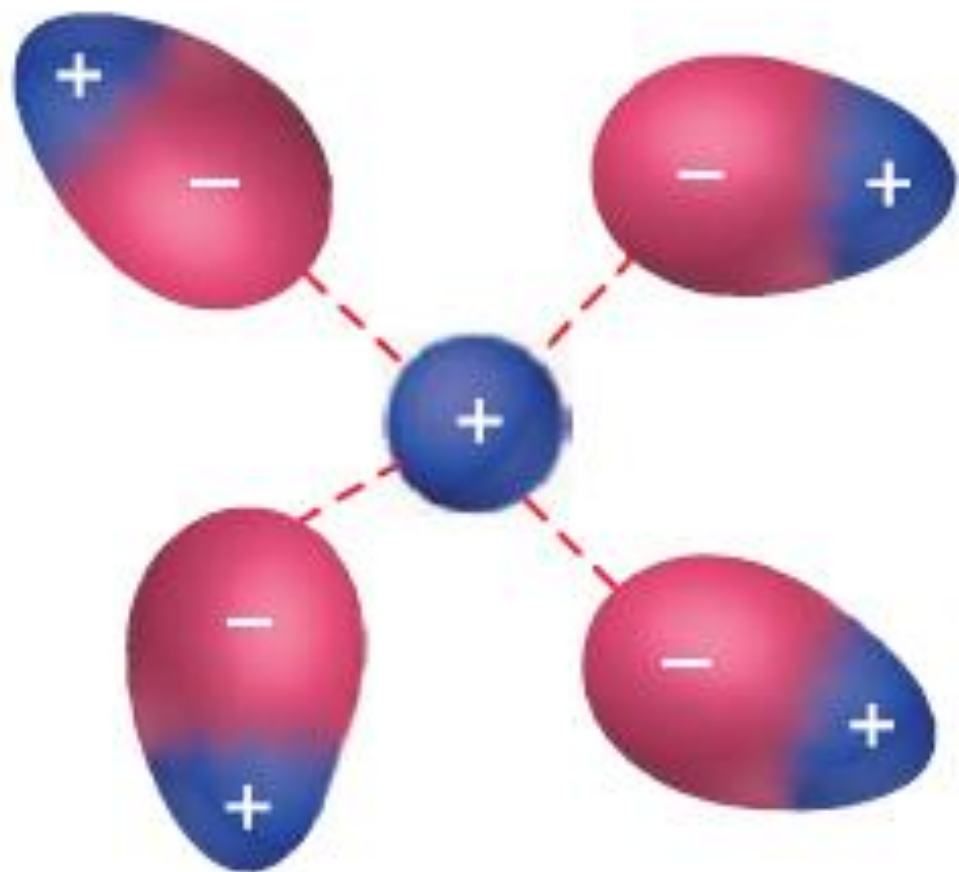
Polar: _____



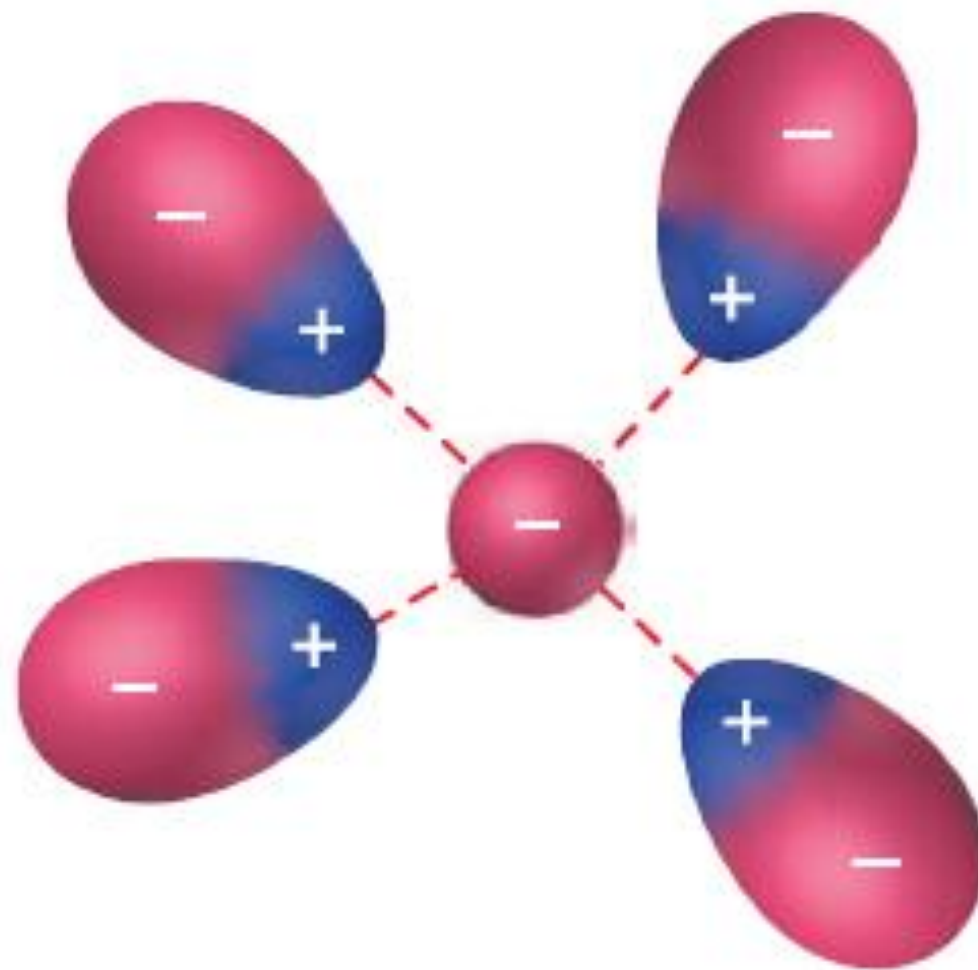
Non-polar: _____



- ▶ Heita Dipole-Dipole á ensku eða ion dipole.
- ▶ Bara skautaðar sameindir hafa skautunar millisameindakrafta.
- ▶ Upprifjun : skautaðar sameindir.
 - ▶ Skautaðar sameindir hafa + hlið og - hlið þar sem atómin í sameindinni eru misfrek á rafeindirnar (hafa mismunandi rafsækni)

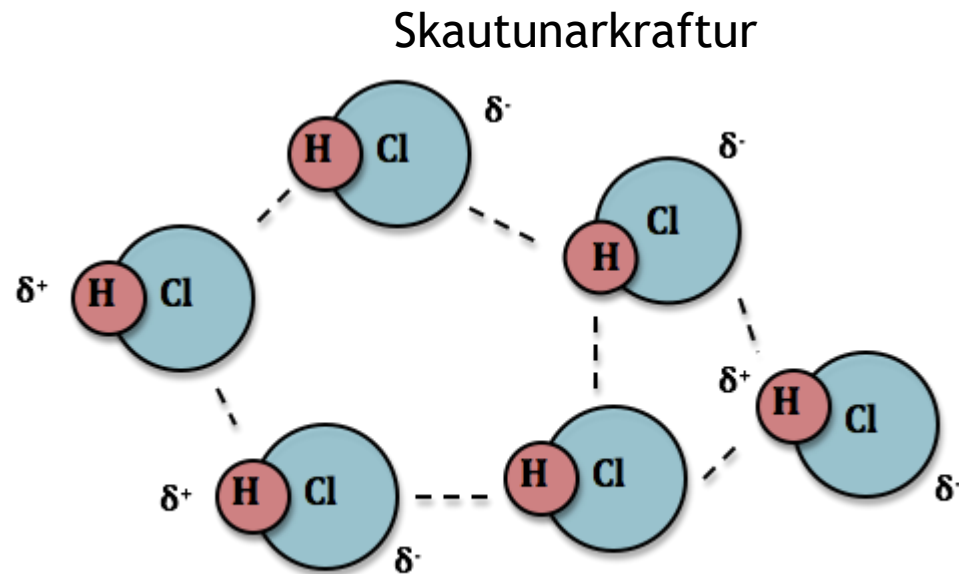
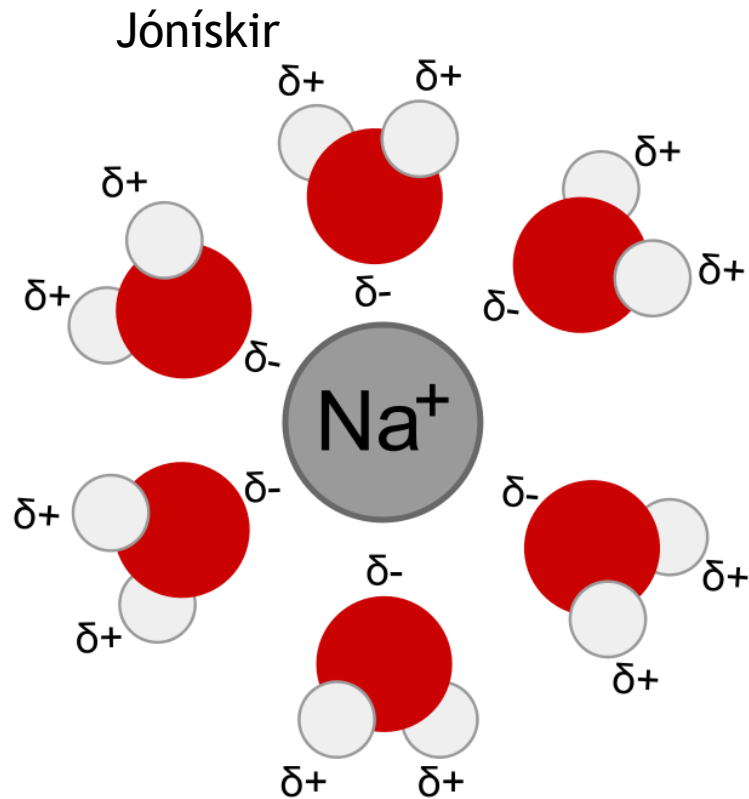


Cation-dipole attractions



Anion-dipole attractions

Munurinn á Dipole-Dipole og Ion - Dipole



Meira um skautun

- ▶ Skautunarkraftar eru veikir kraftar og sameindirnar geta ferðast nokkuð frjálslega um.
- ▶ Auðvitað er bæði aðdráttur og fráhrindikraftur á pólunum en í heildina litið er aðdráttarkrafturinn sterkari.
- ▶ Því meiri Skautun sem sameindir hafa því sterkari skautunarkraftur!
 - ▶ Sjá töflu á næstu glæru

▼ **Figure 11.4 Dipole-dipole attractions.** The interaction of many dipoles in a condensed state. There are both repulsive interactions between like charges and attractive interactions between unlike charges, but the attractive interactions predominate.

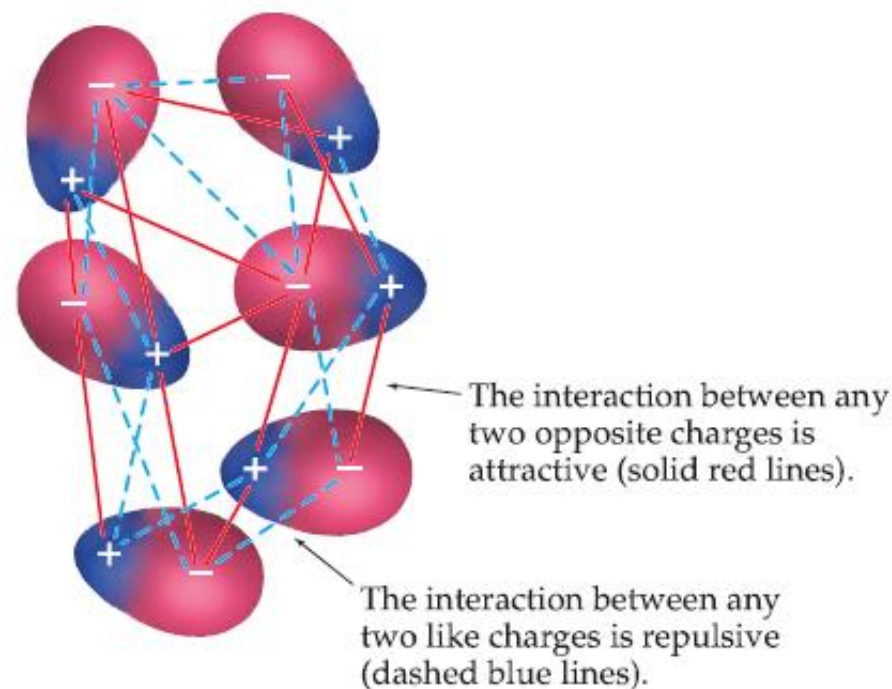
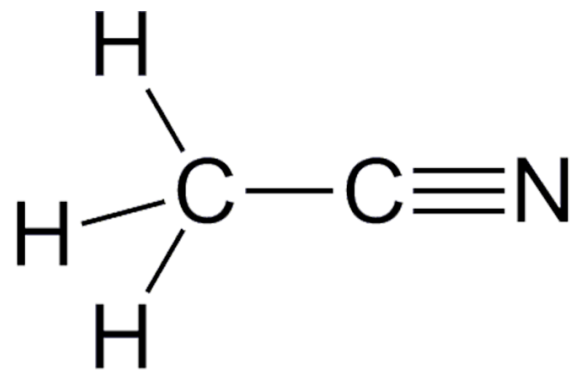
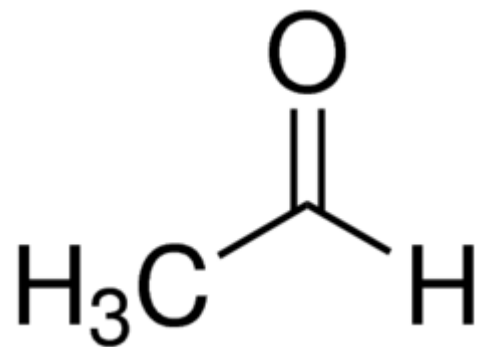
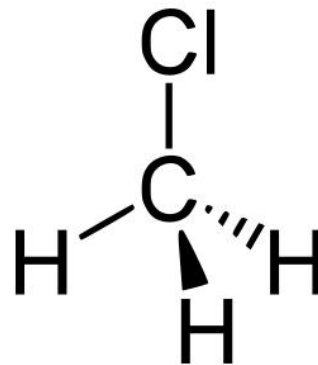
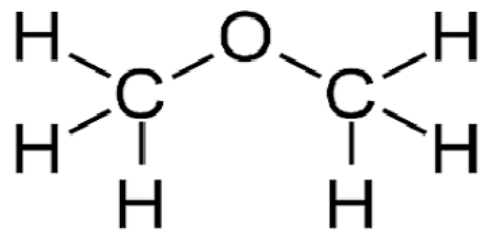
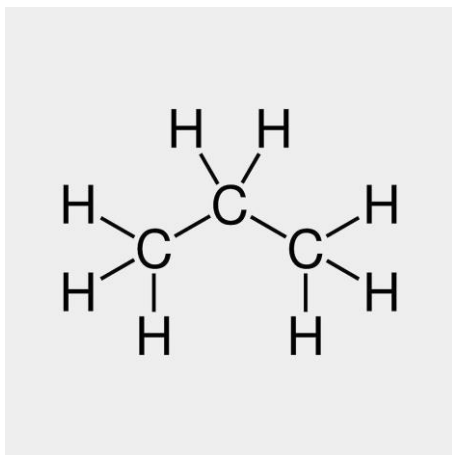


TABLE 11.2 ■ Molecular Weights, Dipole Moments, and Boiling Points of Several Simple Organic Substances

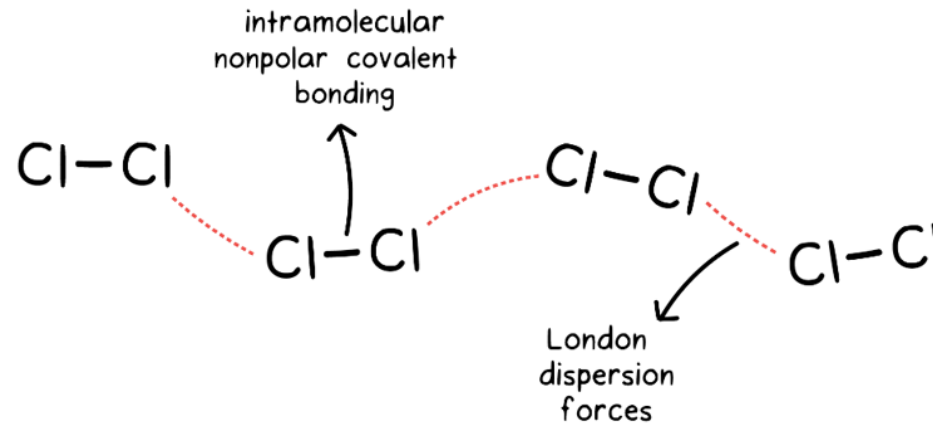
Substance	Molecular Weight (amu)	Dipole Moment μ (D)	Boiling Point (K)
Propane, CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	0.1	231
Dimethyl ether, CH ₃ OCH ₃	46	1.3	248
Methyl chloride, CH ₃ Cl	50	1.9	249
Acetaldehyde, CH ₃ CHO	44	2.7	294
Acetonitrile, CH ₃ CN	41	3.9	355

Eru þessar sameindir skautaðar?



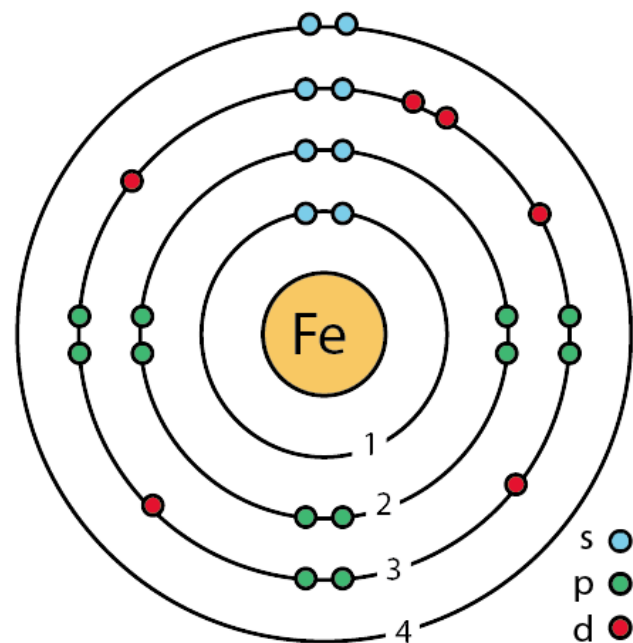
London kraftar

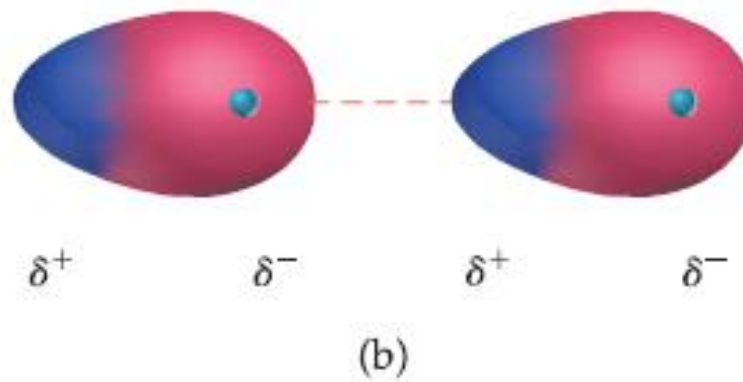
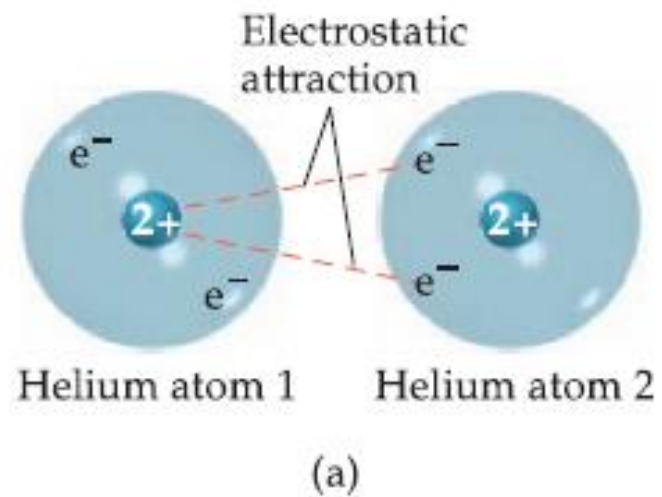
- ▶ Finnast á milli ALLRA sameinda og atóma.
- ▶ Kallast einnig London hrif
 - ▶ Á ensku *London Dispersion Force*.
- ▶ Milli óskautaðra sameinda eru london kraftar einu millisameindakraftarnir sem gilda.
- ▶ Eins og t.d. í Cl_2



Hvað eru London kraftar?

- ▶ Uppgötvaðir 1930
- ▶ London kraftar eru augnabliksskautun. (Dipole moments)
- ▶ Atóm eru gerð úr kjarna þar sem eru bæði róteindir og nifteindir.
 - ▶ Síðan skjótast rafeindir á svigrúmum fyrir ofan. (sjá kafla 7 og 8)
 - ▶ Það þýðir að rafeindirnar eru á hreyfingu!
 - ▶ Rafeindir hreyfast mishratt milli svigrúma, þær eru misbundnar kjarnanum (virk kjarnhleðsla) og misorkumiklar.
 - ▶ Sem þýðir að þær geta í örstutta stund verið allar/meirihluti „öðru megin“ í atómi.





Þá myndast skautun !

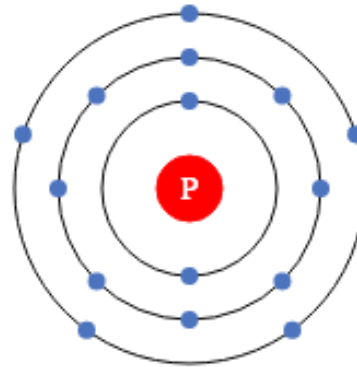
Meira um london krafta.

- ▶ Líkurnar á að augnabliksskautun gerist eru auðvitað mjög litlar!
- ▶ En munum að í hverju móli eru $6,022 \cdot 10^{23}$ atóm
 - ▶ Og eitt mól af einhverju er ekkert sérstaklega mikið. 1 mól af vatni eru 18g enda er mólmassi vatns 18 g/mól
- ▶ Og í hverju atómi eru síðan fjöldi rafeinda en auðvitað mismunandi eftir atómum.
- ▶ Því fleiri sem rafeindirnar eru, því líklegra er það að ójafnvægi verði á hreyfingu þeirra og myndist skautun.
 - ▶ Þó að líkurnar séu ótrúlega litlar þá eru rafeindirnar fleiri en það! Og þær hreyfast hratt.

Missterkir London kraftar

- ▶ Því fleiri sem rafeindirnar eru, því lengra frá kjarnanum eru þær ystu.
- ▶ Því er auðveldara að mynda augnabliks skautun í stærri atómum
- ▶ Því getum við fullyrt að fyrir sameindir gildir:
 - ▶ Hærri mólmassi = sterkari London kraftar

15: Phosphorus

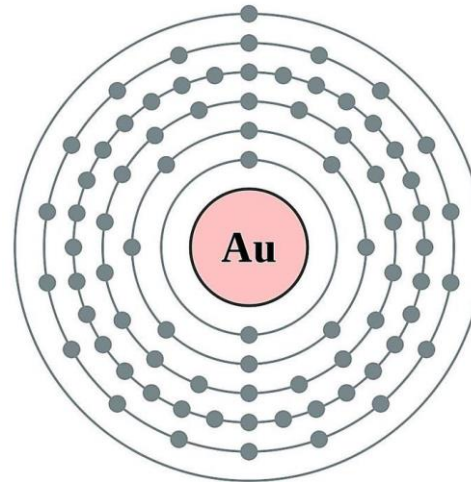


[Ne] 3s² 3p³

[2, 8, 5]

79: Gold

2,8,18,32,18,1





n-Pentane
(bp = 309.4 K)



Neopentane
(bp = 282.7 K)

Lögun skiptir líka máli

- ▶ Þar sem að London kraftar eru á milli atóma sem eru á hreyfingu, þá hlýtur að skipta máli hvernig atómin liggja.
- ▶ *n*-pentane og Neopentane eru lífrænar sameindir með efnaformúluna C_5H_{12}
- ▶ Sami mólmassi ætti að þýða sömu London kraftar á milli sameindanna.
- ▶ En samt er *n*-Pentane með hærra suðumark!
 - ▶ Meira yfirborð „pulsulaga“ sameindarinnar þýðir að fleiri atóm hafa áhrif.
 - ▶ Neopentane er minni sameind og þéttari og hefur því minni áhrif á aðrar sameindir í kringum sig!

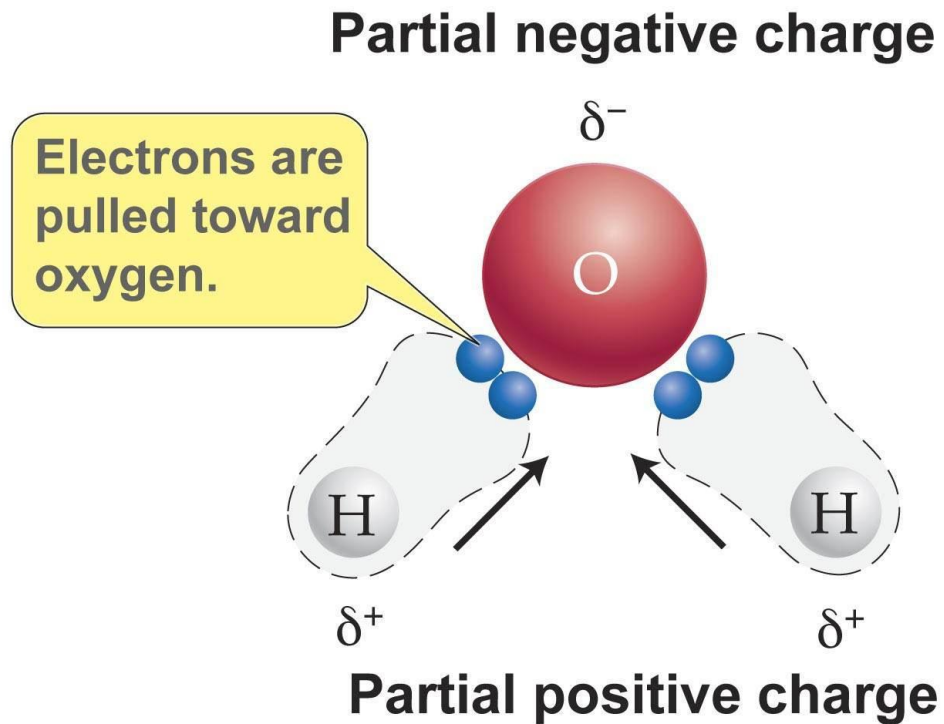
Samanburður á London kröftum



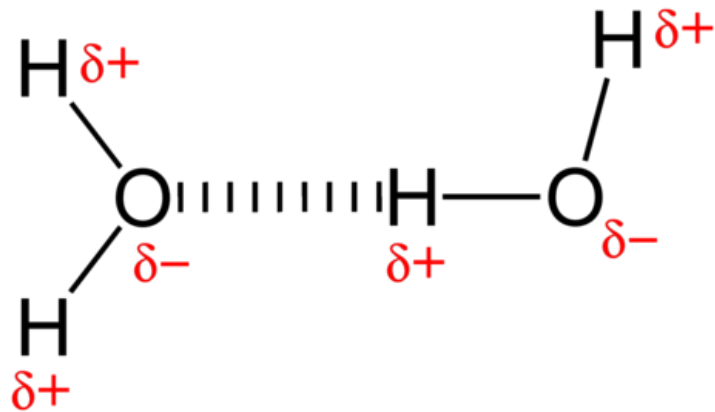
- ▶ Londonkraftar eru oft virkustu kraftarnir þrátt fyrir að veikir.
 - ▶ Í saltsýrulausn, HCl(l) eru London kraftar ábyrgir fyrir 80% af aðdráttarafli milli sameinda þrátt fyrir að sameindin sé skautuð!
- ▶ Ef við erum með tvær sameindir með svipaðan mólmassa og lögun þá er það sameindin með meiri skautun sem hefur sterkari millisameindakrafta.
- ▶ Ef við erum með tvær sameindir sem hafa mjög ólíka mólmassa en svipaða skautun þá er það í langflestum tilfellum þyngrri sameindin sem hefur sterkari millisameindakrafta.

Vetnistengi

- ▶ Skoðum vatn.
- ▶ Það er lítil sameind = lágur mólmassi = veikir london kraftar.
- ▶ Sameindin er samt skautuð svo það gilda skautunarkraftar.
- ▶ En af hverju þarf þá svo mikla orku (100°C) til að rjúfa millisameindakraftana úr vökvaástandi yfir í gas?



Vetnistengi

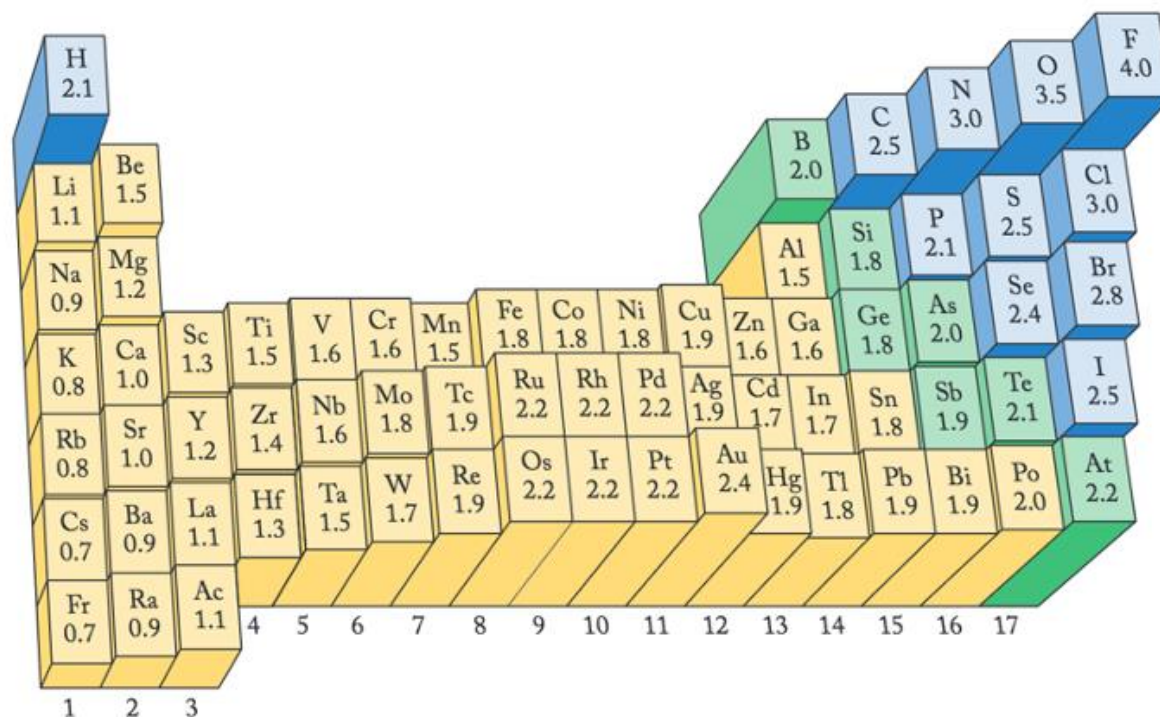


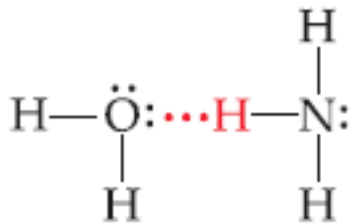
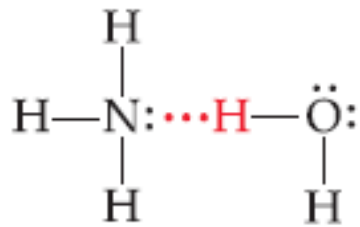
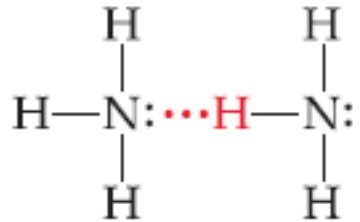
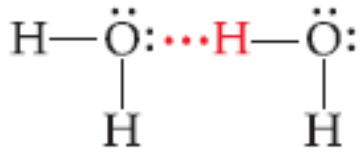
- ▶ Vetnistengi er ekki tengi heldur millisameindakraftur
- ▶ Súrefnisatómið er í vatni er svo rosalega rafneikvætt að það togar rafeindir vetnisatómsins nánast alveg til sín.
- ▶ Það skilur eftir kjarna vetnisatómsins alveg nakinn eða varnarlausan.
- ▶ Rafeindir af öðrum súrefnisatómum eiga þá auðvelt með að dragast að nöktum kjarnanum sem er auðvitað bara stök plús hleðsla.
- ▶ Sem þýðir að bara mjög rafeindasækin atóm geta myndað vetnistengi!

16 Question (1 point)

 See

Use the Pauling electronegativity scale to rank the following binary compounds in order of increasing (least to greatest) ionic character.



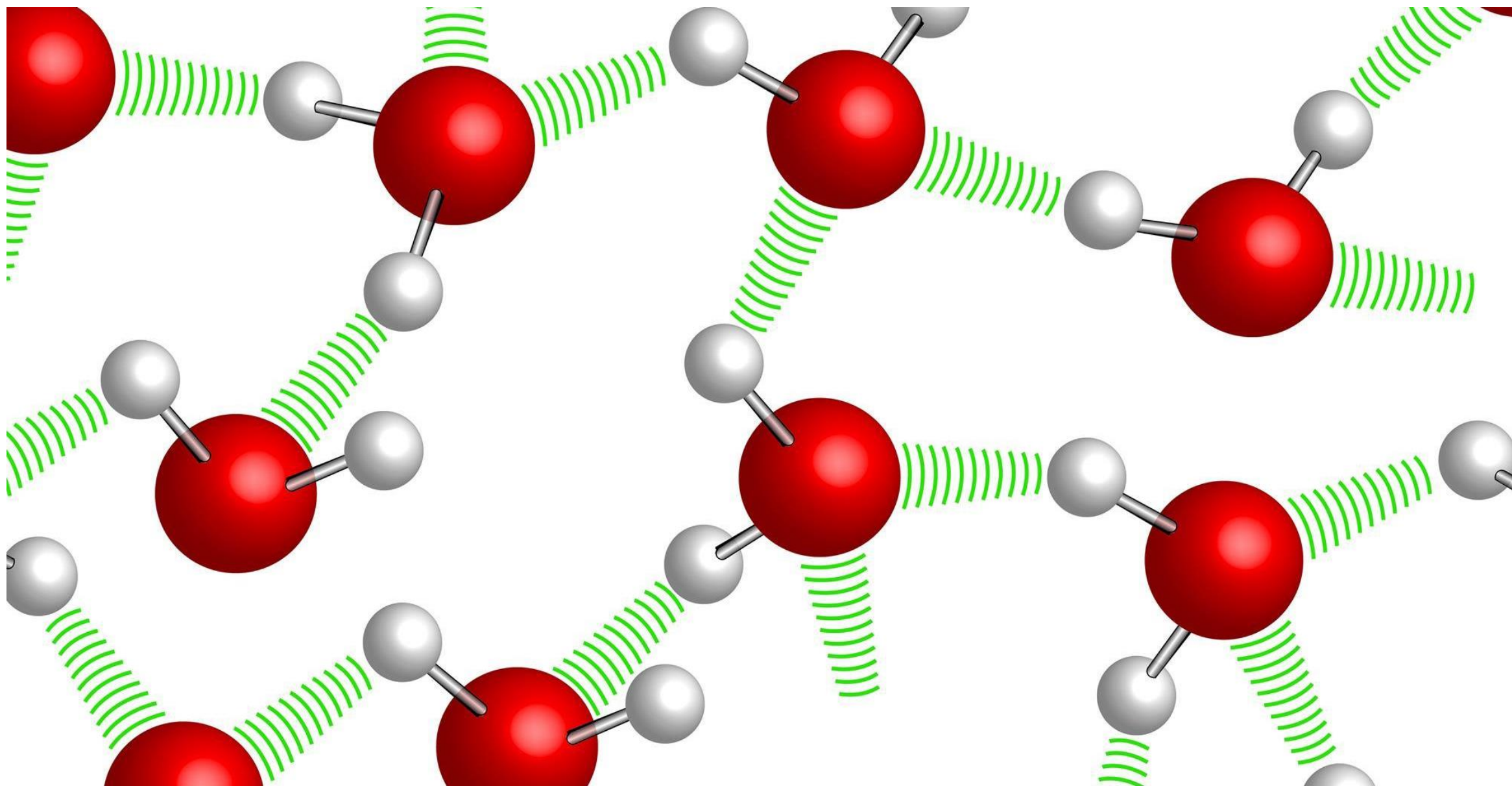


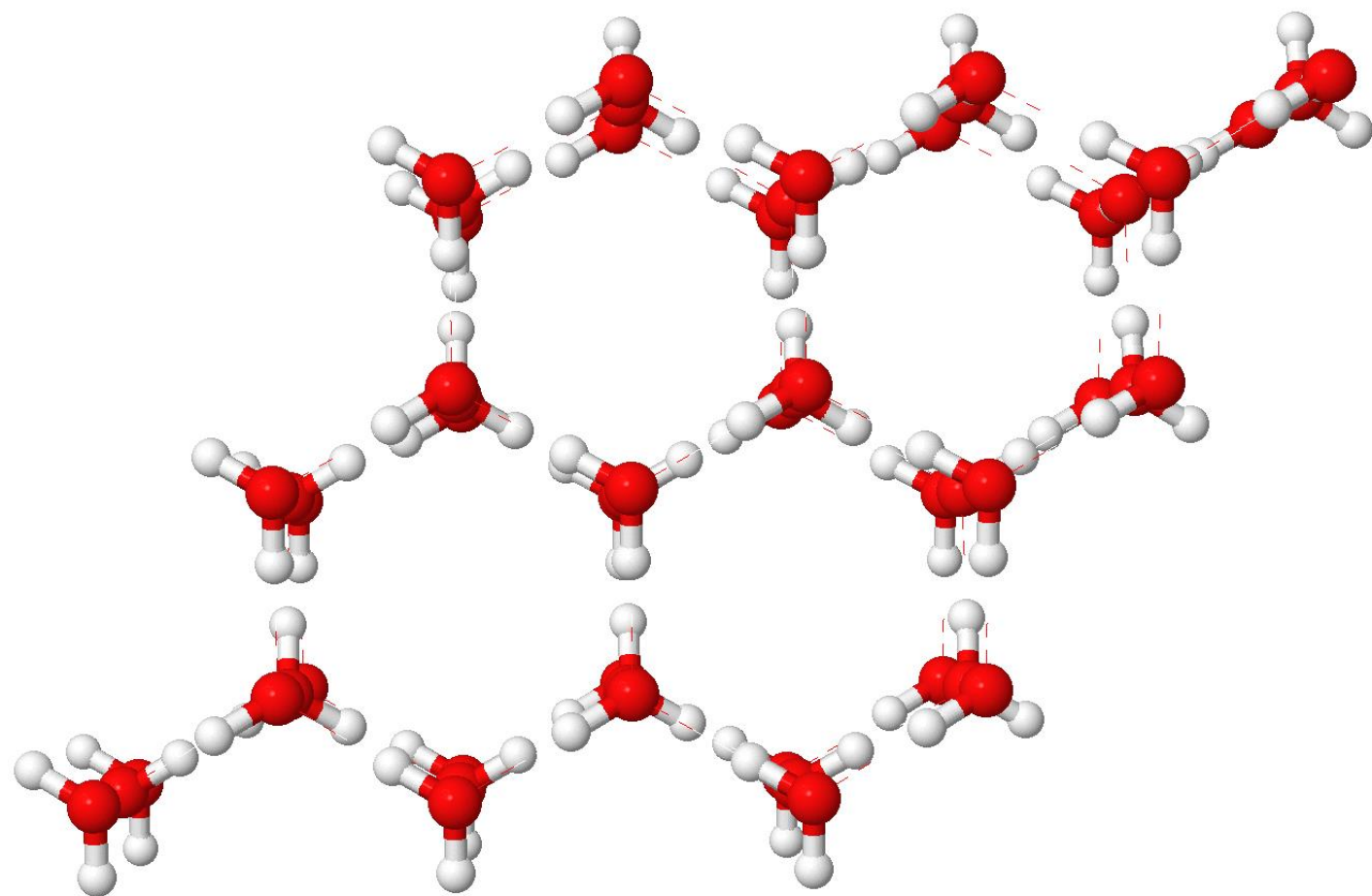
Meira um vetnistengi

- ▶ Sjáum af Pauling kvarðanum að það eru í raun bara O, N og F atóm sem geta myndað vetnistengi!
- ▶ Sjáum að klóratóm hefur sömu rafsækni og nitur, en það er bara of stórt til að geta myndað vetnistengin.
- ▶ Það eru því bara H - F , H - N og H - O efnatengi sem eru nægilega skautuð til að vetnistengi geti myndast milli sameinda!

Samantekt um vetnistengi

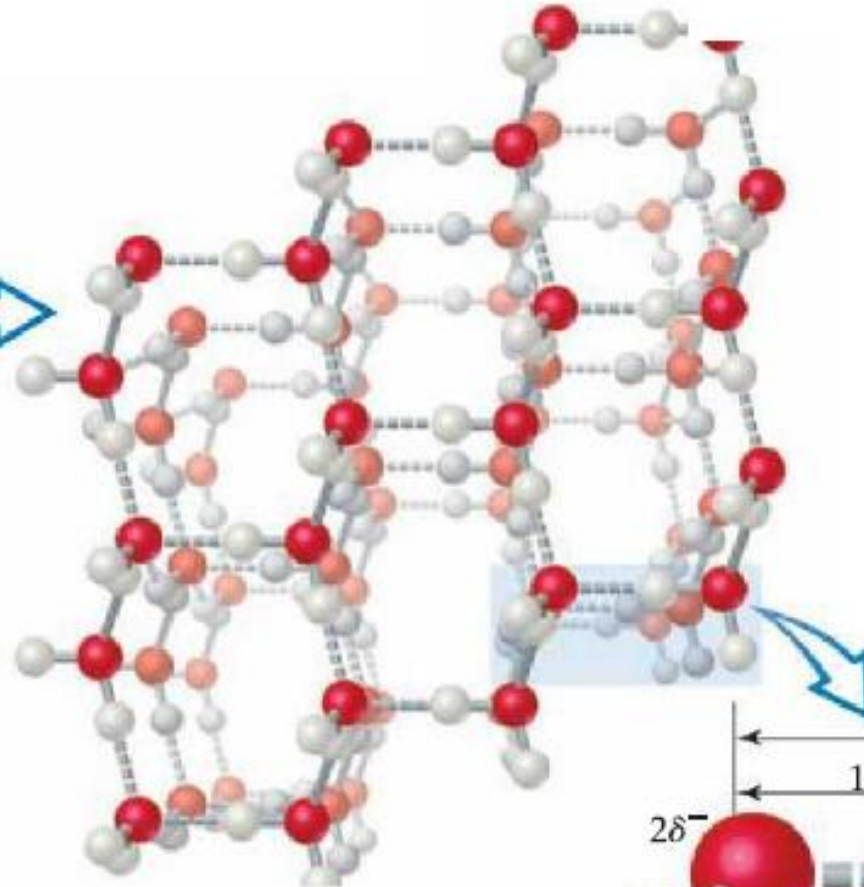
- ▶ Vetnistengi eru sterkir millisameindakraftarnir.
 - ▶ Samt mun veikari en efnatengi innan sameinda.
- ▶ Vetnistengi eru ástæðan fyrir því að ís kristallast og vatn sýður við svo mikinn hita.
 - ▶ En einnig ástæðan fyrir því að prótein haldast stöðug og við höfum húð/vöðva
 - ▶ Án þeirra virkar DNA ekki heldur en það byggir á vetnistengjum til að flytja erfðaefni.
 - ▶ En mikilvægast er uppbygging frosins vatns!
 - ▶ Langflest efnasambönd eru þéttari í föstu ástandi en ís hefur minni eðlisþyngd sem ís en sem vatn, sem gerir honum kleift að fljóta
 - ▶ Án þess væri ekkert líf hér á jörðinni.



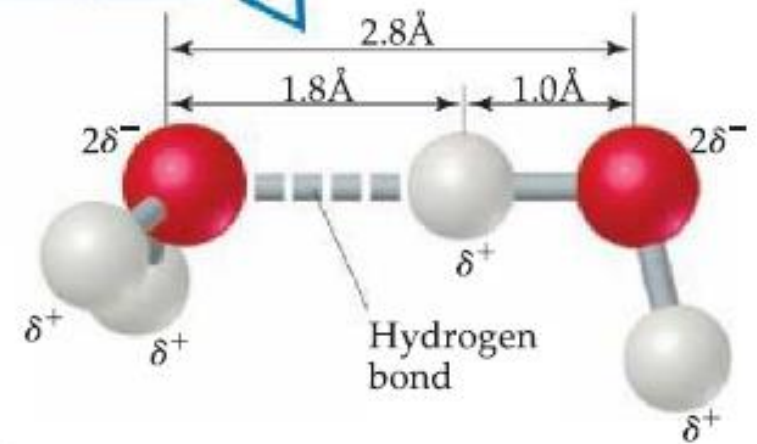




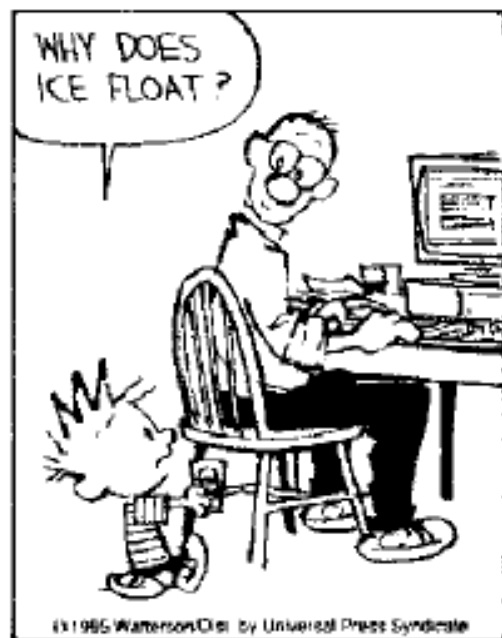
(a)



(b)



▲ **Figure 11.10 Hydrogen bonding in ice.** (a) The hexagonal shape is characteristic of snowflakes. (b) The arrangement of H_2O molecules in ice. Each hydrogen atom on one H_2O molecule is oriented toward a nonbonding pair of electrons on an adjacent H_2O molecule. As a result, ice has an open, hexagonal arrangement of H_2O molecules. (c) Hydrogen

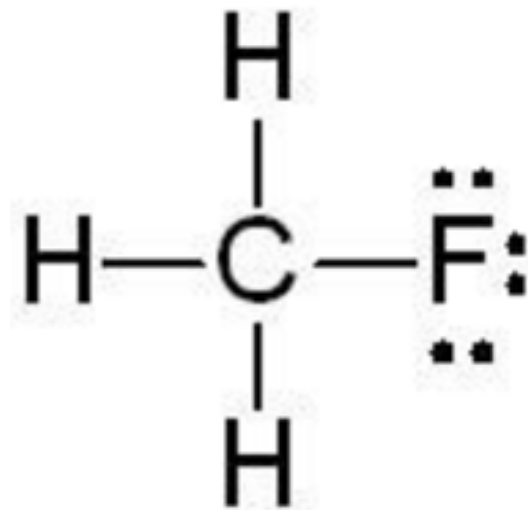
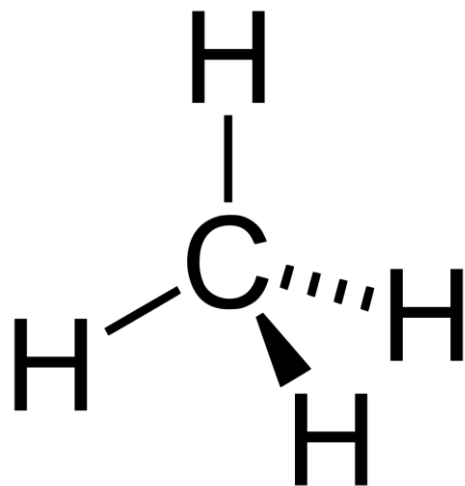
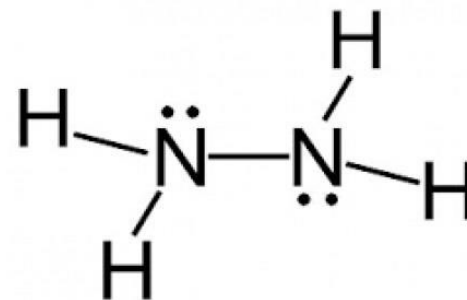
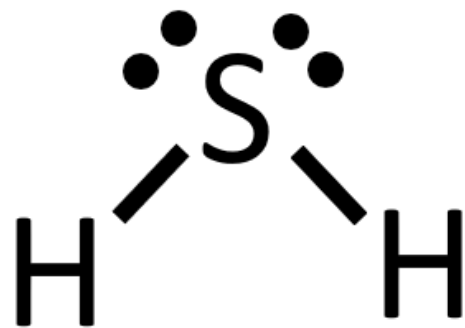


BECAUSE IT'S COLD. ICE WANTS TO GET WARM, SO IT GOES TO THE TOP OF LIQUIDS IN ORDER TO BE NEARER TO THE SUN.



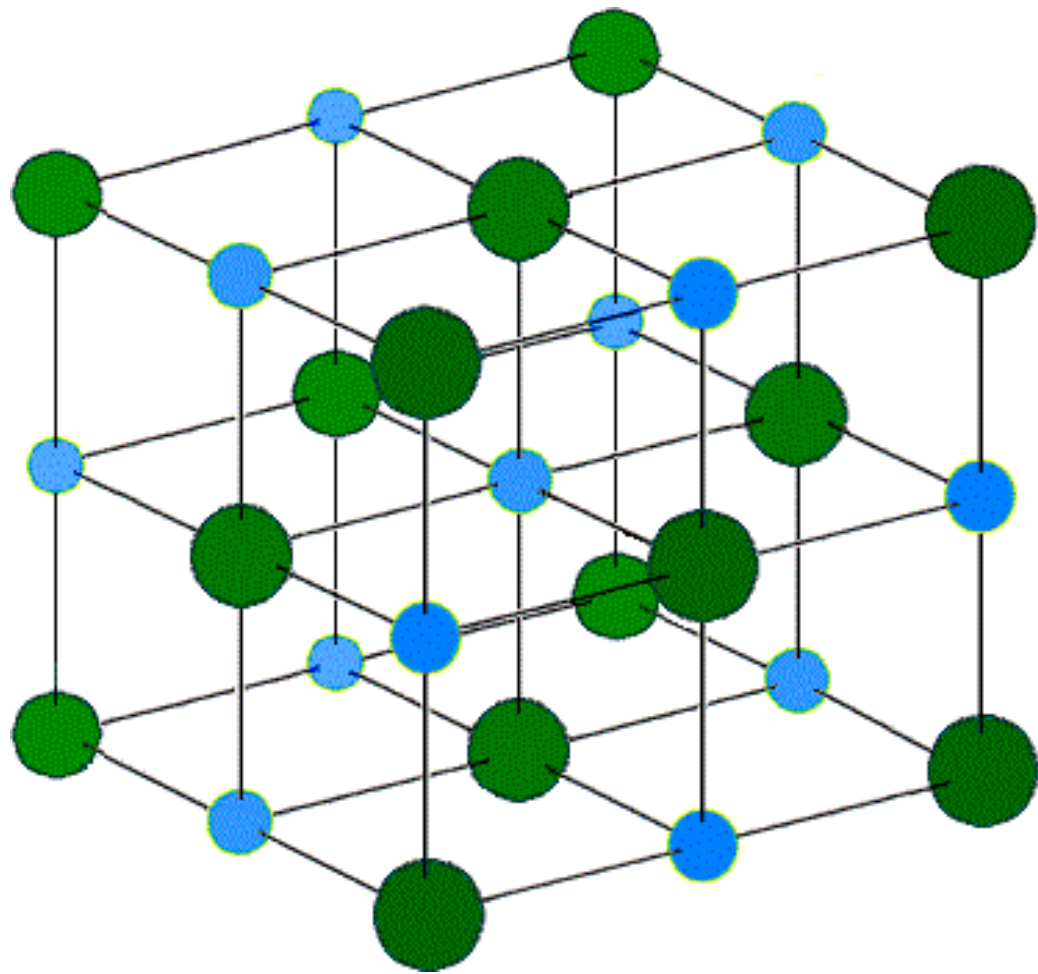
Dæmi

- ▶ Hver þessara sameinda myndar vetnistengi?
 - ▶ Metan, CH_4
 - ▶ Hydrazine, H_2NNH_2
 - ▶ Metýlflúroíð, CH_3F
 - ▶ Brennisteinsvetni, H_2S

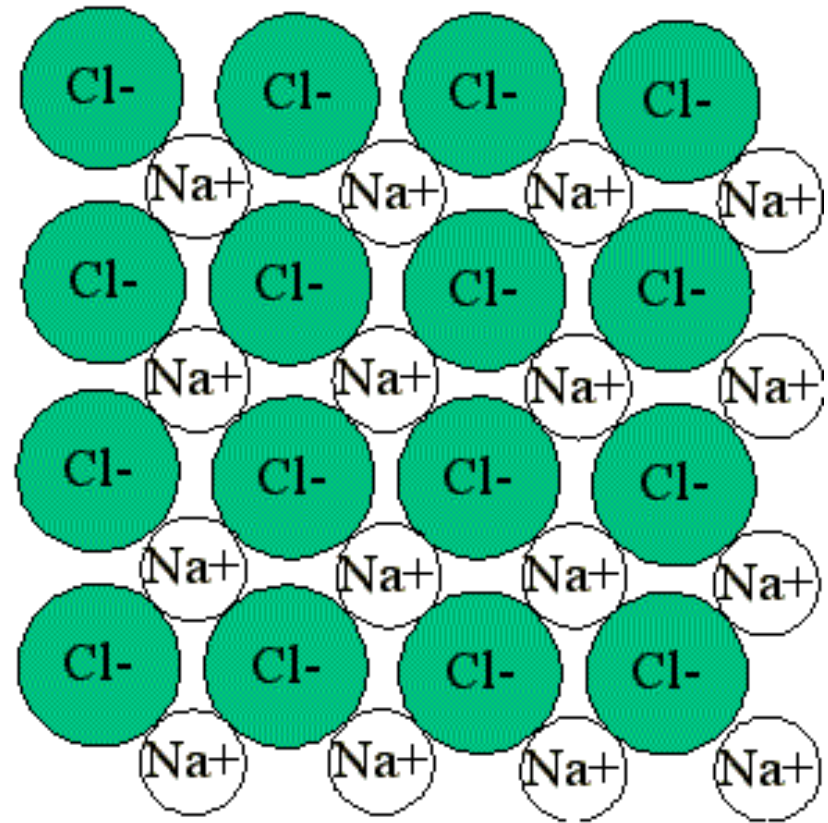


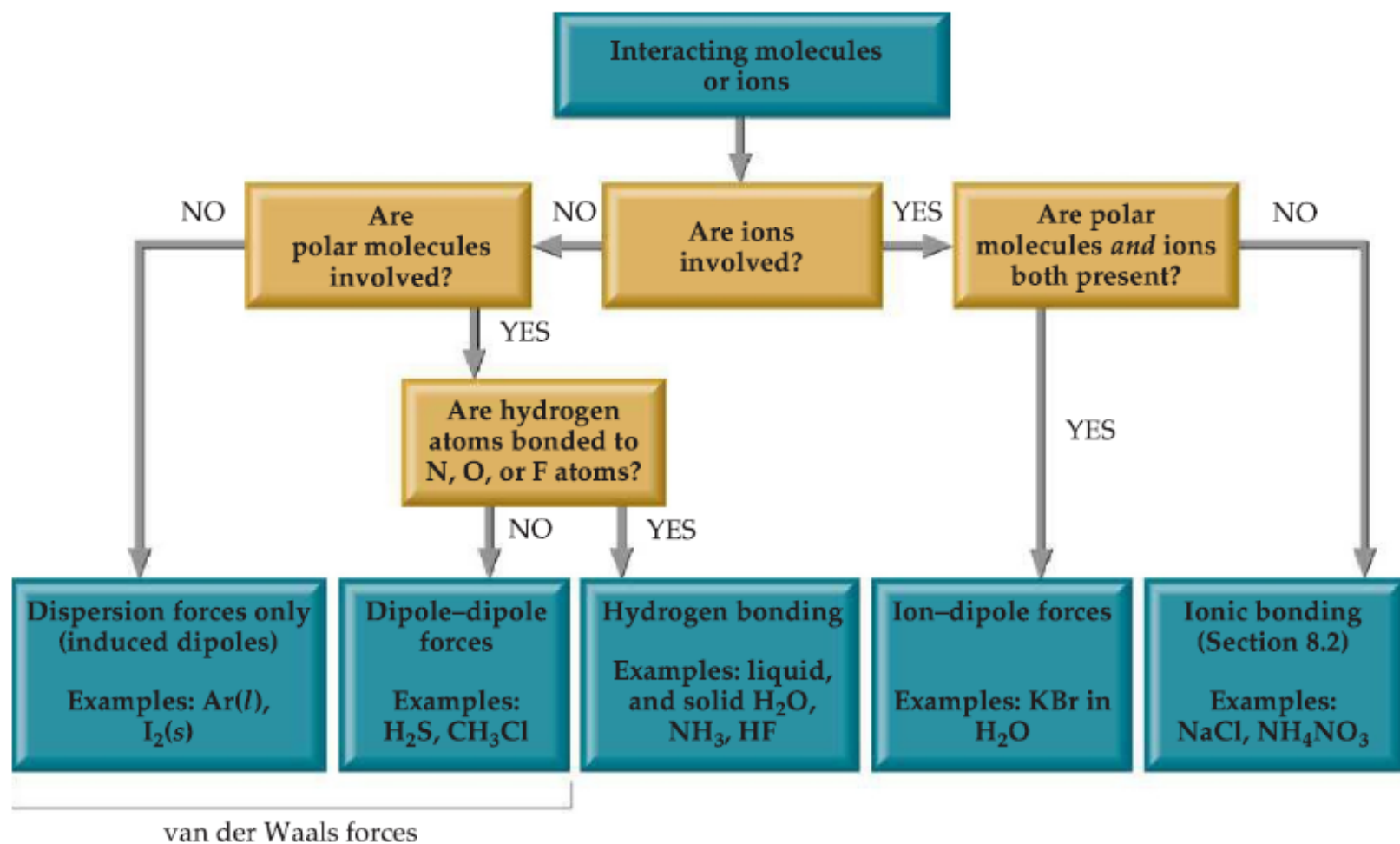
Samanburður á millisameindakröftum

- ▶ Allar sameindir hafa London krafta á milli sín (**veikir kraftar**)
- ▶ Skautaðar sameindir hafa einnig skautunarkrafta. (**sterkari en London**)
 - ▶ Skautun og London eru kallaðir saman Van Der Waals kraftar vegna þess hversu algengir þeir eru.
- ▶ Sameindir sem innihalda vetni tengt í N, F eða O innihalda einnig vetnistengi. (**Sterkir millisameindakraftar**)
- ▶ Jónaefni læsa sig saman í krystalbyggingu og hafa jónatengi milli sín. (**langsterkustu kraftarnir enda öll jónaefni föst efni!**)
- ▶ Jónir í vatnslausn eru skautaðar og hafa því skautunarkrafta (jónískir) á milli sín. (**sami styrkleiki og aðrir skautunarkraftar**)



Slice through a NaCl crystal





Dæmi

- ▶ Svona dæmi eru ótrúlega algeng prófdæmi og sjúklega skemmtileg.
- ▶ Raðaðu eftirfarandi sameindum eftir vaxandi suðumarki og segðu til um hvaða millisameindakraftar finnast hjá hverri sameind.
 - ▶ BaCl_2
 - ▶ H_2
 - ▶ CO
 - ▶ HF
 - ▶ Ne

Lausn part 1/2

- ▶ Svona dæmi eru ótrúlega algeng prófdæmi og sjúklega skemmtileg.
- ▶ Raðaðu eftirfarandi sameindum eftir vaxandi suðumarki og segðu til um hvaða millisameindakraftar finnast hjá hverri sameind.
 - ▶ BaCl_2 = Þetta er jónaefni = Londonkraftar og jónatengi.
 - ▶ H_2 = Þetta er óskautuð sameind = bara London kraftar
 - ▶ CO = Lítil skautun og hár mólmassi = skautunarkraftar og london
 - ▶ HF = Skautuð sameind og F tengt í H = vetnistengi, skautun og londonkraftar
 - ▶ Ne = eðallofttegund = bara atóm og því bara með Londonkrafta.

Lausn part 2/2

- ▶ Jónatengi eru sterkustu millisameindakraftarnir svo að BaCl_2 er með hæsta suðumarkið.
- ▶ Vetnistengi eru næststerkustu millisameindakraftarnir sem þýðir að HF er með næsthæsta.
- ▶ Síðan er CO bæði þungt efni með mikla Londonkrafta og smá skautun sem þýðir að það sé næst.
- ▶ Vetnisgas er mun léttara en Neon atóm og er því með lægsta suðumarkið!
- ▶ Röðin er því :



11.3 Hegðun vökva

- ▶ Millisameindakraftar milli sameinda í vökva hjálpa okkur að skilja marga ótrúlega og kunnuglega eiginleika vökva
 - ▶ Tökum sérstaklega fyrir :
 - ▶ Seigju (viscosity)
 - ▶ Yfirborðsspennu (surface tension)



Seigja

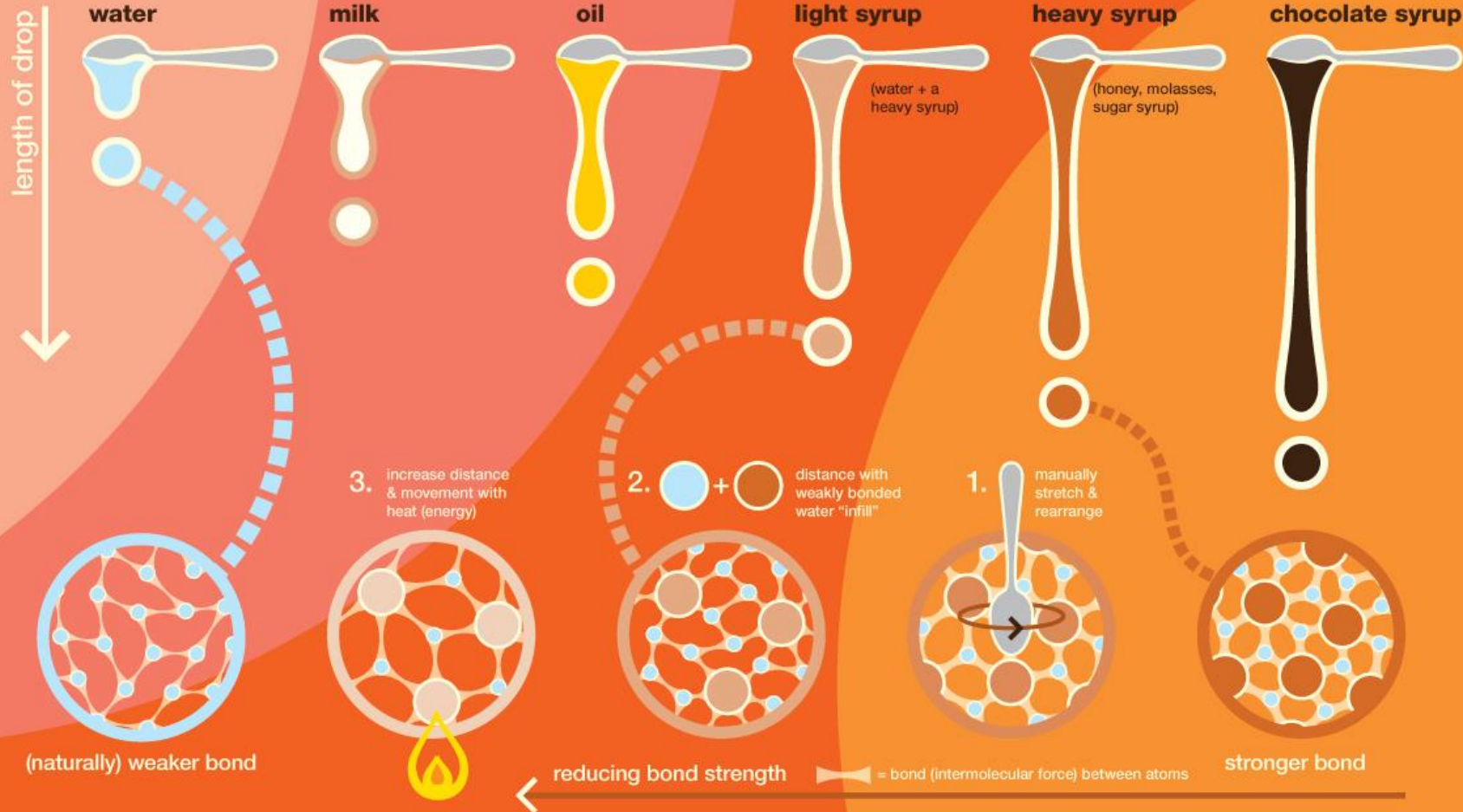
- ▶ Seigja er mælikvarði á hversu vel vökvi „hellist“ eða flæðir, en eitt aðaleinkenna vökva er að það sé hægt að hella þeim.
- ▶ Seigja er mæld í einingunni kg/m s (massi sem hlutfall af hraða)
- ▶ Seigja er mælikvarði á hversu auðvelt stakar sameindir eiga til með að hreyfa sig. Ef það eru sterkir milli-sameindakraftar eiga sameindirnar erfitt með það og það hellist hægt og lítið flæði.
- ▶ Einnig skiptir máli hvort að sameindirnar séu stórar og flækjast fyrir hvor annarri eins og spagettí.

VISCOSITY for liquids

sticky, **thick**, *viscous* (stronger bonds)

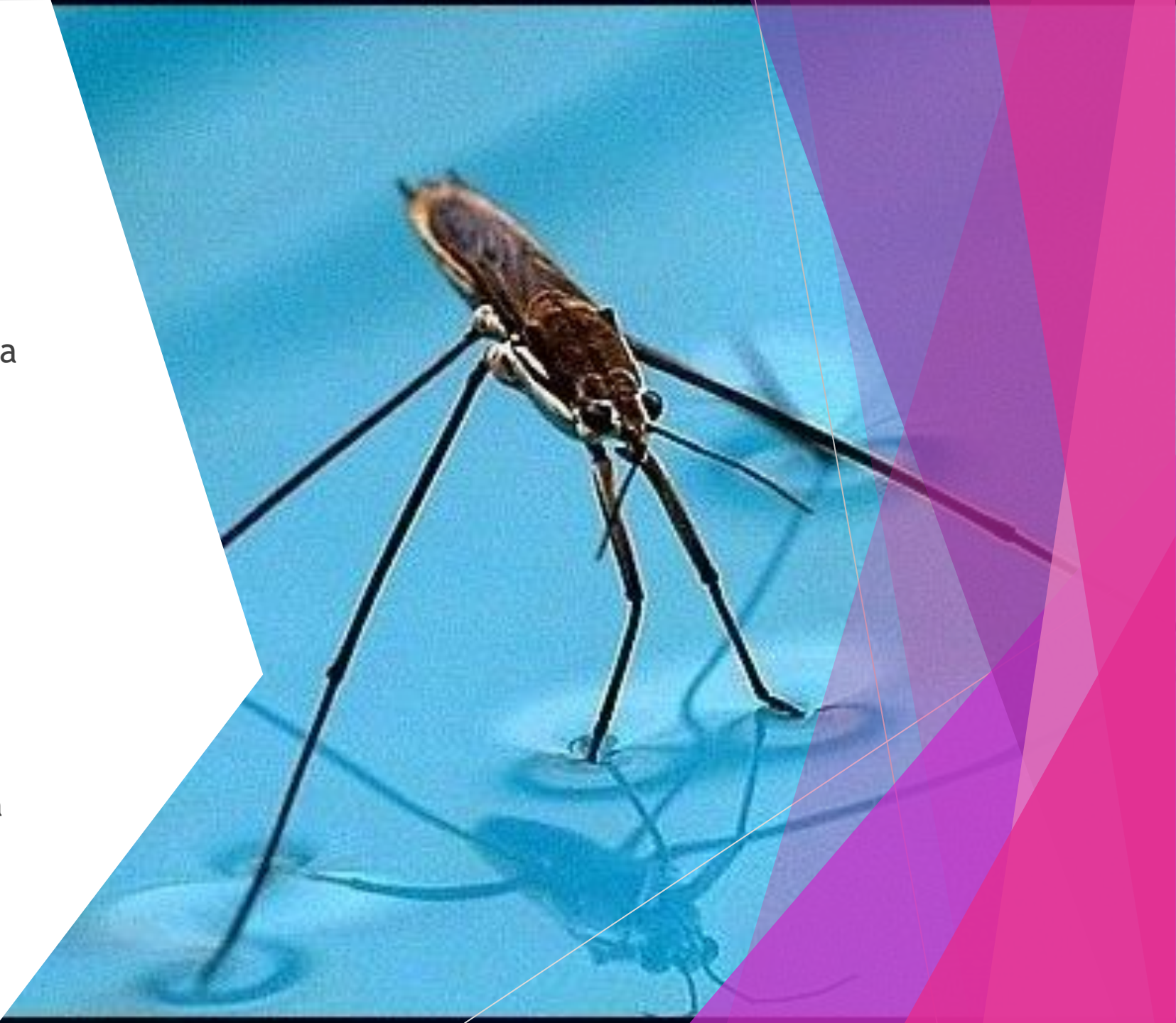
This stickiness is caused by stronger or more numerous molecule-to-molecule interactions, which cause the molecules to stick together more when pulled upon. In cooking terms, a more viscous solution can appear "clumpier," and a less viscous solution "runny."
-Kevin Miklasz

MATERIAL PROPERTY

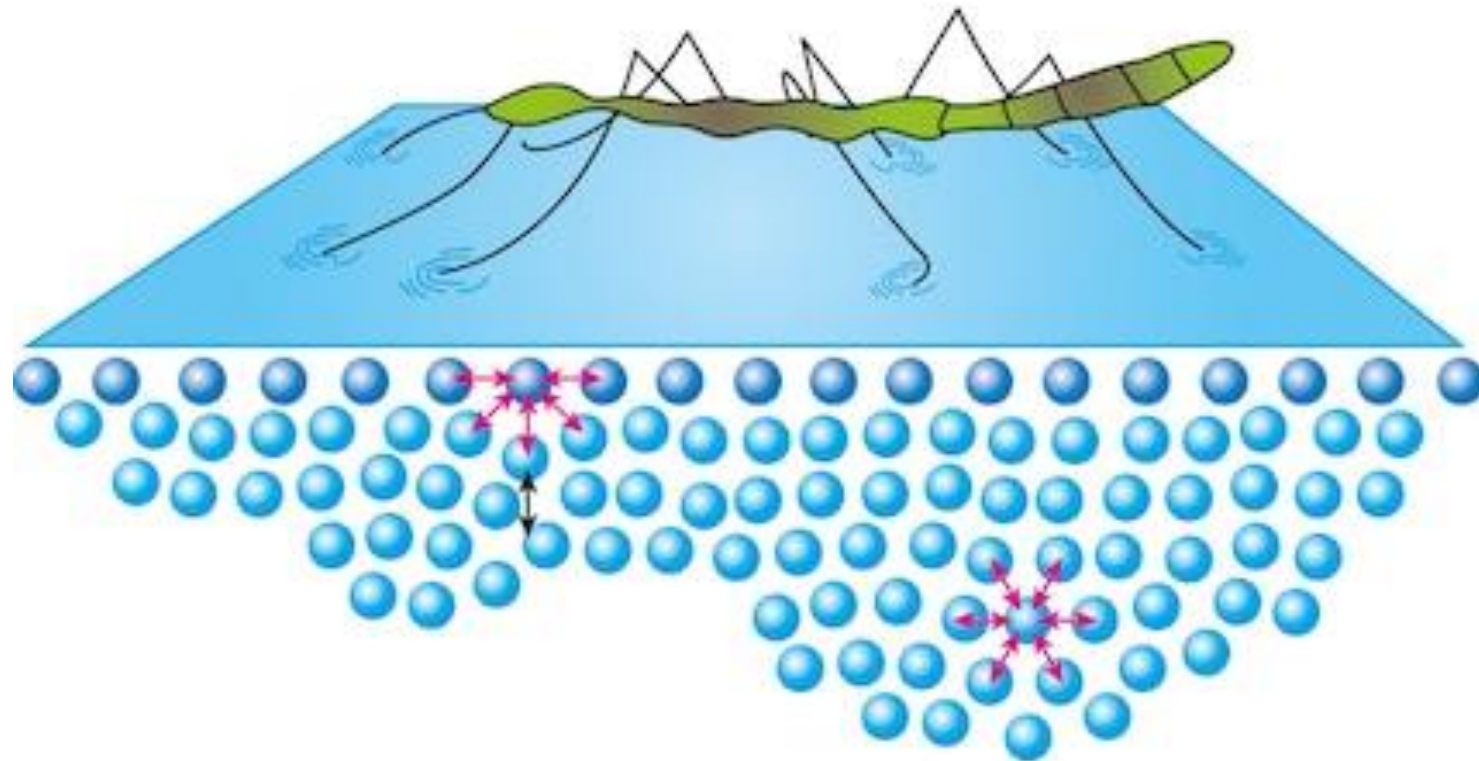


Yfirborðsspenna

- ▶ Vatn virðist stundum hafa þunna húð, t.d. Geta sum skordýr(og jesús) auðveldlega gengið á vatni.
 - ▶ Einnig geta mjög léttir hlutir eins og laufblöð flotið á vatni
- ▶ Þetta er hægt sökum misvægi í millisameindakröftum hjá sameindum í yfirborði vatns og þeim fyrir neðan.
 - ▶ Sameindir í yfirborði leita bara niður á við.



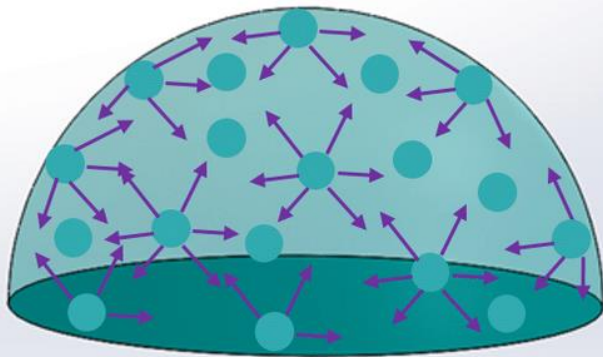
Surface Tension



shutterstock.com • 1285696948

Meira um yfirborðspennu

Water Droplet on a Solid Surface



- ▶ Krafturinn í yfirborðssameindunum liggur niður á við
 - ▶ Sem þýðir að þær sameindir togast niður nær þeim sem eru fyrir neðan. Það þýðir að efsta lagið á vatni er þykkara en það sem er fyrir neðan og við fáum húð eða yfirborðspennu.
- ▶ Þetta útskýrir líka af hverju vatn leitast eftir því að mynda dropa, en allar vatnssameindirnar eru að leita inn á við og mynda kúlu!
- ▶ Og líka dropamyndun á bonuðum bíl eða glasi.

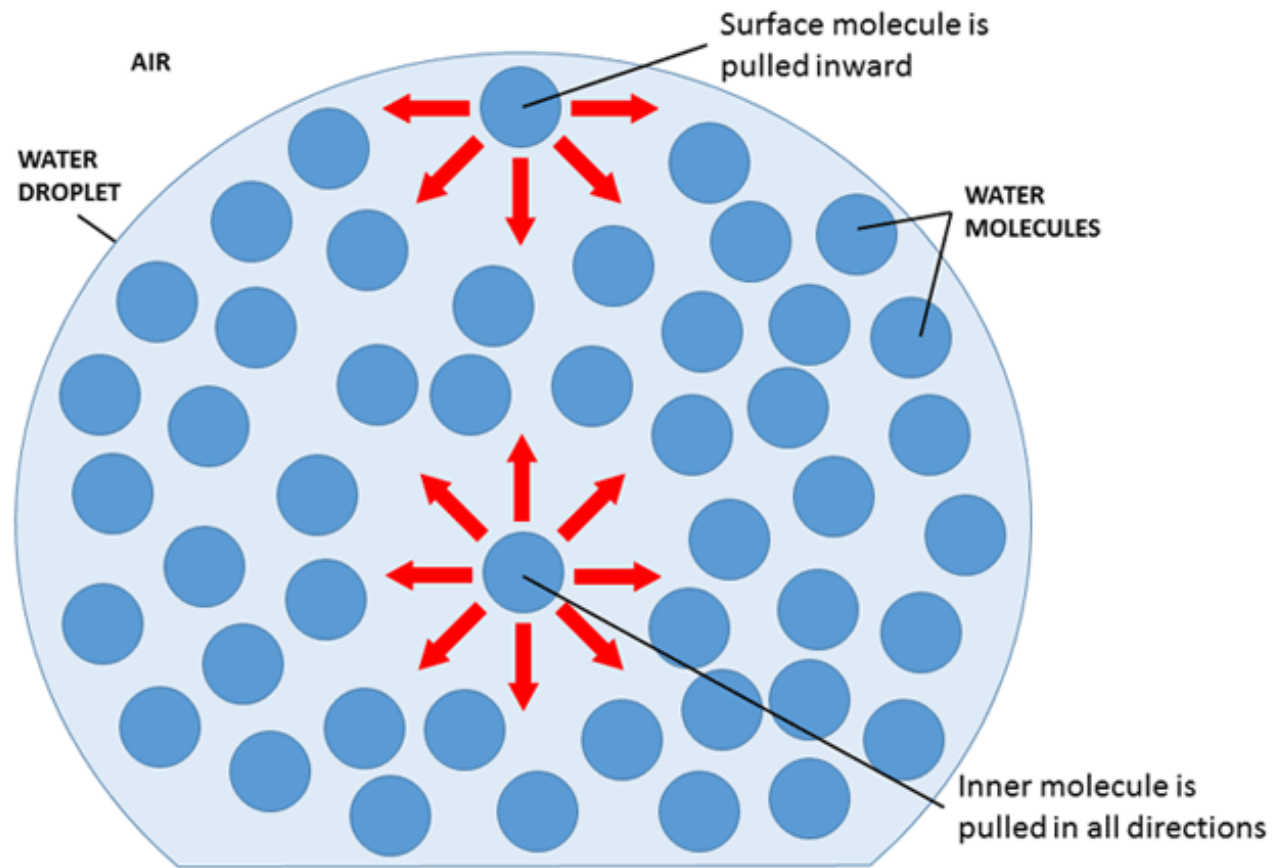


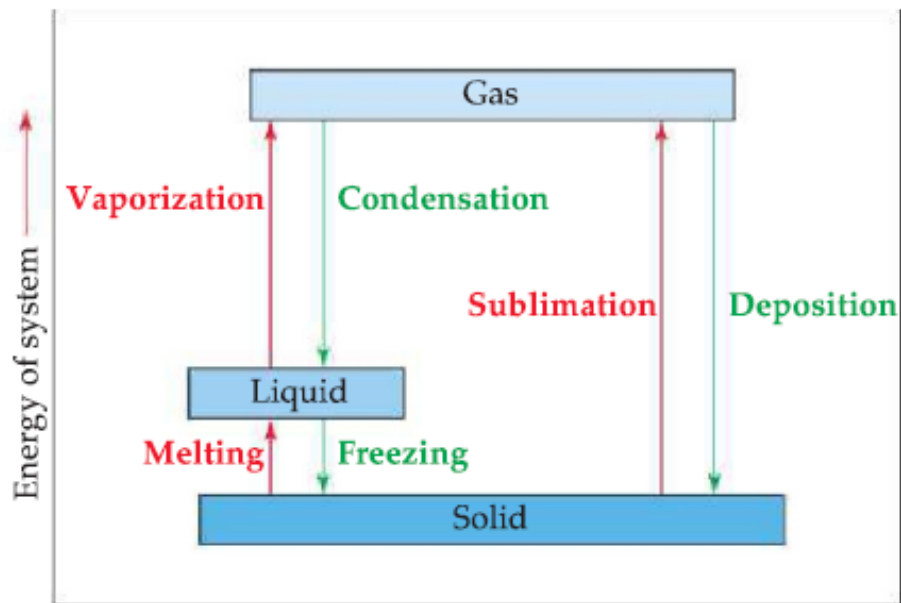
Diagram not to scale



Skýrir líka vatn í tilraunaglassi

- ▶ Vatnið hefur sterka millisameindakrafta sem loða við glasið og mynda það sem kallast *hárpípukraftur* (*capillary force*)
- ▶ Því myndast sveigja á vatnsyfirborðið og við þurfum að lesa á neðsta punkt sveigjunnar.
- ▶ Kvikasilfur myndar það ekki enda ekki með vetnistengi.

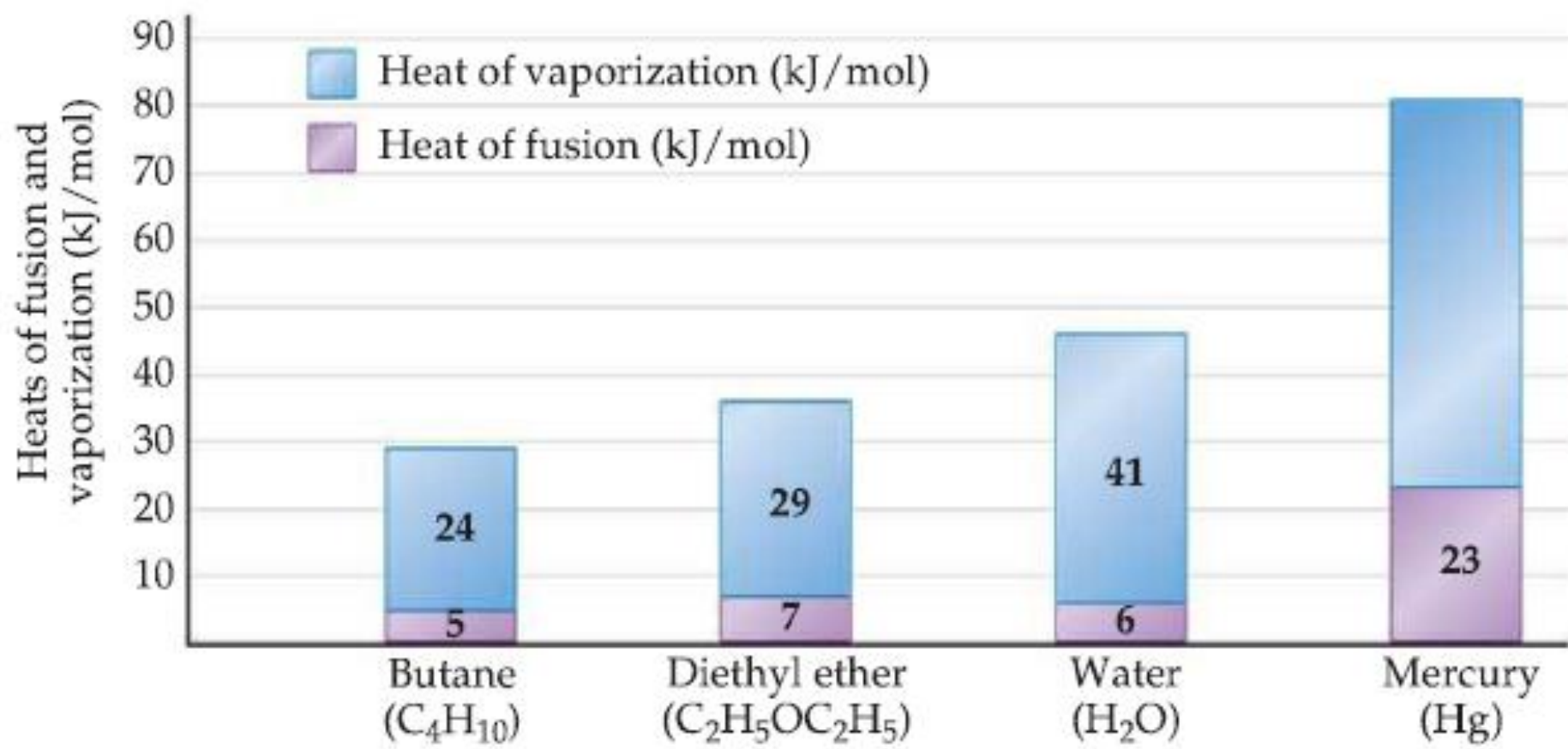
11.4 ástandsbreytingar

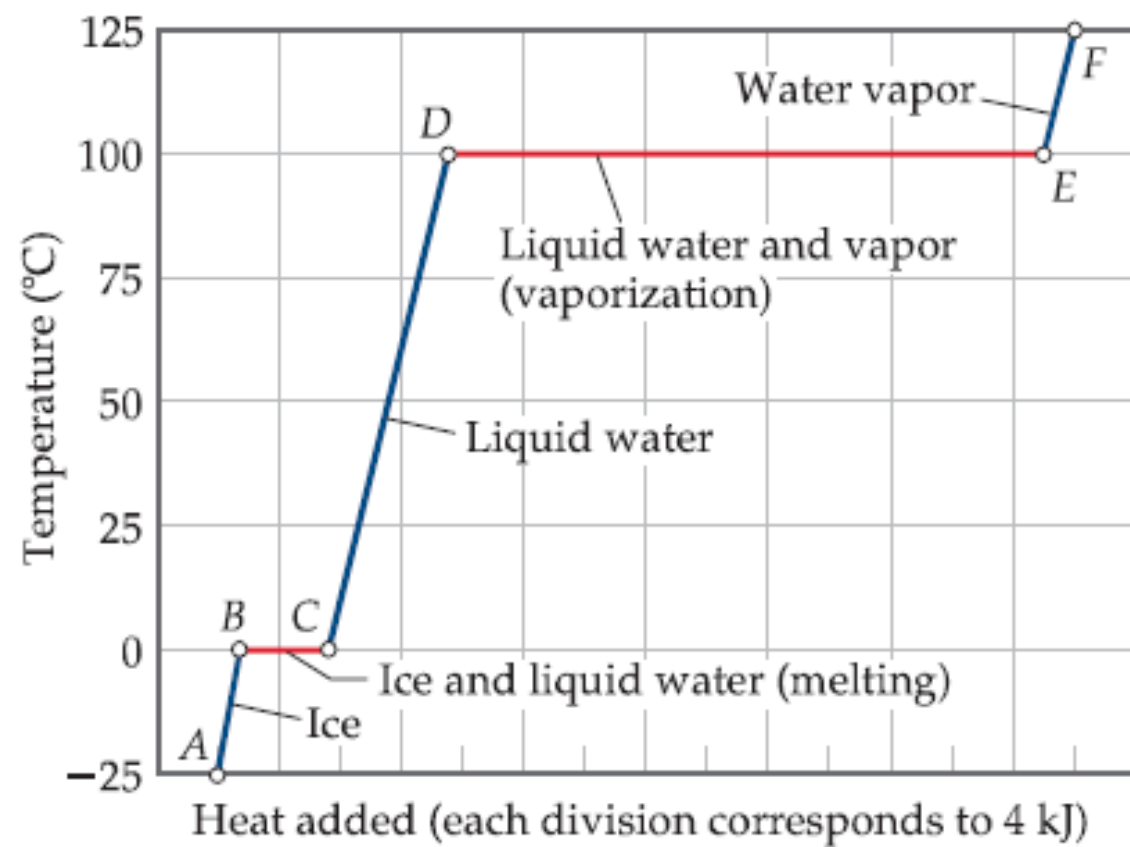


- ▶ Ástandsbreyting er orkubreyting.
- ▶ Það þarf orku til að koma vatni úr vökvaástandi yfir í gas
- ▶ Þurrís undir beru lofti fer beint frá föstu formi yfir í gasástand þar sem hitamunurinn á andrúmsloftinu og íssnum er mikill. Slíkt stökk kallast þurrugufun

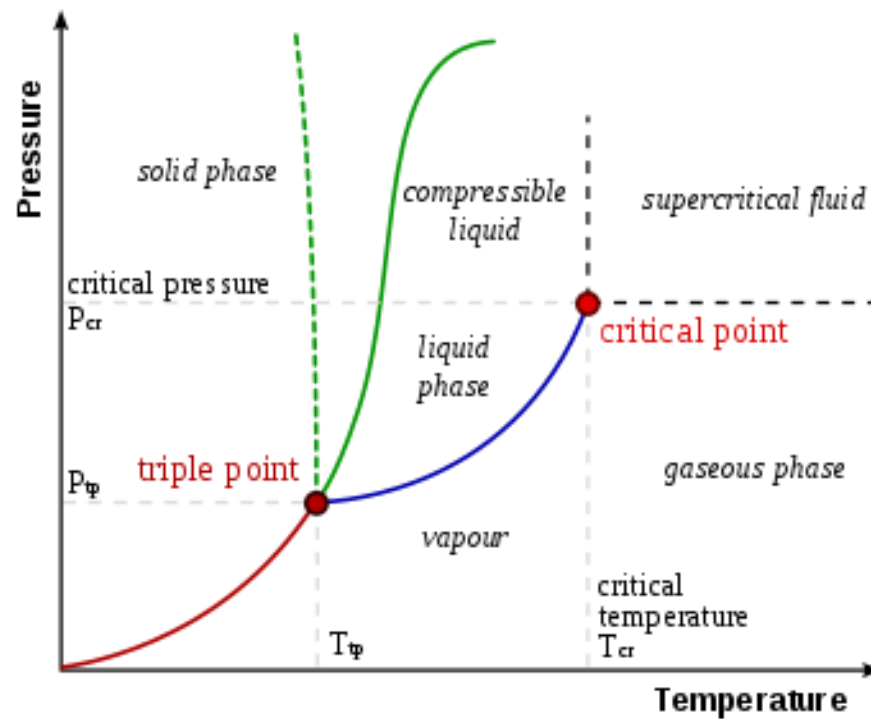
Það þarf orku í ástandsbreytingar

- ▶ Til að fara frá einu ástandi í annað þarfnast orku
 - ▶ Mismikla eftir millisameindakröftum eða uppbyggingu málma.
- ▶ Orkan sem þarf til að fara úr föstu efni í vökva kallast bræðsluvermi
 - ▶ ΔH_{fusion}
- ▶ Orkan sem þarf til að fara úr vökva í gas kallast gufunarvermi
 - ▶ $\Delta H_{\text{vaporization}}$
- ▶ Þessi vermigildi eru mismunandi fyrir hvert efni og hægt að flokka efni í sundur eftir þeim.
- ▶ Mikilvægir ferlar í daglegu lífi
 - ▶ Kuldi þegar við förum úr sturtu er vatnið að ræna okkur orku til að gufa upp.





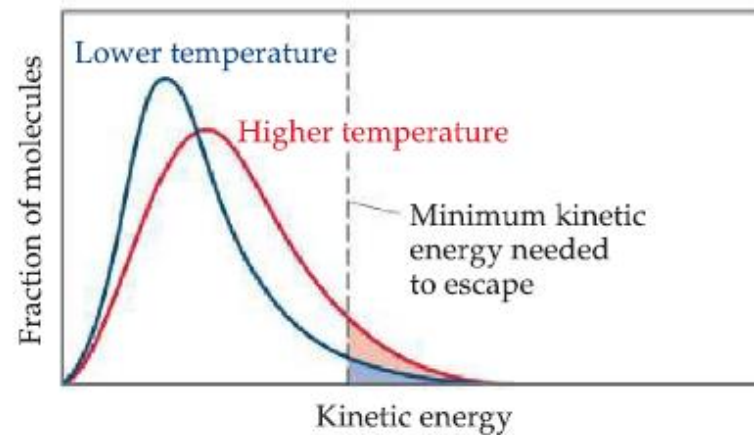
Þrípunktur vatns (ekki til prófs bara töff)



<https://www.youtube.com/watch?v=Juz9pVVsmQQ>

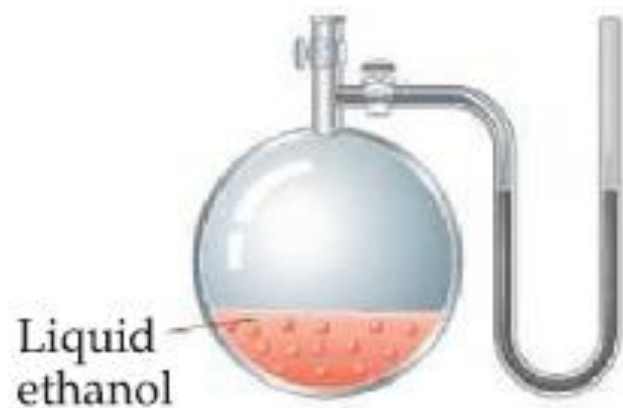
11.5 Gufunarþrýstingur

- ▶ Við vitum að ef við skiljum vökva eftir í opnu íláti þá mun hann gufa upp með tímanum.
 - ▶ Gerist mishratt eftir vökvum, vatn gufar hægar upp en spritt og flóknari vökvar eins og olía gufar mjög hægt upp.
- ▶ Þegar vatn gufar upp þá eru vatnsameindir í yfirborði vatnsins að ná að yfirkoma millisameindakraftana sem halda því á vökvaformi.
 - ▶ Þær gera það með að ná að hreyfa sig nægilega hratt framhjá öðrum vatnssameindum.
 - ▶ Þegar vatn hitnar fara sameindirnar almennt hraðar og fleiri ná að flýja vatnsástandið yfir í gas.
 - ▶ **Vökvi með veika millisameindakrafta gufar því upp hraðar!**



Meira um gufunarþrýsting

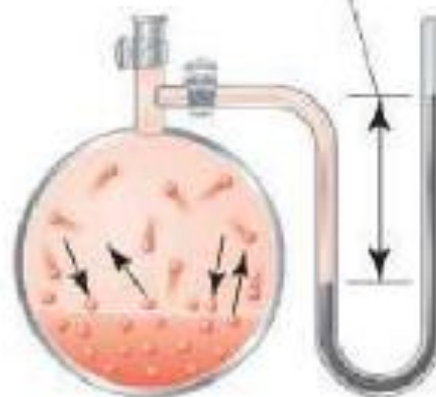
- ▶ Þegar sameindir flýja vökvasann og verða að gasfasa þá þrýsta þær niður á vökvann
 - ▶ Gefið að vökvinn sé í lokuðu kerfi.
- ▶ Við ákveðið hitastig flæða sameindir stöðugt frá vatnsfasa í gasfasa og það köllum við suðumark (fyrir vatn er það 100°C)
- ▶ Eftir því sem fleiri sameindir fara í gasfasa aukast líkurnar á að hægjist á þeim og þær klessi á yfirborðið og verði aftur að vökva.
 - ▶ Þegar jafn margar sameindir fara úr vatnsástandi og snúa aftur í vatnsfasann er talað um ríki jafnvægi.
- ▶ Þrýstingurinn við þetta jafnvægisástand kallast gufunarþrýstingur



Liquid before any evaporation

(a)

$P_{\text{gas}} = \text{equilibrium}$
vapor pressure



(b)

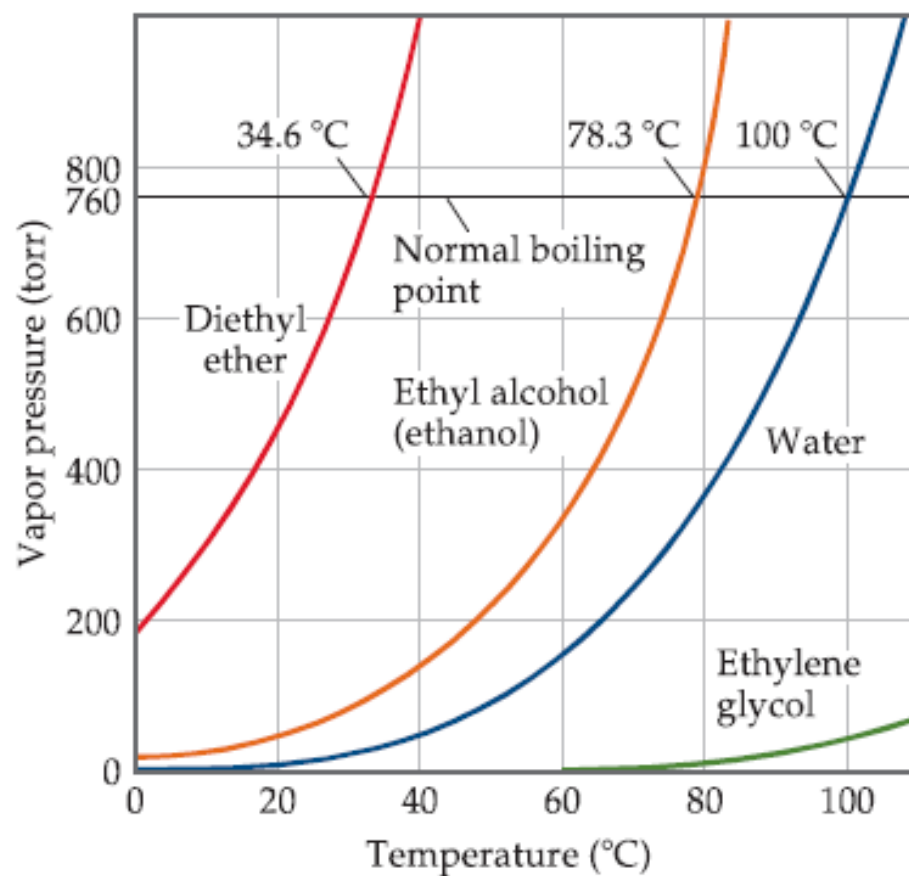
Rokgjarnir vökvar

- ▶ Í opnum kerfum/ílátum gufar vökvi bara upp og dreifir sér í andrúmsloftið. Þrýstingur byggist ekki upp og ekkert jafnvægi myndast.
 - ▶ Með tímanum mun vökvinn allur hverfa.
- ▶ Vökvar sem hafa háan gufunarþrýsting gufa hraðar upp en þau sem hafa mjög lágan gufunarþrýsting.
 - ▶ Þetta meikar sense þar sem gufunarþrýstingur er þegar jafnvægi næst á, sem þýðir að hár gufunarþrýstingur þýðir að mjög mikið af sameindum hafa gufað upp og eru núna að þrýsta niður á vökvann.
- ▶ Hiti fær sameindir til að hreyfast hraðar og því er heitt vatn með hærri gufunarþrýsting.
- ▶ Vökvar sem að gufa auðveldlega upp kallast rokgjarnir
 - ▶ Og mælikvarði á uppgufun kallast rokgirni

Gufunarþrýstingur og suðumark

- ▶ Við tölum um að vökvi sjóði þegar gufunarþrýstingurinn er jafn mikill og þrýstingurinn sem er á vökvanum almennt.
 - ▶ Þess vegna sýður vatn við lægri hita í mikilli hæð (loftþrýstingurinn er minni)
 - ▶ Og við getum eldað mat hraðar í „pressure cookers“
 - ▶ Og þess vegna þarf geimbúninga, því í engum þrýstingi geimsins sýður vatn t.d. Munnvatn eða vatn sem finnst í augum





▲ **Figure 11.24 Vapor pressure for four common liquids as a function of temperature.** The temperature at which the vapor pressure is 760 torr is the normal boiling point of each liquid.