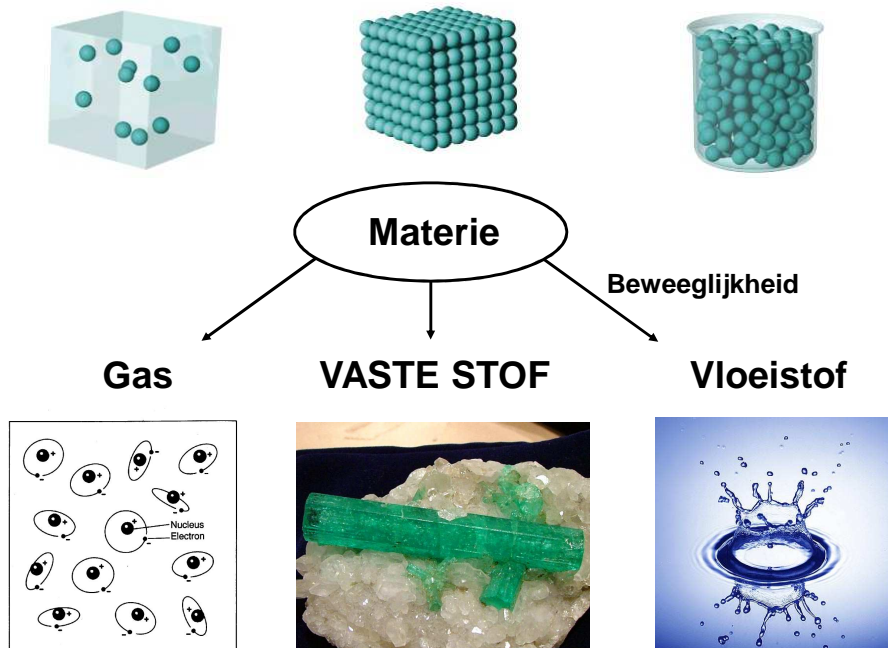
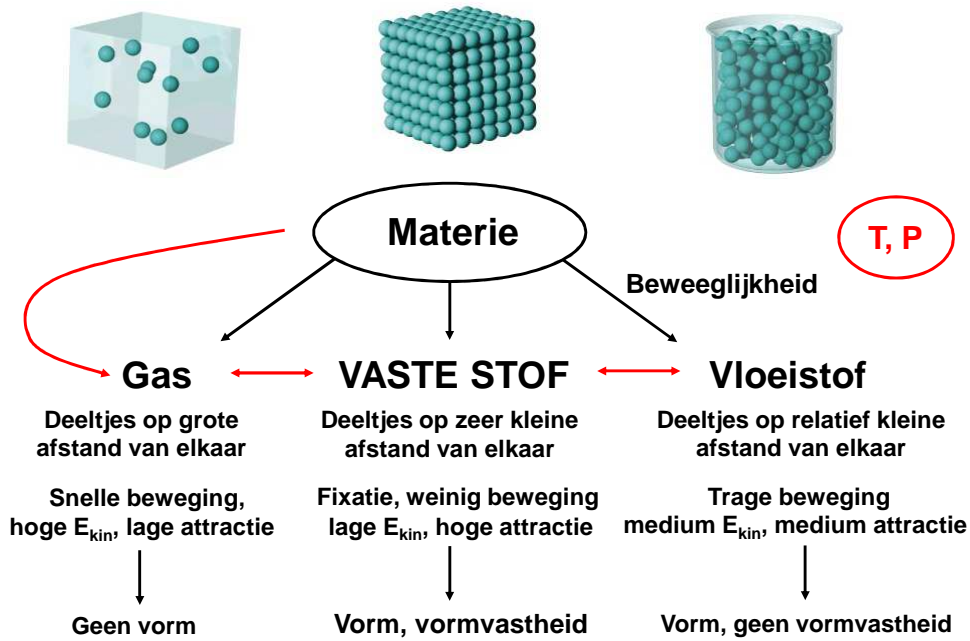


1. Aggregatietoestanden

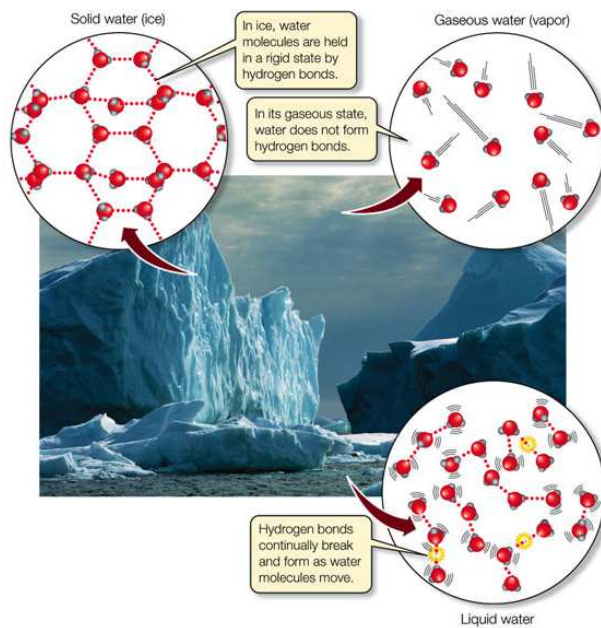
2



1. Aggregatietoestanden 3



1. Aggregatietoestanden 4

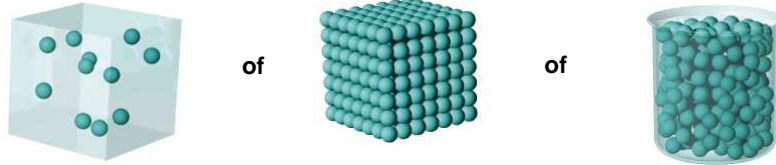


2. Intermoleculaire krachten

5

2.1 Intermoleculaire krachten

Wat bepaald nu of een component bij een bepaalde P en T voorkomt als



INTERmoleculaire krachten

en

Kinetische energie



INTRAmoleculaire krachten

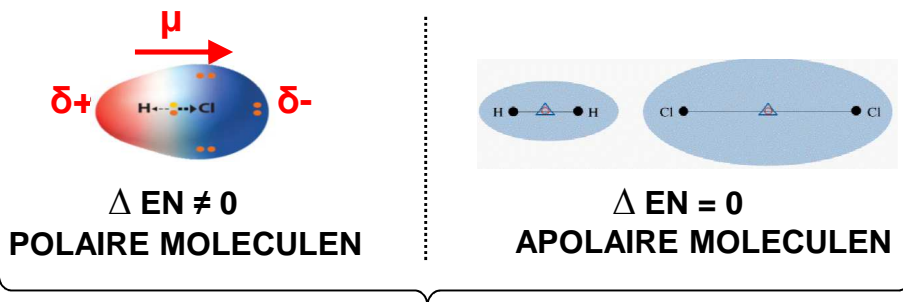
2. Intermoleculaire krachten

6

2.1 Intermoleculaire krachten

1. Dipool-dipool interacties

INTRA



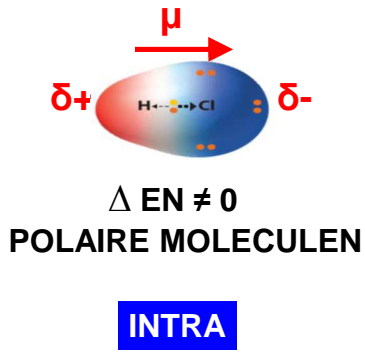
INTRA MOLECULAIRE KRACHTEN

Symmetrische deeltjes: **GEEN**
Asymmetrische deeltjes: **WEL** } DIPOOLMOMENT

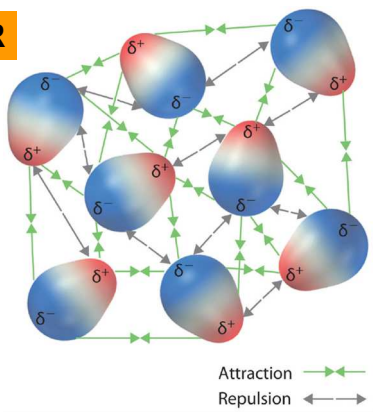
2. Intermoleculaire krachten 7

2.1 Intermoleculaire krachten

1. Dipool-dipool interacties



INTER

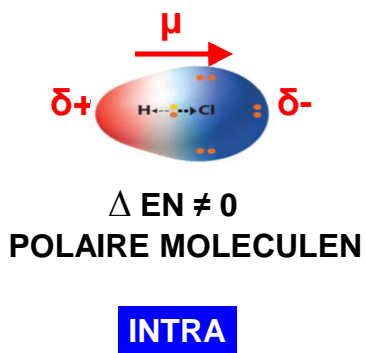


Symmetrische deeltjes: **GEEN**
Asymmetrische deeltjes: **WEL** } **DIPOOLMOMENT**

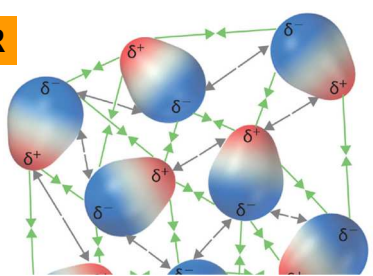
2. Intermoleculaire krachten 8

2.1 Intermoleculaire krachten

1. Dipool-dipool interacties



INTER



DIPOOL – DIPOOL INTERACTIES:
3% van de sterkte van een covalente binding

Symmetrische deeltjes: **GEEN**
Asymmetrische deeltjes: **WEL** } **DIPOOLMOMENT**

2. Intermoleculaire krachten

9

2.1 Intermoleculaire krachten

1. Dipool-dipool interacties

INTRA

Bepalen van **INTRA MOLECULAIR DIPOOL**

2-atomige moleculen: polariteit bepaald door verschil in EN

Meeratomige moleculen:

- * Polariteit van elke binding (verschil in EN)
- * Geometrie van molecule
- * Oriëntatie van niet-bindende elektronenparen

Het dipoolmoment = $\mu = \Sigma$ (som) van alle dipoolvectoren van de molecule

2. Intermoleculaire krachten

10

2.1 Intermoleculaire krachten

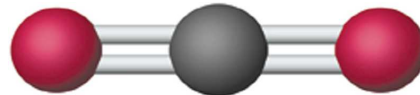
1. Dipool-dipool interacties

INTRA



LEWIS

VSEPR

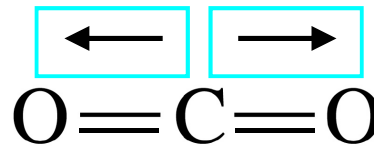


beide vectoren even groot

maken een hoek van 180 °

MOLECULE IS APOLAIR

Totaal Dipoolmoment = 0



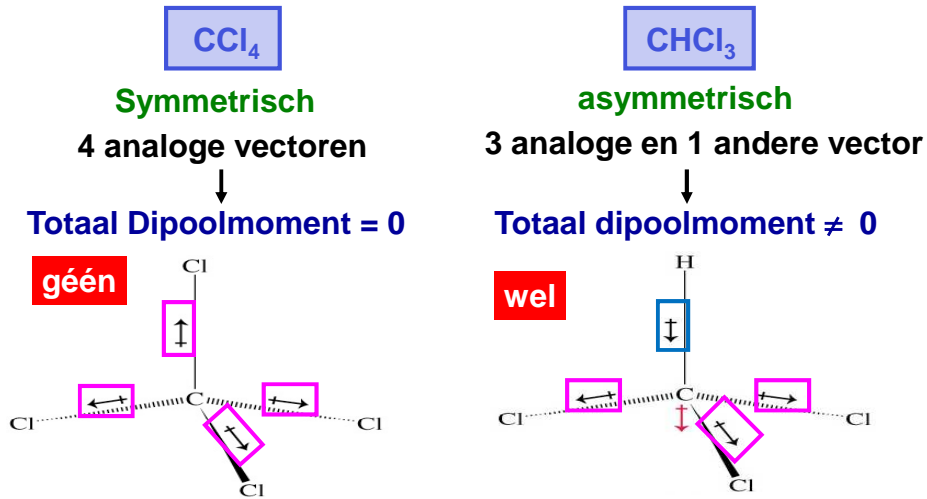
$$\mu = 0$$

géén DIPOOL – DIPOOL

2. Intermoleculaire krachten 11

2.1 Intermoleculaire krachten

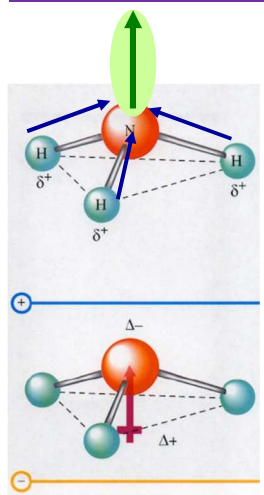
1. Dipool-dipool interacties INTRA



2. Intermoleculaire krachten 12

2.1 Intermoleculaire krachten

1. Dipool-dipool interacties INTRA



Elke N-H binding is polair
 3 vectoren

het vrije elektronenpaar
 1 vector

De vier vectoren versterken elkaar
 tot één groot dipoolmoment

**Netto dipool voor NH₃ aangeduid
 door rode vector**

2. Intermoleculaire krachten

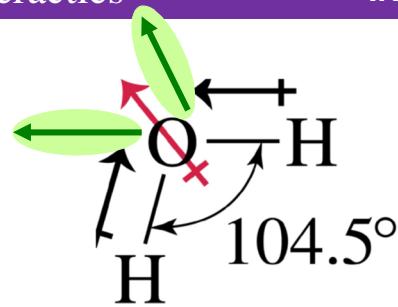
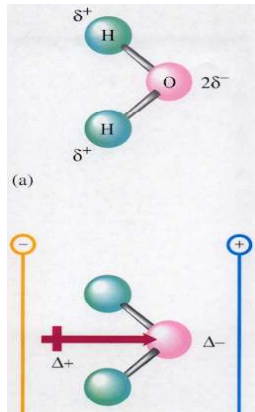
13

2.1 Intermoleculaire krachten

1. Dipool-dipool interacties

INTRA

Water is een zeer polair solvent



sterke O-H dipoolvectoren
de dipolen van vrije elektronenparen
Netto dipool voor H₂O aangeduid
door rode vector:

2. Intermoleculaire krachten

14

2.1 Intermoleculaire krachten

1. Dipool-dipool interacties

verbinding	formule	M	μ (D)	Kookpunt (K)
Propan (g)	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44.09	0.08	231
Acetonitrile (l)	CH ₃ CN	41.05	3.92	355

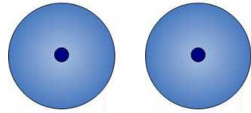
$\approx \text{MM}_g$

2. Intermoleculaire krachten

15

2.1 Intermoleculaire krachten

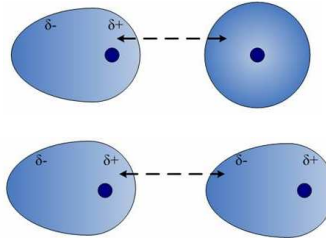
2. London dispersiekrachten



Gemiddelde verdeling
e-wolk ifv. de tijd

Symmetrische deeltjes: **WEL**
Asymmetrische deeltjes: **WEL**

Op bepaald moment door bew e⁻
assymmetrische verdeling e⁻ wolk



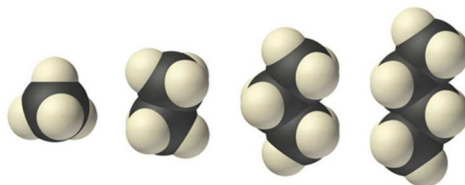
Naburige molecule w^o
beïnvloed → attractie

2. Intermoleculaire krachten

16

2.1 Intermoleculaire krachten

2. London dispersiekrachten



Methane	Ethane	Propane	n-Butane
16 g/mol	30 g/mol	44 g/mol	58 g/mol
-161.5°C	-88.6°C	-42.1°C	-0.5°C

Hoe groter de molecule (hoe groter M),
Hoe makkelijker de vervorming,
Hoe meer polarisatie

2. Intermoleculaire krachten

17

2.1 Intermoleculaire krachten

2. London dispersiekrachten

Molecule	Dipoolmoment (D)	Attractie-energie (kJ.mol ⁻¹)			Smeltpunt (K)	Kookpunt (K)
		Dipool-dipool	London			
CO	0,12	0,0004	8,74		74	82
HI	0,38	0,025	27,9		222	238
HBr	0,78	0,69	21,9		185	206
HCl	1,03	3,31	16,8		158	188

Londonkrachten zijn sterker dan dipool-dipool interacties

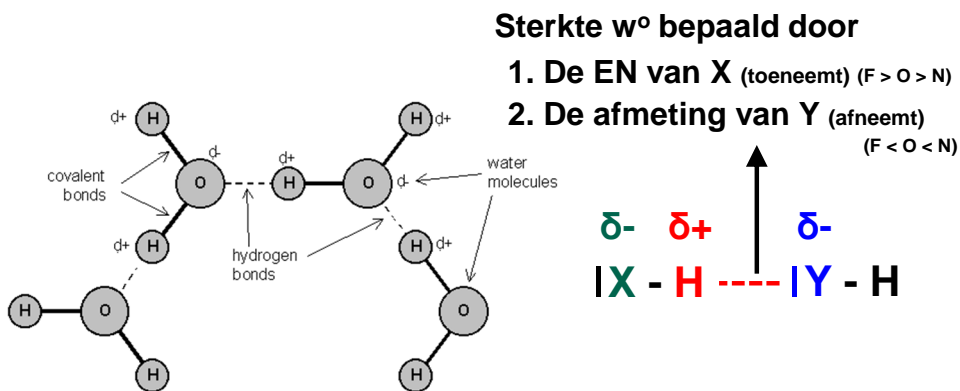
2. Intermoleculaire krachten

18

2.1 Intermoleculaire krachten

3. Waterstofbruggen

H verbindt **vrij e-paar** van sterk EN atoom **Y** met ander sterk EN atoom **X**



2. Intermoleculaire krachten

19

2.1 Intermoleculaire krachten

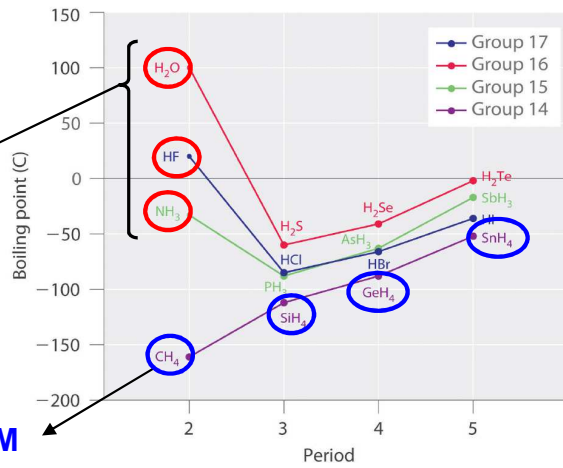
3. Waterstofbruggen

Gevolgen H-bruggen

- kookpunten

H-bruggen bovenop
london & dipool-dipool

London-interacties ~ M



2. Intermoleculaire krachten

20

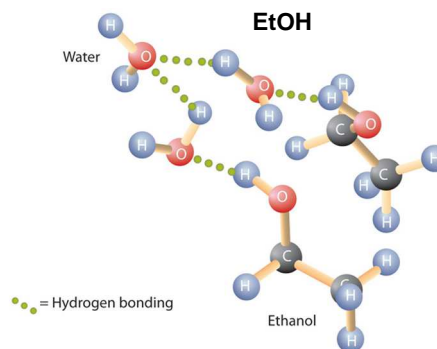
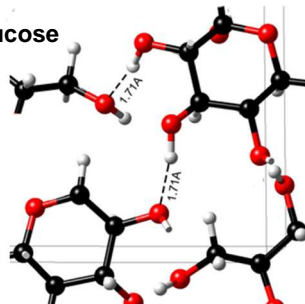
2.1 Intermoleculaire krachten

3. Waterstofbruggen

Gevolgen H-bruggen

- kookpunten
- organische solventen met H-bruggen

Glucose



Ook vrij hoge kookpunten

2. Intermoleculaire krachten

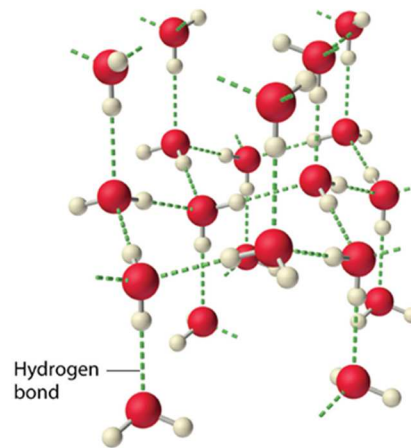
21

2.1 Intermoleculaire krachten

3. Waterstofbruggen

Gevolgen H-bruggen

- kookpunten
- organische solvents met H-bruggen
- kleinere dichtheid van ijs
- sterkte ~ 5% van covalente binding



2. Intermoleculaire krachten

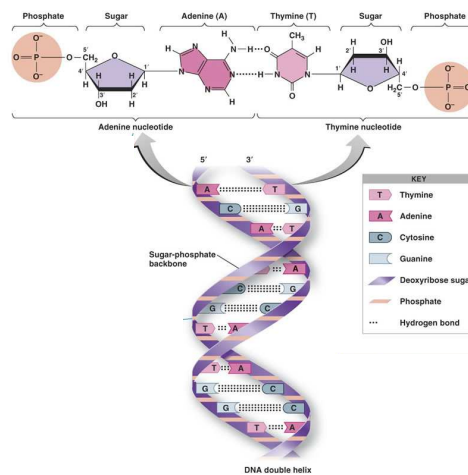
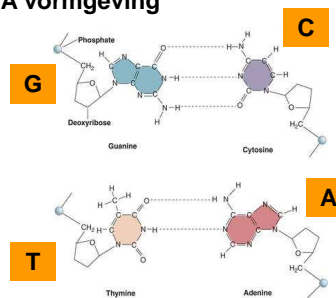
22

2.1 Intermoleculaire krachten

3. Waterstofbruggen

Gevolgen H-bruggen

- kookpunten
- organische solvents met H-bruggen
- kleinere dichtheid van ijs
- sterkte ~ 5% van covalente binding
- DNA vormgeving



2. Intermoleculaire krachten

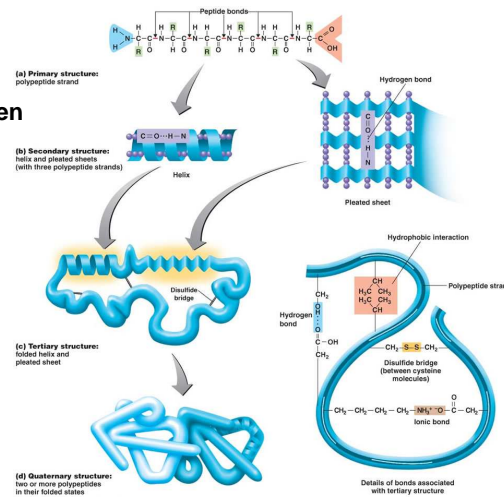
23

2.1 Intermoleculaire krachten

3. Waterstofbruggen

Gevolgen H-bruggen

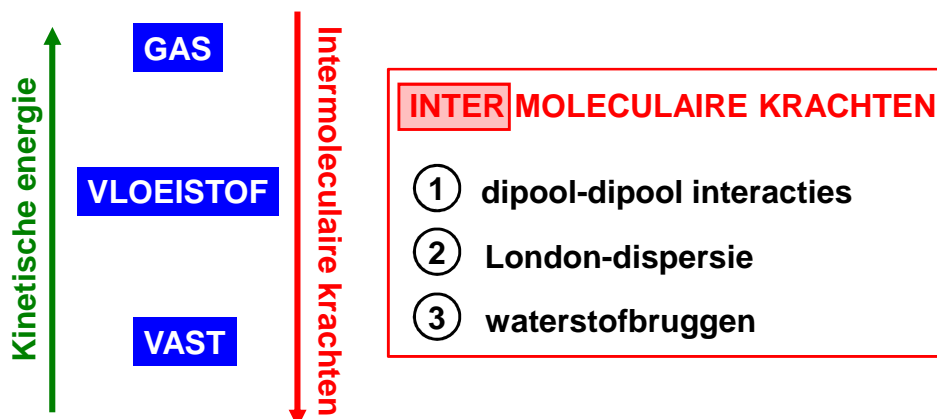
- kookpunten
- organische solventen met H-bruggen
- kleinere dichtheid van ijs
- sterkte ~ 5% van covalente binding
- DNA vormgeving
- proteïne vormgeving



2. Intermoleculaire krachten

24

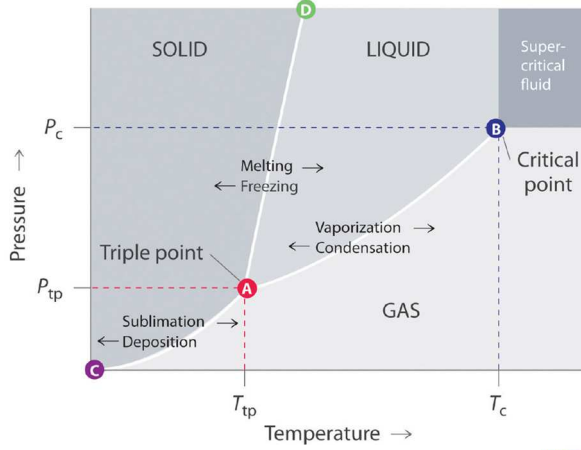
2.2 Relatie E_{kin} versus intermoleculaire krachten



3. Fase-diagramma

25

3.1 Algemene kenmerken van een fase-diagramma



AB = dampdruklijn



AD = smeltlijn



AC = sublimatielijn



A = tripelpunt
B = kritisch punt



3. Fase-diagramma

26

3.1 Algemene kenmerken van een fase-diagramma

A = tripelpunt

<https://www.youtube.com/watch?v=BLRqpJN9zeA>



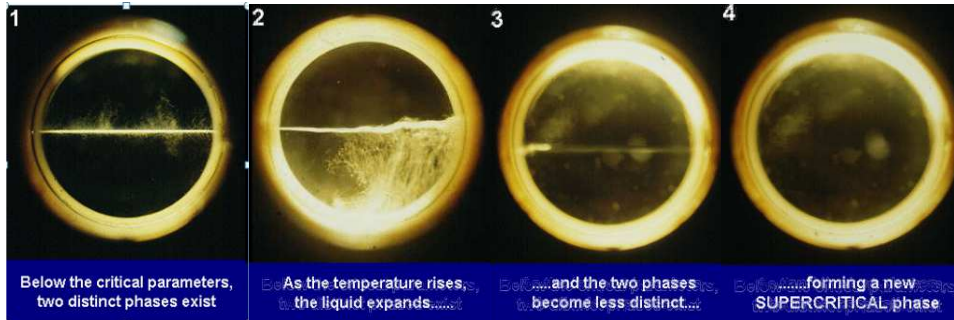
3. Fase-diagramma

27

3.1 Algemene kenmerken van een fase-diagramma

B = kritisch punt

SUPERKRITISCHE VLOEISTOF



<https://www.youtube.com/watch?v=DjkG7Pt5mgE>

3. Fase-diagramma

28

3.1 Algemene kenmerken van een fase-diagramma

B = kritisch punt

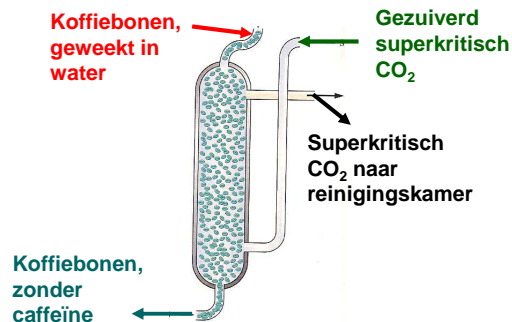
SUPERKRITISCHE VLOEISTOFFEN

- **DICHTHEID:** meer overeenstemmend met de vloeibare toestand
- **DIFFUSIE:** meer overeenstemmende met de gasvormige toestand

TOEPASSINGEN voor superkritisch CO₂:

- Verwijderen van cholesterol
- Verwijderen van cafeïne
- Ontvetten van chips

	T _c in K	T _c in °C	P _c in atm
CO ₂	304,2	31,2	72,9
H ₂ O	643,7	374,3	218,3
NH ₃	405,6	132,6	111,3



3. Fase-diagramma

29

3.1 Algemene kenmerken van een fase-diagramma

B = kritisch punt

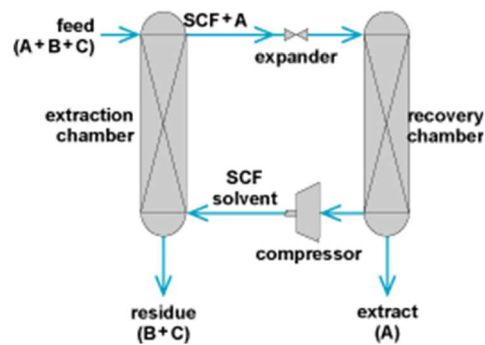
SUPERKRITISCHE VLOEISTOFFEN

- **DICHTHEID:** meer overeenstemmend met de vloeibare toestand
- **DIFFUSIE:** meer overeenstemmende met de gasvormige toestand

TOEPASSINGEN voor superkritisch CO₂:

- Verwijderen van cholesterol
- Verwijderen van cafeïne
- Ontvetten van chips

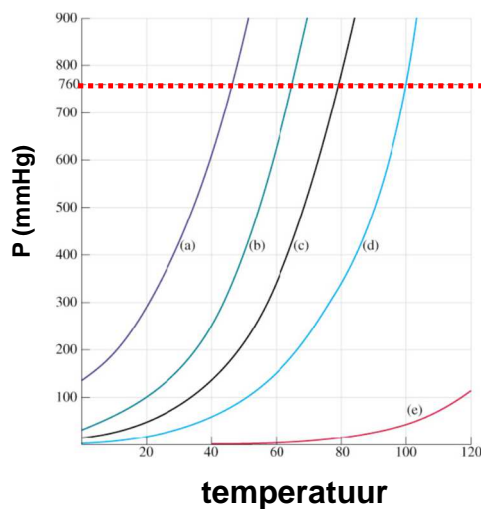
	T _c in K	T _c in °C	P _c in atm
CO ₂	304,2	31,2	72,9
H ₂ O	643,7	374,3	218,3
NH ₃	405,6	132,6	111,3



3. Fase-diagramma

30

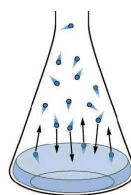
3.1 Algemene kenmerken van een fase-diagramma



DAMPDRUKLIJNEN

- (a) Koolstofdioxide CS₂
- (b) Methanol CH₃OH
- (c) Ethanol C₂H₅OH
- (d) Water H₂O
- (e) Aniline C₆H₅NH₂

KOOKTEMPERAATUUR



$$P_{\text{damp}} = P_{\text{atm}}$$

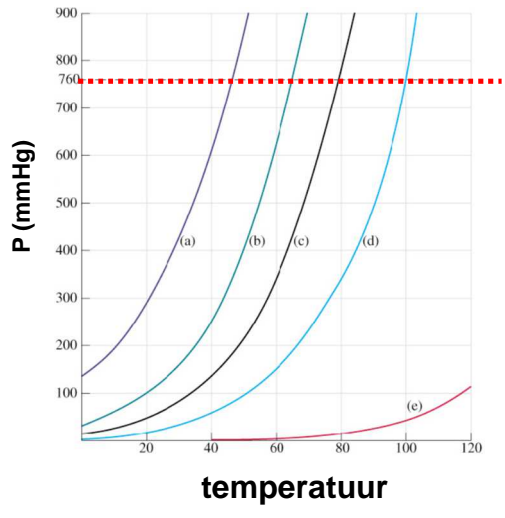
NORMAAL T_{kook}

C₂H₅OH < H₂O

http://www.youtube.com/watch?v=jn1X_I8-9h8

3. Fase-diagramma 31

3.1 Algemene kenmerken van een fase-diagramma



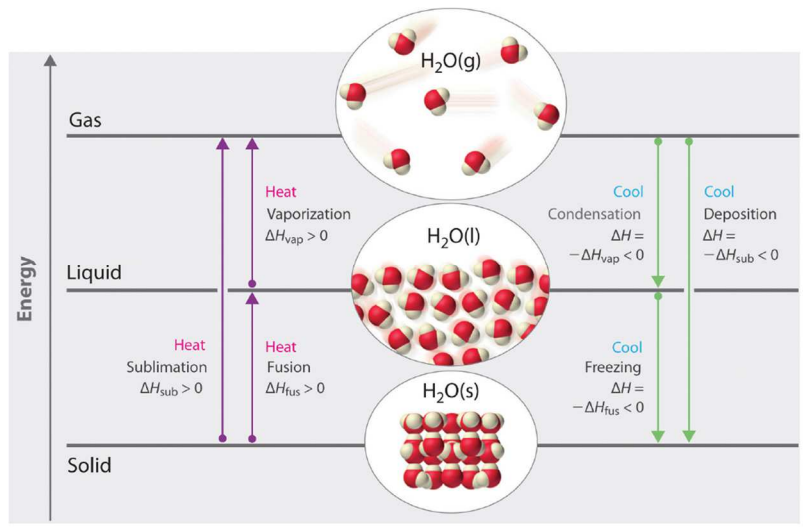
- DAMPDRUKLIJNEN**
- (a) Koolstofdioxide CS_2
 - (b) Methanol CH_3OH
 - (c) Ethanol C_2H_5OH
 - (d) Water H_2O
 - (e) Aniline $C_6H_5NH_2$

OPEN SYSTEMEN



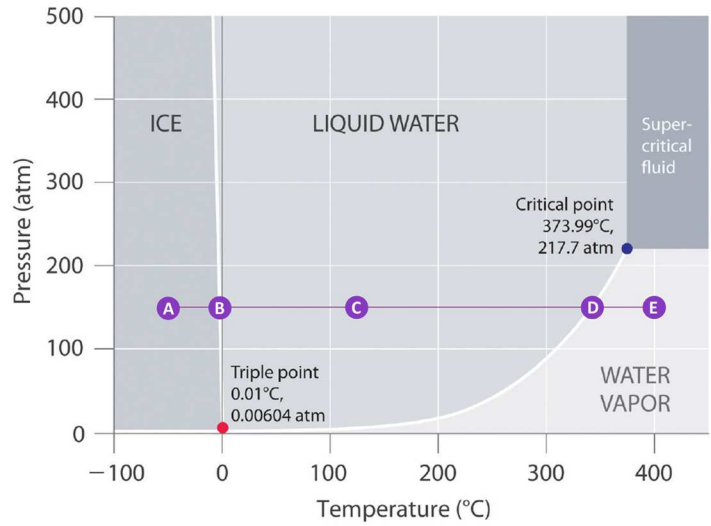
3. Fase-diagramma 32

3.1 Algemene kenmerken van een fase-diagramma



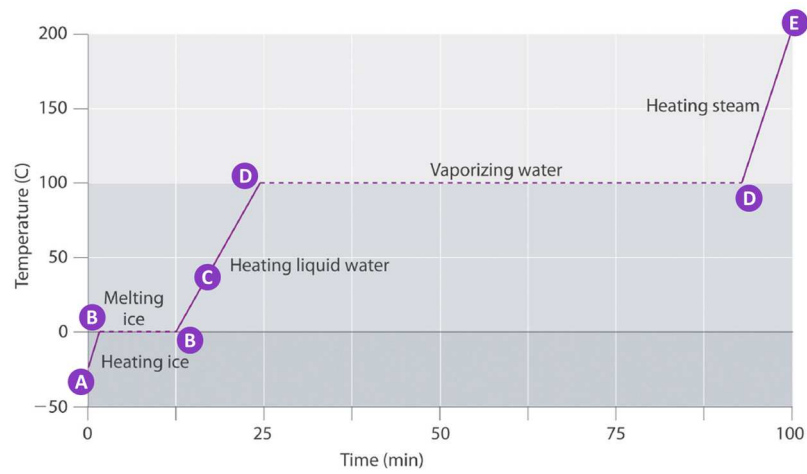
3. Fase-diagramma 33

3.2 Fase-diagramma van H₂O



3. Fase-diagramma 34

3.2 Fase-diagramma van H₂O



4. Key Concepts

