

Informatieboek voor natuurwetenschappen

BiNaS

HAVO | VWO

Zesde editie

**Door het CvTE toegestaan bij de
centrale examens biologie,
natuurkunde en scheikunde.**



Noordhoff Uitgevers

NVON

nederlandse vereniging voor het onderwijs
in de natuurwetenschappen

BINAS

BINAS havo / vwo

**Informatieboek havo / vwo voor het onderwijs
in de natuurwetenschappen**

Samengesteld door een NVON-commissie

ir. R.E.A. Bouwens

drs. P.A.M. de Groot

drs. W. Kranendonk

ir. J.P. van Lune

drs. C.M. Prop - van den Berg

J.A.M.H. van Riswick

drs. J.J. Westra

zesde editie

Noordhoff Uitgevers Groningen

Opmaak: Interlink Consultants, Oud-Beijerland
Ontwerp omslag en binnenwerk: Dorèl en anderen, Groningen
Technisch tekenwerk: Interlink Consultants, Oud-Beijerland
Illustratie tabel 90C uit: *Het menselijk lichaam*, Tony Smith, uitgeverij Davidsfonds/Leuven

Fotoverantwoording:
Shutterstock: Tabel 29 1e, 2e, 4e en 5e foto
SPL / ANP Foto, Rijswijk: Tabel 29 3e, 6e en 7e foto

Bij het ontwikkelen van dit informatieboek is bij het kleurgebruik rekening gehouden met kleurziestoornissen. Het is desondanks mogelijk dat kandidaten bij het gebruik van dit informatiemateriaal van hun beperking hinder ondervinden. In de door het College voor Examens vastgestelde regeling toegestane hulpmiddelen is beschreven hoe de school bij de afname van de centrale examens daarmee dient om te gaan.

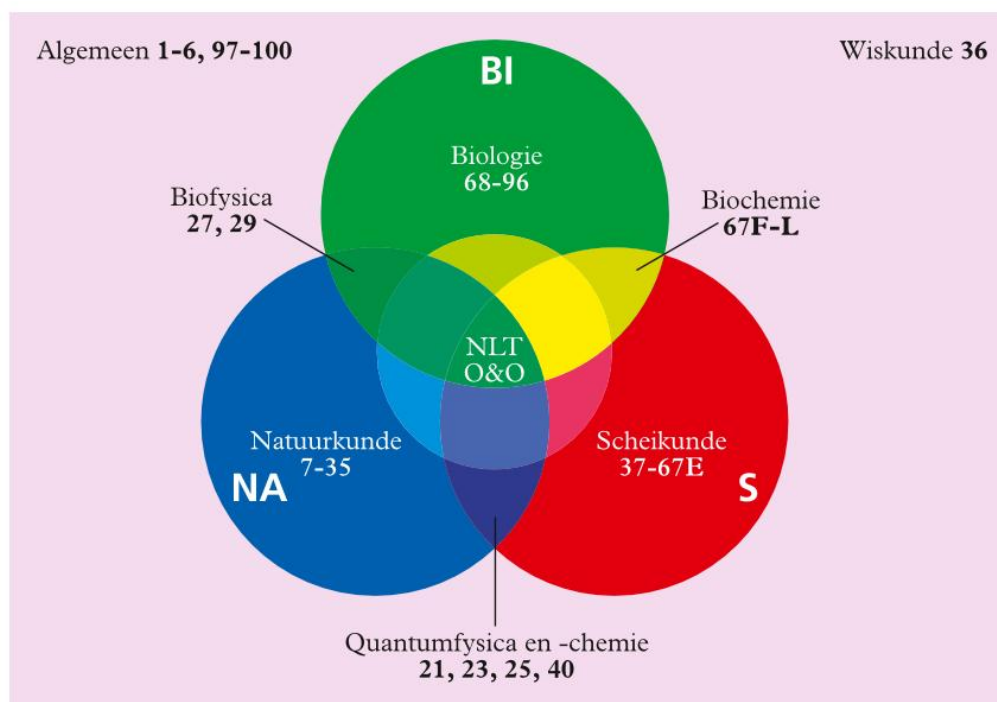
Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden veeleelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische veeleelvoudingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.stichting-pro.nl).

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior written permission of the publisher.

voorwoord

Voor u ligt de zesde druk van *Binas*, een informatieboek voor onderwijs in de natuurwetenschappen. Deze uitgave kan gebruikt worden in de Tweede Fase van het voortgezet onderwijs bij de vakken natuurkunde, scheikunde, biologie, algemene natuurwetenschappen, natuur, leven en technologie en onderzoeken en ontwerpen. Het gebruik is vanaf 2015 voor havo en vanaf 2016 voor vwo toegestaan bij centrale examens natuurkunde, scheikunde en biologie havo en vwo.

Bij de herziening is de opzet van de vijfde druk zo weinig mogelijk aangetast. De indeling en nummering van de tabellen is zo veel mogelijk gehandhaafd. In overeenstemming met de huidige stand van de wetenschap en met de actuele eindexamenprogramma's zijn (gedeelten van) tabellen vervallen of toegevoegd. Daarnaast heeft de redactie tot uitdrukking willen brengen dat de natuurwetenschappelijke monovakken zich steeds meer in samenhang ontwikkelen en onderwezen worden. In onderstaand venndiagram ziet u welke tabellen in monovakken, dan wel in overlapgebieden thuishoren. De basiskleuren blauw, rood en groen zijn bij de tabellen nog steeds voor de monovakken natuurkunde, scheikunde en biologie gehanteerd. Bij tabellen in de overlap komt het venndiagram in miniatuur terug.



De redactie van de zesde druk heeft haar werk gebaseerd op eerdere uitgaven van *Binas*, die tot stand zijn gebracht door drs. J.H.M. Beerens, drs. G.A.M. Hafkenscheid, drs. A.I. Jansen, A. de Lange, drs. C.W. Stam, drs. W. Kranendonk, drs. F.J. van der Puijl, drs. J.L. Sikkema, drs. P.A.M. de Groot, drs. J.J. Westra, drs. I.M. Wevers-Prijs en dr. M.J. Vogelezang. Speciale dank gaat uit naar drs. J.B. Broens, die aan de 2e tot en met 5e druk heeft meegewerkt en naar dr. G. Verkerk, die de redactiecommissie van de 1e tot en met de 5e druk heeft voorgezeten.

Op de website van *Binas* www.binas.noordhoff.nl treft u meer informatie aan waaronder een omnummertabel ten opzichte van de 5e druk.

Via deze website kunt u ook opmerkingen omtrent deze uitgave naar de redactiecommissie sturen.

De redactiecommissie

Inhoud

Algemeen

- 1 Grieks alfabet
- 2 Vermenigvuldigingsfactoren
- 3 SI, Internationaal stelsel van eenheden
 - A Basisgrootheden, aanvullende grootheden en hun eenheden
 - B Definities
- 4 Grootheden en eenheden in het SI
- 5 Eenheden
- 6 Machten van tien
 - A Massa
 - B Tijd
 - C Temperatuur
 - D Energie

Natuurkunde

- 7 Waarden van enige constanten
 - A Natuurconstanten
 - B Massa en energie
 - C Planck-eenheden
- 8 Gegevens van metalen
- 9 Gegevens van alliages
- 10 Gegevens van vaste stoffen
 - A Fysische eigenschappen
 - B Materiaaleigenschappen
- 11 Gegevens van vloeistoffen
- 12 Gegevens van gassen en dampen
- 13 Verzendingsdrukken
 - A Water
 - B Koolstofdioxide, propaan, butaan, ether, alcohol en water
- 14 Kook- en sublimatiepunten
- 15 Geluid
 - A Voortplantingssnelheden
 - B Absorptiecoëfficiënten
 - C Muziek
 - D Akoestische schaal voor de mens
- 16 Elektriciteit en magnetisme
 - A Relatieve diëlektrische constanten
 - B Soorten magnetisme
 - C Halfgeleiders en supergeleiders
 - D Thermo-elektriciteit
- 17 Elektrotechniek
 - A Kleurcodes
 - B Elektrotechnische symbolen
 - C Digitale schakelingen
- 18 Brekingsindices
- 19 Elektromagnetisch spectrum
 - A Zichtbaar licht
 - B Algemeen overzicht
- 20 Spectraalplaat
- 21 Atoomfysica
 - A Waterstof
 - B Helium
 - C Ionisatie-energieën
 - D Plasma's
- 22 Planck-krommen
- 23 Quantummechanica
- 24 Foto-elektrisch effect
- 25 Isotopen
 - A Isotopentabel
 - B Isotopenkaart
- 26 Bouw en structuur van de materie
 - A Elementaire deeltjes
 - B Wisselwerkingsdeeltjes
 - C Samengestelde deeltjes
- 27 Biofysica
 - A Het oog
 - B Huid en ultraviolet
 - C Het oor
 - D Radioactiviteit
- 28 Fysica en milieu
 - A Luchtweerstandcoëfficiënten
 - B Stookwaarden
 - C Lichtabsorptie in water
 - D Gebruikelijke U-waarden van bouwelementen
 - E Warmtegeleidingscoëfficiënten van bouw- en isolatiematerialen
 - F Halveringsdikten
- 29 Medische beeldvorming
- 30 De aarde
 - A Schaal van aardbevingen
 - B Gravitatieversnelling
 - C Schaal van windsnelheden
 - D Symbolen weerkunde
 - E Absorptie van elektromagnetische straling in de atmosfeer
 - F De atmosfeer van de aarde
- 31 Zonnestelsel

- 32** Gegevens van sterren
A *Sterrenkaart*
B *Sterren*
C *De zon*
D *De melkweg*
E *De lokale groep*
F *Andere clusters van sterrenstelsels*
G *Exoplaneten*
H *De oerknal*

- 33** Hertzsprung-Russell-diagram
34 Samenstelling
35 Natuurkundeformules
A *Mechanica*
B *Trillingen, golven en optica*
C *Vloeistoffen, gassen en warmteleer*
D *Elektriciteit en magnetisme*
E *Overige onderwerpen*

Wiskunde

- 36** Wiskundeformules:
A *Verbanden*
B *Lengte, oppervlakte en inhoud*
C *Vierkantsvergelijking*
D *Machten en logaritmen*

- E** *Cirkel, ellips, hyperbool en parabool*
F *Differentiëren en integreren*
G *Goniometrie*
H *Rijen en reeksen*
I *Wiskundige notaties*

Scheikunde

- 37** Scheikundeformules
A *Reactiesnelheid*
B *Chemisch evenwicht*
C *Thermodynamica*
D *Elektrochemie*
E *Spectrometrie*
F *Chromatografie*
G *Gehalteaanwijzingen*
H *Groene chemie*
38 Scheikundige symbolen
A *Symbolen en eenheden*
B *Industriële chemie*
39 Spectrometrie
A *UV-VIS-spectrometrie*
B *NMR-spectrometrie*
C *IR-spectrometrie*
D *Massaspectrometrie*
40 Elementen
A *Gegevens*
B *Ontdekking, herkomst naam en natuurlijk voorkomen*
41 Molaire iongeleidbaarheden
42 Smelt- en kookpunten
A *Anorganische verbindingen*
B *Organische verbindingen*
43 Dichtheden en molariteiten
A *Veel gebruikte oplossingen*
B *Handelsoptlossingen*
44 Oplosbaarheid van gassen
A *Gassen in water*
B *Zuurstof in chloridehoudend water*
45 Oplosbaarheid van vaste stoffen en vloeistoffen

- A** *Zouten in water: schematisch overzicht*
B *Zouten in water: kwantitatieve gegevens*
C *In verschillende oplosmiddelen*
46 Oplosbaarheidsproducten
47 Dissociatieconstanten van complexe ionen
48 Standaardelektrodepotentialen
49 Zuur- en baseconstanten
50 Ionisatieconstanten van zuivere vloeistoffen
A *Water bij verschillende temperaturen*
B *Andere vloeistoffen*
51 Evenwichtsconstanten van gasreacties
52 Indicatoren
A *Zuur-base-indicatoren*
B *Redoxindicatoren*
53 Gegevens van bindingen
A *Bindingslengten*
B *Bindingshoeken*
54 Reactiemechanismen
A *Nucleofiele substitutie volgens S_N2*
B *Nucleofiele substitutie volgens S_N1*
C *Elektrofiele aromatische substitutie S_EAr*
D *Eliminatiereactie volgens $E2$*
E *Eliminatiereactie volgens $E1$*
F *Elektrofiele additie*
55 Dipoolmomenten
A *Anorganische stoffen*
B *Organische stoffen*
56 Verbrandingswarmten
57 Vormingswarmten
A *Anorganische stoffen*
B *Organische stoffen*
58 Bindingsenergieën

- 59** Sublimatie- en verdampingswarmten
 - A** *Vaste stoffen*
 - B** *Vloeistoffen*
- 60** Roosterenergieën
- 61** Hydratatie-energieën
- 62** Ionisatie-energieën en elektronenaffiniteiten
 - A** *Ionisatie-energieën*
 - B** *Elektronenaffiniteiten*
- 63** Absolute entropieën
 - A** *Elementen*
 - B** *Anorganische stoffen*
 - C** *Organische stoffen*
- 64** Chemie en milieu
 - A** *Gemiddelde samenstelling van onvervuild zeewater*
 - B** *Verbranding in lucht*
- 65** Eigenschappen van chemicaliën
 - A** *Vlamkleuringen*
 - B** *Kleuren van chemicaliën*
- 66** Naamgeving chemische stoffen
 - A** *Triviale namen*
 - B** *Enkele formules en hun namen*
 - C** *Numerieke voorvoegsels*
 - D** *Enkele regels voor de systematische naamgeving van organische verbindingen*
 - E** *Macromoleculaire materialen en ISO-code*
 - F** *Nomenclatuur bij copolymeren*
- 67** Structuurformules en structuren
 - A** *Macromoleculaire materialen*
 - B** *Nieuwe materialen*
 - C** *Hardheidsschaal van Mohs*
 - D** *Kristalstructuren*
 - E** *Allotropie bij koolstof*

Biologie

- 67** Structuurformules en structuren
 - F** *Sachariden, koolhydraten*
 - G** *Vetten, vetzuren en fosfolipiden*
 - H** *Aminozuren en eiwitten*
 - I** *Heem, fotopigmenten*
 - J** *Ureum*
 - K** *Hormonen van de mens*
 - L** *Transmitters en dragers*
- 68** Dissimilatie
 - A** *Overzicht dissimilatie van glucose*
 - B** *Glycolyse en gisting*
 - C** *Citroenzuurcyclus*
 - D** *Oxidatieve fosforylering, ademhalingsketen*
 - E** *Dissimilatie van eiwitten, koolhydraten en vetten*
- 69** Fotosynthese
 - A** *Overzicht fotosynthese, koolstofassimilatie*
 - B** *Lichtreactie*
 - C** *Donkerreactie, calvincyclus*
 - D** *Chemosynthese*
- 70** Chromosomen van de mens
 - A** *Structuur van een chromosoom*
 - B** *Karyogram*
 - C** *Bandenpatroon*
 - D** *Genlocaties*
- 71** DNA/RNA
 - A** *Nucleïnebasen, structuurformules*
 - B** *Basenkoppels*
 - C** *Bouw van DNA en RNA*
 - D** *Schema replicatie*
 - E** *Transcriptie en translatie*
 - F** *Schema regeling transcriptie*
 - G** *Genetische code*
 - H** *Introns en exons*
 - I** *DNA-reparatie*
 - J** *Schema translatie, eiwitsynthese*
 - K** *RNA*
 - L** *Apoptose*
- M** *DNA-techniek*
- 72** Absorptiespectra van enkele fotopigmenten
- 73** Papierchromatografie met bladpigmenten
- 74** pH-traject van enkele lichaamsvloeistoffen
- 75** Osmotische waarden
- 76** Celdeling
 - A** *Celcyclus*
 - B** *Mitose en meiose*
- 77** Virussen
 - A** *Enkele virusvormen*
 - B** *Indeling van virussen bij dieren naar type nucleïnezuur*
 - C** *Cyclus HIV-virus*
 - D** *Cyclus DNA-virus*
- 78** De vier rijken
- 79** Cellen
 - A** *Bacteriecel*
 - B** *Plantaardige cel*
 - C** *Dierlijke cel*
 - D** *Enkele organellen van de cel*
- 80** Dierlijke weefsels
 - A** *Stamcellen*
 - B** *Dekweefsel*
 - C** *Steunweefsel*
 - D** *Bindweefsel*
 - E** *Spierweefsel*
- 81** Plantaardige weefsels
 - A** *Dekweefsel*
 - B** *Deelweefsel*
 - C** *Parenchym*
 - D** *Steunweefsel*
 - E** *Transportweefsel*
- 82** Voeding en spijsvertering
 - A** *Vitaminen*
 - B** *E-nummers*
 - C** *Spijsverteringsorganen*
 - D** *Leverlobje*

- E *Spijverteringsenzymen*
- F *Samenstelling spijsverteringssappen*
- G *Vertering*
- 83 **Ademhaling**
 - A *Longen*
 - B *Respirogram*
 - C *Samenstelling gassen in lucht en bloed*
 - D *Zuurstofverzadigingsdiagrammen*
 - E *Transport van gassen in het bloed*
- 84 **Bloed en bloedsomloop**
 - A *Bloedsomloop volwassene*
 - B *Bloedsomloop foetus*
 - C *Hart en bloedvaten*
 - D *Werking van het hart*
 - E *Bloeddruk*
 - F *Bloedverdeling over de organen*
 - G *Vorming weefselvloeistof*
 - H *Samenstelling van bloed*
 - I *Bloedcellen: vorming*
 - J *Afweer*
 - K *Antistoffen*
 - L *Immuniteit*
 - M *Allergische reacties*
 - N *Lymfevaten en lymfoïde organen*
 - O *Bloedstolling*
- 85 **Uitscheiding**
 - A *Nieren*
 - B *Samenstelling bloedplasma en urine*
 - C *Concentratieveranderingen in een niereenheid, nefron*
 - D *Osmoregulatie*
- 86 **Voortplanting**
 - A *Geslachtsorganen man*
 - B *Geslachtsorganen vrouw*
 - C *Menstruatiecyclus*
 - D *Oögenese en spermatogenese*
 - E *Bevruchting en ontwikkeling*
- 87 **Zintuigen**
 - A *Huid*
 - B *Warmteregulatie*
 - C *Oog*
 - D *Gehoor en evenwicht*
- 88 **Zenuwstelsel**
 - A *Zenuwcellen*
 - B *Indelingen zenuwstelsel*
 - C *Anatomie van de hersenen*
 - D *Ionenverdeling bij rustpotentiaal*
 - E *Werking kalium-natriumpomp*
 - F *Uitwisseling K^+ en Na^+ door celmembraan bij actiepotentiaal*
 - G *Bouw en werking synaps*
 - H *Aanmaak en afbraak van acetylcholine*
 - I *Neurotransmitters*
 - J *Schema van het ruggenmerg*
 - K *Kniepeesreflex*
 - L *Autonoom zenuwstelsel*
- 89 **Hormoonstelsel**
 - A *Hormonen van de mens*
 - B *Werkingsmechanismen van hormonen in cellen*
 - C *Hormonen en hun terugkoppeling*
- 90 **Beweging en coördinatie**
 - A *Energiebronnen van een spier bij lichte training*
 - B *Langzame en snelle spiervezels*
 - C *Motorische eenheden van een dwarsgestreepte spier*
 - D *Skelet*
- 91 **De anatomie van de plant en haar voeding**
 - A *Blad*
 - B *Wortel*
 - C *Stengel*
 - D *Plantenvoedingsstoffen, nutriënten*
- 92 **Systematiek**
 - A *Afstamming*
 - B *Diversiteit*
- 93 **Ecologie**
 - A *Energiestroom*
 - B *Ecosysteem*
 - C *Eilandtheorie van McArthur en Wilson*
 - D *Populaties*
 - E *Stabiliteit en verandering*
 - F *Koolstofkringloop*
 - G *Stikstofkringloop*
- 94 **Evolutie**
 - A *Geologische tijdrekening*
 - B *Mens en mensachtigen*
 - C *Endosymbiosetheorie van Margulis*
 - D *Antibiotica*
 - E *Prionen*
- 95 **ADI-waarden**
 - A *Contaminanten*
 - B *Additieven*
- 96 **Gegevens van een aantal diersoorten**

Algemeen

- 97 **Veiligheid en milieu**
 - A *Gevaarlijke chemicaliën*
 - B *Gevarenklassen in GHS*
 - C *Waarschuwingsborden*
 - D *Recycleersymbolen*
 - E *Gevarenaanduidingen en voorzorgsmaatregelen*
 - F *Groene chemie*

REGISTER

- 98 **Molaire massa's van veel gebruikte stoffen**
- 99 **Periodiek systeem der elementen**
- 100 **Afstandsschaal in de natuurwetenschappen**

1

Grieks alfabet

naam	groot	klein
alfa	A	α
bèta	B	β
gamma	Γ	γ
delta	Δ	δ
epsilon	E	ϵ
zeta	Z	ζ
eta	H	η
theta	Θ	ϑ, θ

naam	groot	klein
iota	I	ι
kappa	K	κ
labda	Λ	λ
mu	M	μ
nu	N	ν
xi	Ξ	ξ
omikron	O	$\omicron$
pi	Π	π

naam	groot	klein
rho	P	ρ
sigma	Σ	σ, ς
tau	T	τ
upsilon	Y	υ
fi	Φ	ϕ
chi	X	χ
psi	Ψ	ψ
omega	Ω	ω

2

Vermenigvuldigingsfactoren

factor	naam	symbool	Nederlandse naam	factor	naam	symbool	Nederlandse naam
10^1	deca	da	tien	10^{-1}	deci	d	tiende
10^2	hecto	h	honderd	10^{-2}	centi	c	honderdste
10^3	kilo	k	duizend	10^{-3}	milli	m	duizendste
10^6	mega	M	miljoen	10^{-6}	micro	μ	miljoenste
10^9	giga	G	miljard	10^{-9}	nano	n	miljardste
10^{12}	tera	T	biljoen ▶	10^{-12}	pico	p	biljoenste ▶
10^{15}	peta	P	biljard	10^{-15}	femto	f	biljardste
10^{18}	exa	E	triljoen ▶	10^{-18}	atto	a	triljoenste ▶
10^{21}	zetta	Z	triljard	10^{-21}	zepto	z	triljardste
10^{24}	yotta	Y	quadriljoen ▶	10^{-24}	yocto	y	quadriljoenste ▶

▶ In Amerikaanse literatuur betekent het woord 'billion' 10^9 , 'trillion' 10^{12} , 'quadrillion' 10^{15} enz.

3

SI, Internationaal stelsel van eenheden

A

Basisgrootheden, aanvullende grootheden en hun eenheden

	grootheid	eenheid	symbool
l	lengte	meter	m
m	massa	kilogram	kg
t	tijd	seconde	s
I	stroomsterkte	ampère	A
T	temperatuur	kelvin	K
I	lichtsterkte	candela	cd
n	hoeveelheid stof	mol	mol
α	vlakke hoek	radiaal	rad
Ω	ruimtehoek	steradiaal	sr

m

De meter is de lengte van de weg die het licht in vacuüm aflegt in een tijd van $\frac{1}{299792458}$ seconde (17^e CGPM-1983, Rés. 1).

kg

Het kilogram is de eenheid van massa; het is gelijk aan de massa van het internationale prototype van het kilogram (1^e CGPM-1889).

s

De seconde is de tijdsduur van 9192631770 perioden van de straling ontstaan bij de overgang tussen de twee hyperfijn niveaus van de grondtoestand van het atoom cesium-133 (13^e CGPM-1967, Rés. 1).

A

De ampère is de constante stroom die, indien hij in stand wordt gehouden in twee evenwijdige, rechtlijnige en oneindig lange geleiders van te verwaarlozen cirkelvormige doorsnede, die geplaatst zijn in het luchtledige op een onderlinge afstand van 1 meter, tussen deze twee geleiders een kracht veroorzaakt gelijk aan $2 \cdot 10^{-7}$ newton voor iedere meter lengte (9^e CGPM-1948).

K

De kelvin, eenheid van thermodynamische temperatuur, is het $\frac{1}{273,16}$ ^e deel van de thermodynamische temperatuur van het tripelpunt van water (13^e CGPM-1967, Rés. 4).

cd

De candela is de lichtsterkte, in een gegeven richting, van een bron die monochromatische straling met een frequentie van $540 \cdot 10^{12}$ hertz uitzendt en waarvan de stralingssterkte in die richting $\frac{1}{683}$ watt per steradiaal is (16^e CGPM-1979, Rés. 3).

mol

De mol is de hoeveelheid stof van een systeem dat evenveel elementaire entiteiten bevat als er atomen zijn in 0,012 kilogram koolstof-12 (14^e CGPM-1971, Rés. 3).
Bij gebruikmaking van de mol moeten de elementaire entiteiten worden gespecificeerd; deze kunnen atomen, moleculen, ionen, elektronen, andere deeltjes of bepaalde groeperingen van dergelijke deeltjes zijn.

rad

De radiaal is de hoek tussen twee stralen van een cirkel die op de omtrek een boog afsnijden waarvan de lengte gelijk is aan de straal.

sr

De steradiaal is de ruimtehoek die, wanneer zijn top samenvalt met het middelpunt van een bol, op die bol een oppervlakte uitsnijdt gelijk aan die van een vierkant met de straal van die bol als zijde.

<i>grootheid</i>	<i>symbool</i>	<i>eenheid</i>	<i>symbool</i>
aantal neutronen (in de kern)	N	–	–
aantal nucleonen	A	–	–
aantal protonen (in de kern)	Z	–	–
aantal windingen (spoel)	N	–	–
activiteit (radioactiviteit)	A	becquerel	$\text{Bq} = \text{s}^{-1}$
afstand	$l, a, b, \dots$	meter	m
amplitudo	A, r	meter	m
atoommassa	A	atomaire massa-eenheid	u
arbeid	W	joule	$\text{J} = \text{N m}$
beeldafstand	b	meter	m
beeldgrootte	B, BB'	meter	m
brandpuntsafstand	f	meter	m
brekingsindex	n	–	–
bronspanning	U_{bron}	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
capaciteit	C	farad	$\text{F} = \text{CV}^{-1}$
compressiemodulus	K	newton per vierkante meter	N m^{-2}
concentratie	c	mol per kubieke meter	mol m^{-3}
debiet, volumestroom	Q	kubieke meter per seconde	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
dempingscoëfficiënt	δ	per meter	m^{-1}
diameter	d	meter	m
dichtheid	ρ	kilogram per kubieke meter	kg m^{-3}
diëlektrische constante (permittiviteit)	ϵ	farad per meter	F m^{-1}
doorsnede	A	vierkante meter	m^2
dosis geabsorbeerde ioniserende straling	D	gray	$\text{Gy} = \text{J kg}^{-1}$
dosisequivalent, dosislímiet	H	sievert	$\text{Sv} = \text{J kg}^{-1}$
dosisequivalenttempo	$\dot{H}$	sievert per seconde	Sv s^{-1}
dosistempo	$\dot{D}$	gray per seconde	Gy s^{-1}
draaistoot	D	newton meter seconde	N m s
druk	p	pascal	$\text{Pa} = \text{N m}^{-2}$
elasticiteitsmodulus	E	newton per vierkante meter	N m^{-2}
elektrisch dipoolmoment	p	coulomb meter	C m
elektrische lading	q, Q	coulomb	$\text{C} = \text{A s}$
elektrische potentiaal	V	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
elektrische spanning	$U, \Delta V$	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
elektrische stroomsterkte	I	ampère	$\text{A} = \text{C s}^{-1}$
elektrische veldsterkte	$E, \mathcal{E}$	newton per coulomb	$\text{N C}^{-1} = \text{V m}^{-1}$
elektrochemisch equivalent	A	kilogram per coulomb	$\text{kg C}^{-1} = \text{kg A}^{-1} \text{s}^{-1}$
energie	E	joule	$\text{J} = \text{N m}$
enthalpie	H	joule	$\text{J} = \text{N m}$
entropie	S	joule per kelvin	J K^{-1}
fase	φ	–	–
frequentie	f, ν	hertz	$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
geleiding, geleidbaarheid (elektrisch)	G	siemens	$\text{S} = \Omega^{-1}$
geluiddrukniveau	L_p	(deci)bel	(d)B
geluidintensiteitsniveau	L_I	(deci)bel	(d)B
gewicht	G, F_{gew}	newton	N
golflengte	λ	meter	m
gravitatieversnelling	g	meter per secondekwadraat	m s^{-2}
grenshoek	g	graad	°
halveringsdikte	$d_{1/2}$	meter	m
halveringstijd	$t_{1/2}, \tau$	seconde	s
hoek (ruimte-)	Ω	steradiaal	sr
hoek (vlakke)	$\alpha, \beta, \dots, \varphi, \dots$	radiaal, graad	rad
hoeksnelheid	ω	radiaal per seconde	rad s^{-1}

<i>grootheid</i>	<i>symbool</i>	<i>eenheid</i>	<i>symbool</i>
hoekversnelling	α	radiaal per secondekwadraat	rad s^{-2}
hoeveelheid beweging	p	kilogram meter per seconde	kg m s^{-1}
hoeveelheid stof	n	mol	mol
impedantie	Z	ohm	Ω
impuls	p	kilogram meter per seconde	kg m s^{-1}
impulsmoment	b, L	kilogram meterkwadraat per seconde	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$
inhoud	V	kubieke meter	m^3
intensiteit (deeltjesbundel)	I	per seconde per vierkante meter	$\text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$
intensiteit (geluid-, licht-)	I	watt per vierkante meter	W m^{-2}
koppel	T	newton meter	N m
kracht	F	newton	$\text{N} = \text{kg m s}^{-2}$
krachtschoot	S	newton seconde	$\text{N s} = \text{kg m s}^{-1}$
kubieke uitzettingscoëfficiënt	γ	per kelvin	K^{-1}
kwaliteitsfactor radioactieve straling	w_R, Q	sievert per gray	Sv Gy^{-1}
lading	q, Q	coulomb	$\text{C} = \text{A s}$
ladingsdichtheid (vlak)	σ	coulomb per vierkante meter	C m^{-2}
lengte	l	meter	m
lenssterkte	S	dioptrie	$\text{dpt} = \text{m}^{-1}$
lichtsterkte	I	candela	cd
lichtstroom	Φ	lumen	$\text{lm} = \text{cd sr}$
lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	per kelvin	K^{-1}
lineieke massa van textielvezels en garens	ρ_l	kilogram per meter	kg m^{-1}
luchtweerstandcoëfficiënt	C_w	—	—
luminantie (oppervlaktehelderheid)	B, L	candela per vierkante meter	$\text{nit} = \text{cd m}^{-2}$
magnetisatie	M	ampère per meter	A m^{-1}
magnetische flux	Φ	weber	$\text{Wb} = \text{V s}$
magnetische inductie (fluxdichtheid)	B	tesla	$\text{T} = \text{Wb m}^{-2}$
magnetische permeabiliteit	μ	henry per meter	H m^{-1}
massa	m	kilogram	kg
massagetal	A	—	—
molair(e) ...	—	per mol	mol^{-1}
moment (koppel)	T	newton meter	N m
moment (kracht)	M	newton meter	N m
numerieke apertuur	A	—	—
nuttig effect	η	—, procent	—, %
nuttig effect (lichtrendement)	η_L	lumen per watt	lm W^{-1}
omloopfrequentie	f	hertz	$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
omlooptijd	T	seconde	s
oppervlakte	A	vierkante meter	m^2
oppervlaktespanning	σ	newton per meter	N m^{-1}
osmotische waarde	Π	newton per vierkante meter	$\text{Pa} = \text{N m}^{-2}$
periode (tijd)	T	seconde	s
plaats	x	meter	m
potentiaal, potentiaalverschil	$V, \Delta V$	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
radioactiviteit	A	becquerel	$\text{Bq} = \text{s}^{-1}$
rendement	η	—	—
restitutiecoëfficiënt	ε	—	—
rotatiesnelheid	ω	radiaal per seconde	rad s^{-1}
ruimtehoek	Ω	steradiaal	sr
schuifspanning	σ	newton per vierkante meter	N m^{-2}
snelheid	v	meter per seconde	m s^{-1}
soortelijke warmte	c	joule per kilogram kelvin	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

<i>grootheid</i>	<i>symbool</i>	<i>eenheid</i>	<i>symbool</i>
soortelijke warmte bij constant volume	c_V	joule per kilogram kelvin	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
	C_V	joule per mol kelvin	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
soortelijke warmte bij constante druk	c_p	joule per kilogram kelvin	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
	C_p	joule per mol kelvin	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
soortelijke weerstand	ρ	ohm meter	$\Omega \text{ m}$
spanning (elektrische)	U	volt	$\text{V} = \text{J C}^{-1}$
spanning (mechanische)	σ	newton per vierkante meter	N m^{-2}
sterkte van brekend oppervlak, lens	S	dioptrie	$\text{dpt} = \text{m}^{-1}$
stookwaarde	r_m	joule per kilogram of	J kg^{-1}
	r_V	joule per kubieke meter	J m^{-3}
stoot	S	newton seconde	$\text{N s} = \text{kg m s}^{-1}$
straal	r, R	meter	m
stroomdichtheid	J	ampère per vierkante meter	A m^{-2}
stroomsterkte	I	ampère	A
temperatuur	T	kelvin	K
tijd	t	seconde	s
tijdconstante	τ	seconde	s
torsieconstante	κ	newton meter per radiaal	N m rad^{-1}
traagheidsmoment (massa-)	I, J	kilogram meterkwadraat	kg m^2
treksterkte	σ	newton per vierkante meter	N m^{-2}
trillingstijd	T	seconde	s
veerconstante	C	newton per meter	N m^{-1}
vergroting (lineaire)	N	–	–
verlichtingssterkte	E	lux	$\text{lx} = \text{lm m}^{-2}$
vermogen	P	watt	$\text{W} = \text{J s}^{-1}$
verplaatsing	$\Delta x, s$	meter	m
versnelling	a	meter per secondekwadraat	m s^{-2}
vervalconstante (radioactief)	λ	per seconde	s^{-1}
verzwakingscoëfficiënt	α, μ	per meter	m^{-1}
viscositeit (dynamisch)	η	newton seconde per vierkante meter	N s m^{-2}
viscositeit (kinematisch)	ν	meterkwadraat per seconde	$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$
volume	V	kubieke meter	m^3
volumestroom	$\underline{Q}$	kubieke meter per seconde	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
voortplantingssnelheid van geluid	v_g	meter per seconde	m s^{-1}
voortplantingssnelheid van licht	c	meter per seconde	m s^{-1}
voorwerpsafstand	v	meter	m
voorwerpsgrootte	l, VV'	meter	m
vrije energie	F	joule	J
vrije enthalpie	G	joule	J
waarschijnlijkheid	W, P	–	–
warmte (hoeveelheid)	Q	joule	J
warmtecapaciteit	C	joule per kelvin	J K^{-1}
warmtedoorgangscoëfficiënt	μ, U	watt per vierkante meter kelvin	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
warmtegeleidingscoëfficiënt	λ, k	watt per meter kelvin	$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$
warmteoverdrachtscoëfficiënt	$\alpha, \alpha_e, \alpha_i$	watt per vierkante meter kelvin	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
warmtestroom	Φ, P	watt	W
warmtestroomdichtheid	q	watt per vierkante meter	W m^{-2}
wederzijdse inductie	M	henry	$\text{H} = \text{J A}^{-2}$
weegfactor radioactieve straling	w_R, Q	sievert per gray	Sv Gy^{-1}
weerstand	R	ohm	$\Omega = \text{V A}^{-1}$
weerstandstemperatuurcoëfficiënt	α	per kelvin	K^{-1}
wrijvingscoëfficiënt	μ, f	–	–
zelfinductie	L	henry	$\text{H} = \text{J A}^{-2}$

<i>eenheid</i>	<i>symbool en omrekeningsfactor</i>	<i>grootheid</i>	<i>status</i> ▶
are	$a = 10^2 \text{ m}^2$	oppervlakte (van grond)	b
astronomische eenheid	AE (AU); $AE = 1,49598 \cdot 10^{11} \text{ m}$	afstand	b
atmosfeer	$\text{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	druk	v
atomaire massa-eenheid	$u = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	massa	b
bar	$\text{bar} = 10^5 \text{ Pa}$	druk	b
barn	$b = 10^{-28} \text{ m}^2$	werkzame doorsnede	b
calorie	$\text{cal} = 4,184 \text{ J}$	energie	v
centimeter kwikdruk	$\text{cm Hg} = 1,33322 \cdot 10^3 \text{ Pa}$	druk	v
centimeter waterdruk	$\text{cm H}_2\text{O} = 9,80665 \cdot 10^1 \text{ Pa}$	druk	v
curie	$\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$	(radio-)activiteit	v
dag	$d = 86400 \text{ s}$	tijd	b
dalton	$u = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	massa	v
decibel, bel	dB, B	geluidniveau	b
denier	$\text{Td} = 1,111 \cdot 10^{-7} \text{ kg m}^{-1}$	massa per lengte-eenheid	v
Duitse hardheidsgraad	$\text{D}^\circ \triangleq 10 \text{ mg CaO per liter}$	waterhardheid	v
elektronvolt (energie)	$\text{eV} = 1,602176565 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	energie	b
elektronvolt (temperatuur)	$\text{eV} = 1,1604519 \cdot 10^4 \text{ K}$	temperatuur	b
foon	Ph = dB (bij 1000 Hz)	geluidniveau	b
foot	$\text{ft}, \text{vt} = 3,048 \cdot 10^{-1} \text{ m} (= 12 \text{ in})$	lengte of afstand	v
gallon (US)	$3,785411784 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	volume of inhoud	v
gauss	$G = 10^{-4} \text{ T}$	magnetische inductie	v
gon (decimale graad)	gon (gra); $\text{gon} = \frac{\pi}{200} \text{ rad}$	vlakke hoek	b
graad (hoek)	$^\circ (\text{deg}); ^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$	vlakke hoek	b
graad Celsius	$^\circ\text{C}$	temperatuur	b
graad Fahrenheit	$^\circ\text{F} = 5,556 \cdot 10^{-1} \text{ K}$	(alleen voor temperatuurverschil)	v
inch	$\text{in} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m} (= \frac{1}{12} \text{ ft})$	lengte of afstand	v
jaar	$y = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$	tijd	b
karaat of metrieckkaraat	$\text{Kt (ct)} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ $\text{kt} = \frac{1}{24} \text{e deel}$	massa bij parels en edelstenen goudgehalte	b
kilowattuur	$\text{kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$	energie	b
knoop	$0,51444 \text{ m s}^{-1}$	snelheid	v
lichtjaar	$9,461 \cdot 10^{15} \text{ m}$	lengte of afstand	v
liter	$L = 10^{-3} \text{ m}^3$	volume of inhoud	b
micron	$\mu = 10^{-6} \text{ m}$	lengte of afstand	v
mijl (land)	$1,609344 \cdot 10^3 \text{ m (exact)}$	lengte of afstand	v
mijl (zee)	$1,852 \cdot 10^3 \text{ m (exact)}$	lengte of afstand	v
millimeter kwik	$\text{mm Hg} = 1,33322 \cdot 10^2 \text{ Pa}$	(fysiologische) druk	b
minuut (hoek)	$' = \frac{\pi}{10800} \text{ rad}$	vlakke hoek	b
minuut (tijd)	$\text{min} = 60 \text{ s}$	tijd	b
ons	10^{-1} kg	massa	v
paardenkracht (hp)	$\text{pk} = 7,457 \cdot 10^2 \text{ W}$	(motor-)vermogen	v
paardenkracht (CV)	$\text{pk} = 7,35499 \cdot 10^2 \text{ W}$	(motor-)vermogen	v
parsec	$\text{pc} = 3,08572 \cdot 10^{16} \text{ m}$	lengte of afstand	v
pascal	Pa	druk	b
pond	$5 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$	massa	v
pound (avdp)	$\text{lb} = 4,5359237 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$	massa	v
pound per square inch	$\text{psi} (= \text{lbf in}^{-2}) = 6,89 \cdot 10^3 \text{ Pa}$	druk	v
rad	$\text{rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$	dosis radioactieve straling	v
rem	$\text{rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$	dosisequivalent	v
rpm, omwentelingen per minuut	$\text{rpm} = 1,0472 \cdot 10^{-1} \text{ rad s}^{-1}$	hoeksnellheid, toerental	v
rutherford	$\text{Rd} = 10^6 \text{ Bq}$	(radio-)activiteit	v
seconde (hoek)	$" = \frac{\pi}{648000} \text{ rad}$	vlakke hoek	b
tex	$\text{tex} = 10^{-6} \text{ kg m}^{-1}$	massa per lengte-eenheid	b
ton	$t = 10^3 \text{ kg}$	massa	b
torr (mm kwikdruk)	$\text{Torr} = 1,33322 \cdot 10^2 \text{ Pa}$	druk	v
uur	$h = 3600 \text{ s}$	tijd	b
var	$\text{var} = \text{W}$	vermogen (reactief)	b
voet	$\text{ft} = 3,048 \cdot 10^{-1} \text{ m} (= 12 \text{ in, exact})$	lengte of afstand	v
voltampère	$\text{VA} = \text{W}$	vermogen (schijnbaar)	b
yard	$\text{yd} = 9,144 \cdot 10^{-1} \text{ m} (= 3 \text{ ft, exact})$	lengte of afstand	v

▶ b = blijvend erkende eenheid; v = verboden eenheid

massa (soms gemiddelde, rust-) in kg

$< 10^{-37}$	neutrino
$9,1 \cdot 10^{-31}$	elektron
$1,7 \cdot 10^{-27}$	neutron, proton, waterstofatoom, u
$2,0 \cdot 10^{-26}$	koolstofatoom
$3,3 \cdot 10^{-25}$	goudatoom
$3 \cdot 10^{-22}$	zetmeelmolecuul
$9,5 \cdot 10^{-21}$	kleinste virus
$9 \cdot 10^{-14}$	rode bloedcel
10^{-13}	bacterie
10^{-11}	cel menselijk lichaam
$2,2 \cdot 10^{-8}$	planckmassa
$7,5 \cdot 10^{-7}$	fruitvliegje
$2 \cdot 10^{-6}$	regendruppel
$1,5 \cdot 10^{-4}$	huisvlieg
$2,5 \cdot 10^{-3}$	kolibrie
$3,5 \cdot 10^{-2}$	huismus
$1,1 \cdot 10^{-1}$	merel
$1,5 \cdot 10^0$	kip, fazant
$7,0 \cdot 10^1$	mens
$1,8 \cdot 10^2$	edelhert, leeuw, zeeleeuw
$7,0 \cdot 10^2$	auto
$3,5 \cdot 10^3$	(Indische) olifant

$1 \cdot 10^5$	treinstel (sprinter SGM-0)
$1,4 \cdot 10^5$	vliegtuig (Boeing 747-400)
$1,5 \cdot 10^5$	blauwe vinvis
$7 \cdot 10^7$	groot passagiersschip
$5 \cdot 10^{15}$	biomassa
$5 \cdot 10^{18}$	atmosfeer van de aarde
$1,5 \cdot 10^{21}$	water op aarde
$7,4 \cdot 10^{22}$	maan
$3,2 \cdot 10^{23}$	Mercurius
$6,0 \cdot 10^{24}$	aarde
$8,7 \cdot 10^{25}$	Uranus
$1,0 \cdot 10^{26}$	Neptunus
$1,9 \cdot 10^{27}$	Jupiter
$2 \cdot 10^{29}$	Proxima Centauri
$2,0 \cdot 10^{30}$	zon
$4,6 \cdot 10^{31}$	Rigel
$3 \cdot 10^{39}$	Kleine Magellaanse Wolk
$2 \cdot 10^{40}$	Grote Magellaanse Wolk
$4 \cdot 10^{41}$	Melkwegstelsel
$6 \cdot 10^{41}$	Andromedanevel
10^{53}	heelal

tijd (soms ... geleden, leeftijd) in s

$5,4 \cdot 10^{-44}$	plancktijd
tot 10^{-43}	na oerknal, quantumeffecten domineren
tot 10^{-35}	na oerknal, unifiserende theorie, daarna inflatie
10^{-24} - 10^{-20}	periode gammastraling
10^{-20} - 10^{-17}	periode röntgenstraling
10^{-16}	periode ultraviolet
$2 \cdot 10^{-15}$	periode zichtbaar licht
10^{-14} - 10^{-12}	periode infrarood
$8 \cdot 10^{-11}$	gem. levensduur positief sigmadeeltje
10^{-10}	periode radiogolven (SHF)
$2,6 \cdot 10^{-8}$	gemiddelde levensduur positief pion
$5 \cdot 10^{-5}$	periode hoogst hoorbare toon
10^{-4}	periode radiogolven (VLF)
$2 \cdot 10^{-3}$	periode geluid (stem)
$3 \cdot 10^{-3}$	periode vleugelslag mug
$2,0 \cdot 10^{-2}$	periode netspanning
$9 \cdot 10^{-1}$	periode hartslag mens
$2 \cdot 10^0$	periode slinger (lengte 1,0 m)
$6,0 \cdot 10^1$	minuut
$5,0 \cdot 10^2$	reistijd licht zon-aarde
$3,6 \cdot 10^3$	uur

$8,6 \cdot 10^4$	rotatieperiode aarde, dag
$6,9 \cdot 10^5$	halveringstijd ^{131}I
$1,8 \cdot 10^6$	draagtijd huismus
$2,4 \cdot 10^6$	omwentelingsperiode maan
$2,4 \cdot 10^7$	draagtijd mens
$3,2 \cdot 10^7$	omwentelingsperiode aarde, jaar
$1,4 \cdot 10^8$	reistijd licht vanaf dichtstbijzijnde ster
$5,7 \cdot 10^8$	maximale levensduur hond
$2,4 \cdot 10^9$	periode komeet van Halley
$3,3 \cdot 10^9$	maximale levensduur mens
$1,3 \cdot 10^{10}$	Leidse universiteit
$1,6 \cdot 10^{11}$	eerste (Sumerische) geschriften
$1,8 \cdot 10^{11}$	halveringstijd ^{14}C
$3 \cdot 10^{12}$	Homo sapiens
$5 \cdot 10^{13}$	Homo erectus
$8 \cdot 10^{13}$	Homo habilis
$4 \cdot 10^{14}$	ontwikkeling zoogdieren, apen
$7,1 \cdot 10^{15}$	begin Mesozoïcum
$1,4 \cdot 10^{16}$	fossielen
$1,2 \cdot 10^{17}$	oudste fossielen, micro-organismen
$1,5 \cdot 10^{17}$	aarde
$4,3 \cdot 10^{17}$	heelal

temperatuur in K

10^{-7}	laagst bereikte in verdunde gassen (Bose-Einstein)
10^{-5}	laagst bereikte in vaste stof
10^{-3}	^3He superfluïde
$1,5 \cdot 10^{-2}$	sprongpunt supergeleiding wolfram
$8,7 \cdot 10^{-1}$	sprongpunt supergeleiding zink
$2,2 \cdot 10^0$	^4He superfluïde
$2,7 \cdot 10^0$	heelal
$4,2 \cdot 10^0$	kookpunt He
$5,2 \cdot 10^0$	kritieke temperatuur He
$1,4 \cdot 10^1$	smeltpunt waterstof
$2,0 \cdot 10^1$	kookpunt waterstof
$2,3 \cdot 10^1$	sprongpunt supergeleiding Nb_3Ge
$3,3 \cdot 10^1$	kritieke temperatuur waterstof
$5,3 \cdot 10^1$	gem. oppervlaktetemperatuur Pluto
$7,7 \cdot 10^1$	kookpunt stikstof
$9,0 \cdot 10^1$	kookpunt zuurstof, sprongpunt supergeleiding $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$
$1,5 \cdot 10^2$	kritieke temperatuur zuurstof
$2,7 \cdot 10^2$	vriespunt water
$3,0 \cdot 10^2$	gemiddelde oppervlaktetemperatuur aarde

$3,1 \cdot 10^2$	lichaamstemperatuur mens
$3,7 \cdot 10^2$	kookpunt water
$6,0 \cdot 10^2$	smeltpunt lood
$8,6 \cdot 10^2$	curiepunt magnetiet (Fe_3O_4)
$9,3 \cdot 10^2$	smeltpunt aluminium
$1,3 \cdot 10^3$	smeltpunt goud
$3,1 \cdot 10^3$	kookpunt goud
$3,3 \cdot 10^3$	effectieve temperatuur Betelgeuze
$3,7 \cdot 10^3$	smeltpunt wolfram
$4 \cdot 10^3$	middelpunt aarde
$5,8 \cdot 10^3$	effectieve temperatuur zon
$1,2 \cdot 10^4$	elektronentemperatuur in TL-buis
$1,3 \cdot 10^4$	effectieve temperatuur Rigel A
10^5	lasercutting
10^6	tokamakplasma
$1,4 \cdot 10^7$	middelpunt zon
10^8	centrum H-bom
10^9	heetste ster
10^{10}	spontane vorming elektronen
10^{13}	spontane vorming protonen en neutronen

energie in J

$3 \cdot 10^{-31}$	kin. en. van molecuul bij allerlaagst bereikte temperatuur ($1,5 \cdot 10^{-8}$ K)
$4,4 \cdot 10^{-21}$	kin. en. molecuul (20°C)
$1 \cdot 10^{-20}$	chemische reactie van 1 atoom
$4 \cdot 10^{-19}$	foton van groen licht
$2,2 \cdot 10^{-18}$	binding waterstofatoom in H_2
$8 \cdot 10^{-14}$	massa-equivalent van het elektron
$4,6 \cdot 10^{-12}$	bindingsenergie ^4He -kern
$3,2 \cdot 10^{-11}$	splijtingsenergie van een ^{235}U -atoom
$1,5 \cdot 10^{-10}$	massa-equivalent neutron of proton
$2,7 \cdot 10^{-8}$	kin. en. wijngaardslak ($4,8 \text{ m h}^{-1}$)
$1,6 \cdot 10^{-7}$	kin. en. van een vliegende mug
$2,2 \cdot 10^{-6}$	proton Large Hadron Collider (CERN)
$1 \cdot 10^0$	wrijvingsloos 102 gram 1,00 m optillen
$1,5 \cdot 10^2$	kin. en. snelst geserveerde tennisbal
$1,4 \cdot 10^3$	zonnestraling op aarde op 1 m^2 in 1 s
$4,2 \cdot 10^3$	1 kg water 1°C opwarmen
$1,7 \cdot 10^4$	metabolisme: opbrengst 1 gram suiker
$3,3 \cdot 10^4$	verbruikte energie 1 minuut fietsen
$2,3 \cdot 10^5$	kinetische energie fietser (20 km h^{-1})
$3,33 \cdot 10^5$	1 kg ijs smelten
$3,9 \cdot 10^5$	kin. en. auto (1000 kg) bij 100 km h^{-1}
$2,26 \cdot 10^6$	1 liter kokend water verdampen
$3,6 \cdot 10^6$	energieverlies in een dag door een ruit van 1 m^2 (20°C verschil)

$1,8 \cdot 10^7$	1 kg hout verbranden
$3,5 \cdot 10^7$	1 liter benzine verbranden
$6 \cdot 10^8$	kernfusie van 1 mg deuterium
$1 \cdot 10^9$	bliksem
$2,6 \cdot 10^9$	kin. en. vliegtuig (Airbus 320)
$4,2 \cdot 10^9$	explosie-energie van 1 ton TNT
$1,3 \cdot 10^{10}$	verlies per jaar door een ruit van 1 m^2 (20°C verschil)
$7 \cdot 10^{10}$	jaarverbruik auto (USA, 2000)
$6 \cdot 10^{13}$	kernbom op Hiroshima
$1 \cdot 10^{16}$	Meteor Crater-inslag (Arizona)
$1 \cdot 10^{17}$	vulkaanuitbarsting Krakatau (1883)
$5 \cdot 10^{17}$	waterstofbom (100 megaton TNT)
$1,3 \cdot 10^{19}$	totale elektrische energie geproduceerd in de USA in 2001
$1,3 \cdot 10^{20}$	aardbeving in de Indische Oceaan (2004)
$4 \cdot 10^{20}$	wereldverbruik fossiele energie (2004)
$7 \cdot 10^{21}$	wereld-aardolievoorraad (2003)
$2,6 \cdot 10^{22}$	wereld-steenkoolvoorraad (2003)
$3,9 \cdot 10^{26}$	door de zon uitgezonden in 1 s
$3 \cdot 10^{31}$	wereldvoorraad in ^{238}U (2003)
$2,7 \cdot 10^{33}$	kin. en. van de aarde (baan om de zon)
$1 \cdot 10^{43}$	explosie van een supernova
$4 \cdot 10^{58}$	massa-equivalent van de hele Melkweg

7

Waarden van enige constanten

A

Natuurconstanten

<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>waarde</i>
G	gravitatieconstante	$6,673\,84 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
g	valversnelling (gemiddeld in Nederland)	$9,81 \text{ m s}^{-2}$
p_0	standaarddruk	$1,013\,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
V_m	molair volume	
	• (ideaal gas bij $T = 273,15 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,241\,396\,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
	• (gasvormige stof bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
0°C	smeltpunt van ijs ($p = p_0$)	$273,15 \text{ K}$
N_A	constante van Avogadro	$6,022\,141\,29 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
R	gasconstante	$8,314\,462\,1 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
k_B	constante van Boltzmann	$1,380\,648\,8 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
σ	constante van Stefan-Boltzmann	$5,670\,373 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
k_W	constante van Wien	$2,897\,772\,1 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$
h	constante van Planck	$6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
c	lichtsnelheid	$2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (per definitie)
ϵ_0	elektrische permittiviteit van het vacuüm	$8,854\,187\,817 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
f	constante in de wet van Coulomb	$8,987\,551\,787 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
μ_0	magnetische permeabiliteit van vacuüm	$1,256\,64 \cdot 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ (per definitie)
e	elementair ladingsquantum	$1,602\,176\,565 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
F	constante van Faraday	$9,648\,533\,65 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ $F = e N_A$
a_0	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5,291\,772\,109\,2 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
R_H	rydbergconstante voor waterstof	$1,096\,775\,834 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

B

Massa en energie

<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>massa</i>			
		u	kg	MeV	J
u	atomaire massa-eenheid	1	$1,660\,538\,921 \cdot 10^{-27}$	931,494 061	$1,492\,417\,954 \cdot 10^{-10}$
m_p	rustmassa proton	1,007 276 466 812	$1,672\,621\,777 \cdot 10^{-27}$	938,272 046	$1,503\,277\,484 \cdot 10^{-10}$
m_n	rustmassa neutron	1,008 664 916 00	$1,674\,927\,351 \cdot 10^{-27}$	939,565 379	$1,505\,349\,632 \cdot 10^{-10}$
m_e	rustmassa elektron	$5,485\,799\,094\,6 \cdot 10^{-4}$	$9,109\,382\,91 \cdot 10^{-31}$	0,510 998 928	$8,187\,105\,072 \cdot 10^{-14}$

C

Planck-eenheden

<i>grootheid</i>	<i>herleiding</i>	<i>symbool</i>	<i>waarde</i>
plancklengte	$\sqrt{(2\pi)^{-1} h G c^{-3}}$	l_p	$1,616\,252 \cdot 10^{-35} \text{ m}$
planckmassa	$\sqrt{(2\pi)^{-1} h G^{-1} c}$	m_p	$2,176\,44 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$
plancktijd	$\sqrt{(2\pi)^{-1} h G c^{-5}}$	t_p	$5,391\,24 \cdot 10^{-44} \text{ s}$
plancktemperatuur	$\sqrt{(2\pi)^{-1} h G^{-1} c^5 k^{-2}}$	T_p	$1,416\,785 \cdot 10^{32} \text{ K}$
magnetisch fluxquantum	$\frac{1}{2} h e^{-1}$	Φ_0	$2,067\,833\,667 \cdot 10^{-15} \text{ Wb}$
von klitzingconstante	$h e^{-2}$	R_K	$2,581\,280\,755\,7 \cdot 10^4 \Omega$
geleidingsquantum	$2 h^{-1} e^2$	G_0	$7,748\,091\,700\,4 \cdot 10^{-5} \text{ S}$

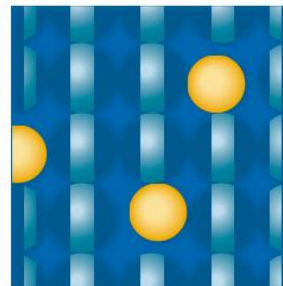
dichtheid	elasticiteits- modulus	treksterkte	lineaire uitzettings- coëfficiënt	soortelijke warmte	warmte- geleidings- coëfficiënt	smeltpunt $p = p_0$	smeltwarmte	soortelijke weerstand	weerstand- temperatuur- coëfficiënt
$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	10^8 Pa	10^{-6} K^{-1}	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	K	10^6 J kg^{-1}	$10^{-9} \Omega \text{ m}$	$T = 293 \text{ K}$
10^3 kg m^{-3}	10^9 Pa			$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$				10^{-3} K^{-1}
aluminium	2,70	71	23,2	0,88	237	933	0,397	27	4,29
beryllium	1,85	300	11,5	1,8	170	1560	1,384	33	9,0
bismut	9,80	32	13,5	0,12	9	545	0,054	1190	4,3
cadmium	8,65	60	31,5	0,234	92	594	0,057	75	4,0
calcium	1,55	20	22,3	0,65	96	1115	0,33	43	4,2
chroom	7,19	25	7,0	0,45	43	2180	0,28	130	3
goud	19,3	79	14	0,129	318	1337	0,066	22	3,6
ijzer	7,87	220	11,7	0,46	80,4	1811	0,276	105	6,5
kalium	0,86		83	0,754	130	336	0,065	67	5,4
kobalt	8,9	210	13,7	0,42	70	1768	0,26	65	6,2
koper	8,96	124	16,8	0,387	390	1357	0,205	17	4,3
kwik	13,546	–	182 ¹	0,14	10,3	234	0,012	960	0,93
lood	11,3	15	28,9	0,128	35,3	601	0,025	210	4,1
magnesium	1,74	44	25,6	1,026	156	923	0,368	46	3,8
molybdeen	10,2	330	5	0,26	138	2896	0,293	56	4,3
natrium	0,97		69,6	1,23	142	371	0,113	47	5,5
nikkel	8,90	196	12,7	0,46	90,9	1728	0,310	78	6,5
platina	21,5	165	8,9	0,133	71,6	2042	0,113	106	3,9
tantaal	16,7	190	6,5	0,14	54	3290	0,17	155	3,1
tin ²	7,31	55	22	0,22	64	505	0,059	115	4,3
uraan	19,1	130	15	0,116	21,9	1406	0,40	220	2,1
wolfraam	19,3	360	4,5	0,135	173	3695	0,192	55	4,9
zilver	10,50	77	19,2	0,24	429	1235	0,105	16	3,9
zink	7,2	93	29,7	0,386	116	693	0,107	62	4,1

1 ► kubieke uitzettingscoëfficiënt

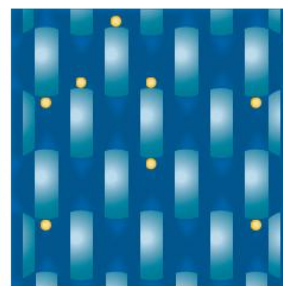
2 ► wit tetragonaal

Gegevens van alliages (legeringen)

samenstelling	dichtheid $T = 293 \text{ K}$	elasticiteits- modulus	lineaire uitzettings- coëfficiënt	soortelijke warmte $T = 293 \text{ K}$	warmte- geleidings- coëfficiënt	smeltpunt $p = p_0$	soortelijke weerstand $T = 293 \text{ K}$	weerstand- temperatuur- coëfficiënt
massa %	10^3 kg m^{-3}	10^{12} Pa	10^{-6} K^{-1}	$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	K	$10^{-6} \Omega \text{ m}$	10^{-3} K^{-1}
brons 90% Cu 10% Sn	8,9	0,10	19	0,38	190	1280	0,14	
constantan 54–58% Cu 1% Mn 45–41% Ni	8,9	0,11	15	0,41	22	1540	0,45	0,05
duraluminium 95% Al 4% Cu	2,8	0,071	23	0,92	160	652		
gietijzer 94% Fe 2,5% Si 3–4% C	7,3	0,10	11	0,50	60	1450	0,10	6,5
invar 64% Fe 36% Ni	8,1	0,145	2	0,503	16	1723	0,10	2
manganen 84% Cu 12% Mn 4% Ni	8,5	0,13	16	0,41	22	1270	0,43	0,02
messing 55–70% Cu 45–30% Zn	8,5	0,10	21	0,38	120	1170	0,07	2
nichroom 60% Ni 22% Fe 18% Cr	8,2		13		13		1,10	0,1
nieuw zilver (duits zilver) 45–70% Cu 5–30% Ni 8–45% Zn	8,9	0,11	18	0,40	33	1375	0,33	0,4
soldeer (zacht) 50% Pb 50% Sn	9,0	0,000045	23	0,176	80	490	0,15	
staal								
• koolstofstaal 99% Fe 0,8% C	7,8	0,20	12	0,48	50	1630	0,18	
• roestvrij staal 85% Fe 13% Cr 2% C	7,8	0,20	10	0,46	50	1780	0,72	

1 Homogene structuur
substitutioneel

interstitieel

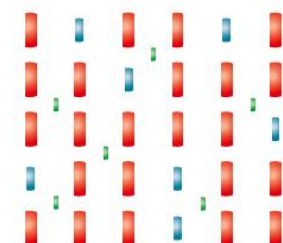


2 Heterogene structuur

perliet (α -ijzer/cementiet)

LaNiFe-legering

- Er komen ook mengvormen van substitutionele en interstitiële legeringen voor.



- Als er een regelmaat is in de structuur van de substitutionele/interstitiële plaatsen, is er sprake van een intermetallische verbinding: vb. β -messing/cementiet.

	<i>dichtheid</i> $T = 293 \text{ K}$ 10^3 kg m^{-3}	<i>elasticiteits- modulus</i> 10^9 Pa	<i>lineaire uitzettings- coëfficiënt</i> 10^{-6} K^{-1}	<i>soortelijke warmte</i> $T = 293 \text{ K}$ $10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	<i>warmtegeleidings- coëfficiënt</i> $T = 293 \text{ K}$ $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	<i>soortelijke weerstand</i> $\Omega \text{ m}$
acryl	1,2		70–100	1,4–2,1	0,2	10^{19}
asbest	0,58	20		0,84	0,1	
asfalt	1,2		200	0,92	0,6	
bakeliet	1,3	6–10	30	0,92	0,2	$10^5\text{--}10^9$
barnsteen	1,0		54		0,13	
basalt	2,7–3,2			0,84–0,92	1	
been (bot)	1,9	14				
boter	0,86–0,87					
bruinsteen	3,4			0,73		
calciet	2,7					
cement (beton)	1,5–2,4	20–40	10–12	0,9–1,1	0,2–20	
diamant	3,52		1,3	0,49	165	10^{13}
eboniet	1,15		80–85	1,67	0,17	10^8
fosfor • wit	1,82		124	0,795		10^{17}
• rood	2,20					
germanium	5,32		6,1	0,31	63	0,588
gips	2,32		25	0,8–1,1	1,3	
glas • gewoon	2,5–2,6	50–100	8–9	0,8	0,93	10^{12}
• flint-	3,1–3,9	60–80	8	0,5	0,8	
grafiet	2,1		1–2	0,69–0,72	160	10^{-5}
graniet	2,7		7–8	0,82	3,5	
hout • balsa-	0,15	6	5–50		0,1	
• ebben-	1,26		3–5		0,3–0,5	
• eiken-	0,78	11	3–5	2,39	0,3–0,5	
• vuren-	0,58	10–20	5	2,72	0,3–0,5	10^{12}
ijs ($T = 269 \text{ K}$)	0,917	3	50	2,2	2,1	
ivoor	1,9				0,6–1,2	
kamfer	0,99					
keukenzout	2,17		40	0,88	0,045–0,06	
koolstof	3,5		28	0,85		
kurk	0,20–0,35			17–21	0,05–0,11	10^8
kwarts	2,2–2,5	70	0,4	0,74	0,22	10^{20}
marmer	2,7	40–50	12	0,88	2–4	10^9
mica	2,8	160–210	3	0,88	0,4–0,6	10^{14}
naftaleen	1,15		94	1,3		$3 \cdot 10^5$
nylon	1,14		100–140	1,7	0,2–0,3	$> 10^{14}$
papier	0,7–1,2				0,18	10^{10}
paraffine	0,85		100–200	2,1–2,9	0,21–0,26	10^{15}
perspex	1,2	2,5–3,5	80	1,5	1,9	$> 10^{19}$
polyetheen	0,93	0,5	180	2,2	0,23–0,29	$3 \cdot 10^{15}$
polystyreen	1,06	2,5–3	70	1,3	0,08	$> 10^{14}$
porselein	2,4	70–80	2–5	0,8	1,0–1,7	10^{12}
pvc (polyvinylchloride)	1,3	2,5–3,5	150–250	1–2	0,16	$10^{12}\text{--}10^{14}$
rubber	1,2–1,6	$10^{-3}\text{--}10^{-4}$	200	1,1–2	0,15	10^{13}
seleen	4,79		39	0,35		
silicium	2,33	100–110	4,2	0,76	80–150	625
steen • baksteen	1,5–1,8	10–20	3–9	0,75	0,6	
• klinker	1,5–2,0	10–20			1,1	
suiker	1,58		80	1,2	0,6	
teflon	2,2		90	1,0	0,2–0,3	10^{20}
was	0,95	1,8		2,5		
zand (droog)	1,6			0,80	1	
zwavel • rombisch	2,07		61	0,73	0,2	
• monoklien	1,96		80	0,74	0,2	10^{23}

■ smeltpunt in K ($p = p_0$): diamant >3800; witte fosfor 317;
glas 1000; keukenzout 1074; naftaleen 353; paraffine 325–329;
suiker 458; ijs 273.

■ smeltwarmte in 10^3 J kg^{-1} : diamant 17000; witte fosfor 21,5;
keukenzout 500; paraffine 146,5; suiker 56; ijs 334.

■ maximaal toelaatbare temperatuur in K: gips 400;
glas 1000; marmer 1563; perspex 640; polyetheen 660;
pvc 540; rubber 520.

	<i>dichtheid</i>	<i>treksterkte</i>	<i>rek bij breuk</i>	<i>druksterkte</i>	<i>elasticiteits- modulus</i>	<i>lineaire uitzettings- coëfficiënt</i>	<i>warmte- geleidings- coëfficiënt</i>
	10^3 kg m^{-3}	10^6 Pa	%	10^6 Pa	10^9 Pa	10^{-6} K^{-1}	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
traditionele materialen	baksteen	1,6 - 1,9	2 - 3	< 1	10 - 90	3 - 9	0,5 - 1,0
	beton	2,2 - 2,4	2 - 6	< 1	20 - 80	10 - 14	0,4 - 1,7
	glas	2,5 - 2,7	30 - 100	0,1 - 0,2	400 - 1200	6 - 9	0,9
	hout	0,5 - 1,1	85 - 160	0,2 - 2	30 - 80	3 - 5	0,1 - 0,5
	natuursteen	1,8 - 3,0	1 - 8	< 1	60 - 320	4 - 12	2 - 4
metalen	aluminium (6061T6 1%Mg 0,6%Si e.a.)	2,70	310	10	240	24	160
	lood	11,35	14 - 17	60		29	35
	messing (UNS C86500; 55%Cu 39%Zn 1%Al)	8,3	490	30	170	18	87
	staal (bouw-, 1.0045, <1,6%Mn <0,55%Si)	7,85	490	20	210	12	52
	staal (roestvast; 1.4003; 11,5%Cr 1,5%Mn 1%Si)	7,74	550	20	200	11,5	30,5
	staal (roestvast; 1.4401; 16%Cr 10%Ni 2%Mo)	8,0	530	40	200	16,5	15
	titanium (grade 5; 6%Al 4%V max. 0,25%Fe)	4,43	950	14	970	8,6	6,7
	kunststoffen, glasvezel gewapend	1,3 - 2,3	65 - 1800	1,2 - 2	100 - 540	10 - 30	0,4 - 0,6
composieten	glasfiber (30%)-nylon, gegoten		150 ▶ ²				
	glasfiber (59%)-epoxyhars, gehard		1140 ▶ ²		10,6 ▶ ²		
	carbonfiber (61%)-epoxyhars, gehard		2390 ▶ ²		47 ▶ ²		
thermo-harders	thermo-harders ▶ ¹	1,2 - 1,3	25 - 70	1 - 3	70 - 300	2 - 7	0,12 - 0,40
	PUR polyurethaan	13 - 1010	0,3 - 550				0,017 - 0,06
	elastomeren	0,85 - 1,1	10 - 28	450 - 850		0,005	
	thermoplasten	0,9 - 2	5 - 90	1 - 800	28 - 140	50 - 220	0,12 - 0,35
thermoplasten	ABS acrylonitrilbutadiëenstyreen	1,04 - 1,07	30 - 45	15 - 30		1,4 - 3	
	HDPE hoge-dichtheidpolyethyleen	0,94 - 0,96	22 - 38	250 - 750		0,4 - 1,7	
	LDPE lage-dichtheidpolyethyleen	0,91 - 0,925	5 - 28	200 - 600		0,1 - 1	
	PP polypropyleen	0,90 - 0,92	30 - 40	> 450		1,1 - 1,6	
	PS polystyreen, piepschuim, EPS	1,04 - 1,15	35 - 70	15		2,6 - 4,2	0,035
	PTFE polytetrafluoretheen, Teflon	2,2	25 - 35	350 - 550	40	0,4 - 0,6	
	PVC (hard) polyvinylchloride	1,4	50 - 60	20 - 50		2,4 - 4,1	0,026 - 0,033
	PVC (zacht) polyvinylchloride	1,20	15 - 25	> 50		50 - 100	0,03 - 0,04

1 ▶ thermo-harders: hieronder o.a. diverse harssoorten, ureumformaldehyde (UF)

2 ▶ in de vezelrichting, in de andere richtingen beduidend zwakker

<i>dichtheid</i>	<i>oppervlakte- spanning</i>	<i>viscositeit</i>	<i>kubieke uitzettings- coëfficiënt</i>	<i>soortelijke warmte</i>	<i>warmte- geleidings- coëfficiënt</i>	<i>smelt- punt</i>	<i>smelt- warmte</i>	<i>kook- punt</i>	<i>verdam- pings- warmte</i>
$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$293\text{-}373 \text{ K}$	$293\text{-}373 \text{ K}$	$T = 293 \text{ K}$	$p = p_0$	10^3 J kg^{-1}	$p = p_0$	10^6 J kg^{-1}
10^3 kg m^{-3}	10^{-3} N m^{-1}	10^{-3} Pa s	10^{-3} K^{-1}	$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	K	K	K	
aceton [propanon]	23	0,33	1,5	2,20	0,16	178	92	329	0,515
alcohol [ethanol]	22	1,2	1,1	2,43	0,17	159	105	351	0,841
aniline	43	4,4	0,84	2,05	0,17	267	88	457	0,434
benzeen	29	0,65	1,2	1,71	0,15	279	127	353	0,393
benzine	0,72		1,0	2,2	0,15	123		394 ¹	
chloroform	1,49	27	1,3	0,96	0,12	210	244	334	0,250
ether [ethoxyethaan]	0,71	17	0,23	2,30	0,14	157	115	308	0,377
glycerol	1,26	62	1500	2,43	0,29	291	175	563	0,83
koolstofdioxide	1,26	32	0,36	1,00	0,14	161	57	319	0,35
kwik	13,5 ²	500	1,55	0,182	10,4	234	12	630	0,301
melk	1,02–1,04	45	2,1	3,9	0,49	272,5	92	373	
methanol	0,79	23	0,60	2,50	0,21	176	145	338	1,11
olijfolie	0,92	33	84	1,65	0,17	267		570	
paraffineolie ⁴	0,80	26	1000	2,13	0,15	327		573	
petroleum	0,79	27	1,0	2,14	0,15	203		423	0,319
siliconenolie	0,76	16	0,49	1,37	0,10	205		373	
spiritus (95%)	0,85		1,4			183		351 ¹	
stookolie	0,95								
terpentijn	0,84	27	1,5	1,75	0,15	263		453	0,293
tetra	1,59	26	0,97	0,84	0,10	250	17	350	0,193
water	0,9982	73	1,00	4,18	0,60	273	334	373	2,26
zeewater ⁶	1,024		1,01	3,93	0,60	270	334		2,26
zwaar water	1,105		1,25	4,22	0,58	277	318	374	2,07
zwavelzuur	1,84	55	28	1,38		284		603	0,511

■ Kritieke temperatuur en kritieke druk: zie tabel 12.

■ Glas: zie tabel 10.

4 ▲ destilleert tussen 323 en 473 K

5 ▲ 293 K

6 ▲ 30‰ zout

1 ▲ kooktraject

2 ▲ 13,6 bij 273 K

3 ▲ 273–333 K

formule	dichtheid	soortelijke warmte bij $T = 273 \text{ K}$, constante druk c_p	verhouding $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$	warmtegeleidings-coëfficiënt $T = 273 \text{ K}$	kookpunt $p = p_0$	verdampings-warmte	kritieke temperatuur	kritieke druk
	kg m^{-3}	$10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$		$10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	K	10^6 J kg^{-1}	K	10^6 Pa
aardgas (Gronings)	mengsel ¹	1,9	1,31	29	$\blacktriangleright^1$	$\blacktriangleright^1$	187 ²	4,6 ²
acetyleen [ethyn]	C_2H_2	1,67	1,25	19	192 ³	1,39	309	6,3
alcohol damp [ethanol]	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	1,43	1,17	152 ⁵	159	0,84	516	6,2
ammoniak	NH_3	2,06	1,32	22	195	1,37	405	11,9
argon	Ar	0,52	1,66	16	84	0,16	151	4,9
chloor	Cl_2	0,49	1,36	7,6	172	0,29	417	8,4
chloroform damp	CHCl_3	0,55 ⁵	1,15 ⁵	$\blacktriangleright^4$	210	0,24	535	5,5
deuterium	$^2\text{H}_2$		1,73	129	18	0,31	38	1,7
ethaan	C_2H_6	1,72	1,22	18	90	0,49	305	4,9
ether [ethoxyethaan]	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	1,61 ⁵	1,09	$\blacktriangleright^4$	157	0,38	467	3,3
ethyleen [etheen]	C_2H_4	1,41	1,25	17	104	0,52	283	5,1
fluor	F_2	0,82	1,36	176	54	0,17	144	5,7
freon -12	CF_2Cl_2	0,06	1,14	8,5	115	0,28	385	4,1
helium	He	5,1	1,66	144	1,5 ⁶	0,021	5,2	0,23
isobutaan	C_4H_{10}	1,61	1,11	14	135	0,36	408	3,6
[2-methylpropan]								
koolstofdioxide	CO_2	0,82	1,31	14	195 ³	0,57	304	7,3
koolstofmonoöxide	CO	1,05	1,40	23	74	0,21	134	3,6
krypton	Kr	0,25	1,69	8,7	116	0,11	210	5,5
kwik damp	Hg	0,10	1,67	$\blacktriangleright^4$	234	0,30	1720	100
lucht	mengsel	1,00	1,40	24	60 ²	0,21 ²	132 ²	3,8 ²
methaan	CH_4	2,21	1,31	30	91	0,51	191	4,6
neon	Ne	1,03	1,64	46	25	0,13	44	2,7
ozon	O_3	0,79	1,40		80	0,25	268	7,0
propan	C_3H_8	1,53	1,13	15	86	0,43	370	4,2
stikstof	N_2	1,04	1,40	24	63	0,20	126	3,3
water damp	H_2O	2,0	1,33 ⁵	16	273	2,26	647,29	22,1
waterstof	H_2	0,090	1,41	174	14	0,45	33	1,3
xenon	Xe	0,16	1,67	5,2	161	0,10	290	5,9
zuurstof	O_2	0,92	1,40	25	54	0,21	154	5,1
zwaveldioxide	SO_2	0,64	1,27	8,4	200	0,39	431	7,8

4 $\blacktriangleright$ vloeibaar5 $\blacktriangleright$ bij 373 K6 $\blacktriangleright$ bij $2,6 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ 1 $\blacktriangleright$ mengsel; voornaamste bestanddeel methaan2 $\blacktriangleright$ gewogen gemiddelde; eigenlijk een traject3 $\blacktriangleright$ bij standaarddruk rechtstreekse overgang vast - gas

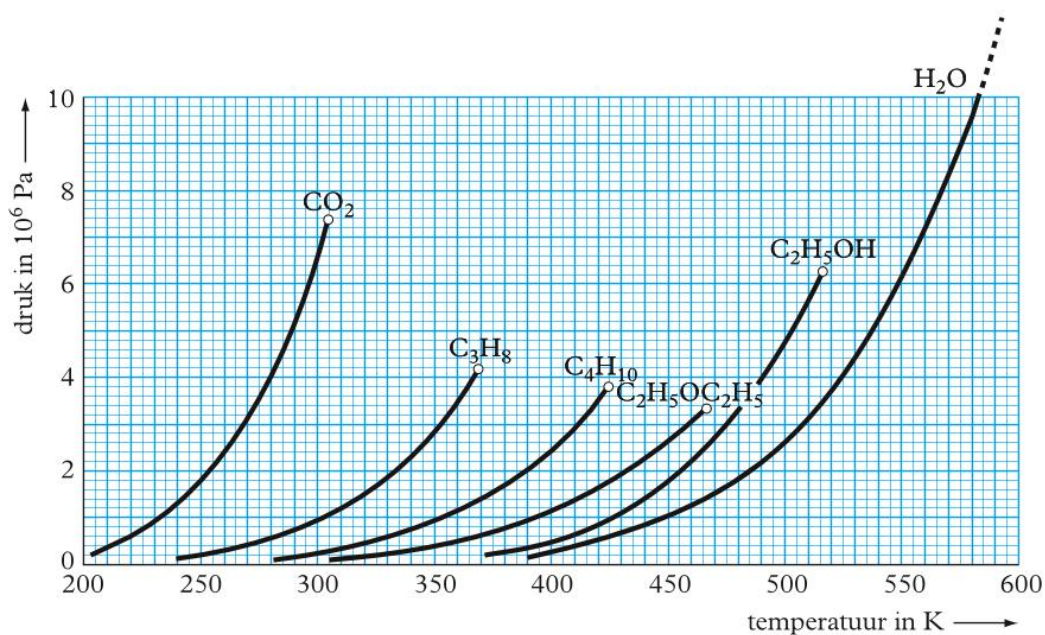
temperatuur druk		temperatuur druk		temperatuur druk		temperatuur druk	
°C	Pa	°C	Pa	°C	10 ³ Pa	°C	10 ⁴ Pa
-70,0	0,26	0,5	633	23,5	2,896	57,0	1,732
-60,0	1,08	1,0	657	24,0	2,985	58,0	1,816
-50,0	3,94	1,5	681	24,5	3,076	59,0	1,903
-40,0	12,8	2,0	706	25,0	3,169	60,0	1,993
-30,0	38,0	2,5	732	25,5	3,264	61,0	2,087
-20,0	103	3,0	758	26,0	3,363	62,0	2,185
-19,5	108	3,5	786	26,5	3,463	63,0	2,287
-19,0	113	4,0	814	27,0	3,567	64,0	2,392
-18,5	119	4,5	843	27,5	3,674	65,0	2,502
-18,0	124	5,0	872	28,0	3,782	66,0	2,616
-17,5	131	5,5	903	28,5	3,893	67,0	2,735
-17,0	137	6,0	935	29,0	4,007	68,0	2,857
-16,5	144	6,5	968	29,5	4,125	69,0	1,985
-16,0	151	7,0	1002	30,0	4,245	70,0	3,118
-15,5	157	7,5	1037	30,5	4,369	75,0	3,855
-15,0	165	8,0	1072	31,0	4,496	80,0	4,736
-14,5	173	8,5	1110	31,5	4,625	85,0	5,780
-14,0	181	9,0	1148	32,0	4,757	90,0	7,011
-13,5	189	9,5	1187	32,5	4,893	92,0	7,568
-13,0	199	10,0	1229	33,0	5,033	94,0	8,154
-12,5	207	10,5	1270	33,5	5,176	96,0	8,777
-12,0	217	11,0	1313	34,0	5,323	98,0	9,439
-11,5	227	11,5	1358	34,5	5,472	99,0	9,785
-11,0	237	12,0	1403	35,0	5,627	99,5	9,9622
-10,5	248	12,5	1450	35,5	5,784	100,0	10,1325
-10,0	260	13,0	1498	36,0	5,945	101	10,509
-9,5	271	13,5	1547	37,0	6,280	102	10,887
-9,0	283	14,0	1599	38,0	6,630	103	11,27
-8,5	296	14,5	1651	39,0	6,997	104	11,67
-8,0	309	15,0	1706	40,0	7,381	110	14,34
-7,5	323	15,5	1761	41,0	7,784	120	19,87
-7,0	337	16,0	1818	42,0	8,205	130	27,03
-6,5	352	16,5	1878	43,0	8,645	140	36,15
-6,0	368	17,0	1938	44,0	9,107	150	47,62
-5,5	384	17,5	2002	45,0	9,590	160	61,82
-5,0	401	18,0	2065	46,0	10,09	170	79,22
-4,5	419	18,5	2130	47,0	10,62	180	100,3
-4,0	437	19,0	2198	48,0	11,17	200	155,5
-3,5	456	19,5	2268	49,0	11,74	220	232
-3,0	476	20,0	2340	50,0	12,34	240	334
-2,5	496	20,5	2412	51,0	12,97	260	469
-2,0	517	21,0	2488	52,0	13,62	280	641
-1,5	539	21,5	2565	53,0	14,30	300	859
-1,0	563	22,0	2645	54,0	15,01	320	1129
-0,5	587	22,5	2727	55,0	15,75	340	1460
0,0	611	23,0	2811	56,0	16,52	360	1860
0,01 °C 611,2						374,13 °C 2212	
273,16 K tripelpunt						647,29 K kritisch punt	

13

Verzadigingsdrukken

B

Koolstofdioxide, propaan, butaan, ether, alcohol en water
(CO_2 , C_3H_8 , C_4H_{10} , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ en H_2O)



14

Kook- en sublimatiepunten

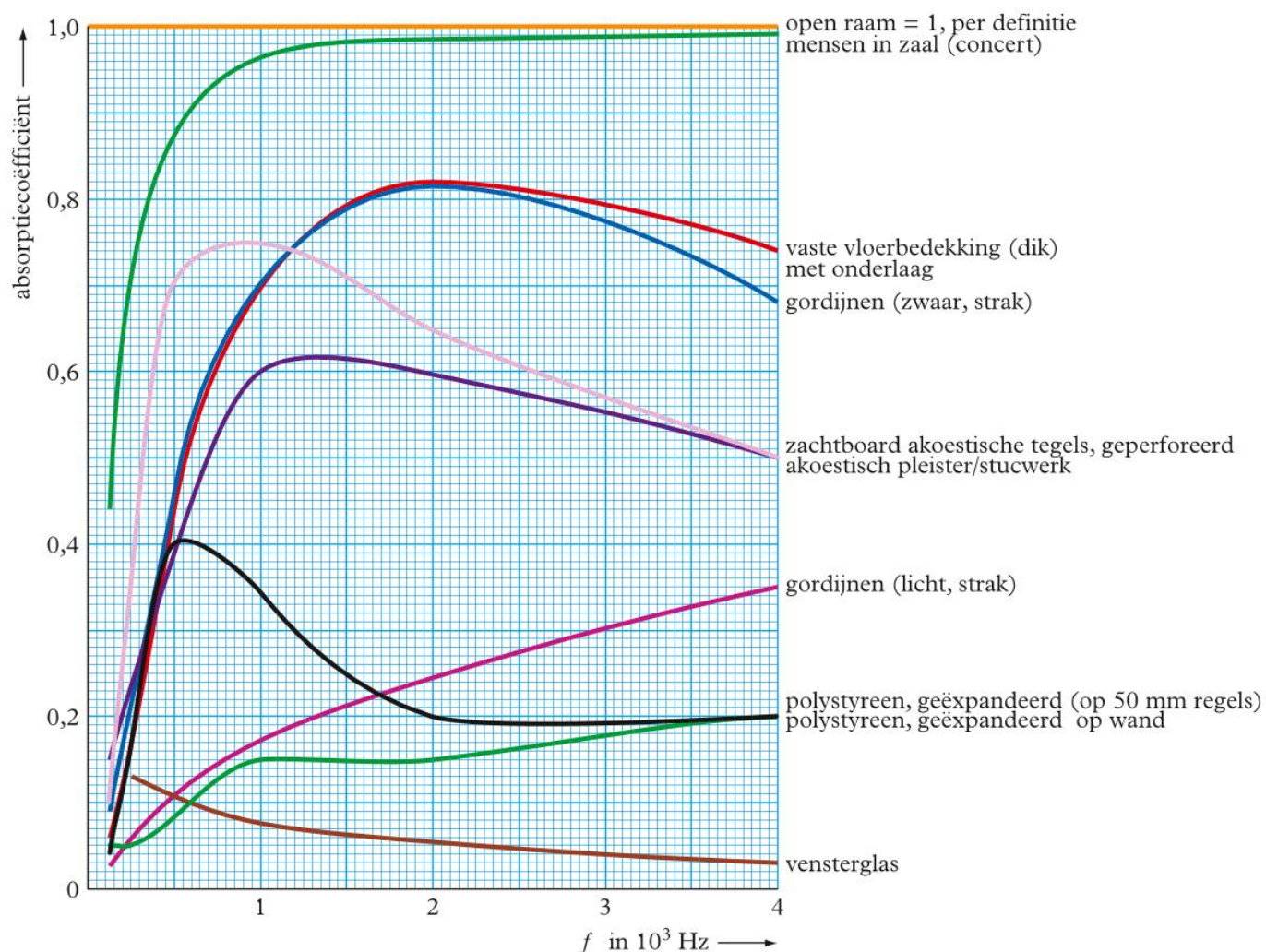
	$0,1333 \cdot 10^3 \text{ Pa}$	$1,333 \cdot 10^3 \text{ Pa}$	$p = p_0$	$0,2026 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	$1,013 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	kritieke temperatuur	kritieke druk
	K	K	K	K	K	K	10^6 Pa
aceton [propanon]	214	242	329	352	418	509	6,1
alcohol [ethanol]	242	271	351	371	425	516	6,2
benzeen	236	262	353	377	452	563	4,6
ether [ethoxyethaan]	199	225	308	329	395	467	3,3
helium-4	1,4	1,8	4,3	5,1	2	5,2	0,23
kwik	399	457	630	671	790	1720	100
stikstof	47	54	77	84	103	126	3,3
water	256 ¹	284	373	393	454	647,29	22,12
zwaar water			374			645	21,7

1 ► sublimatie

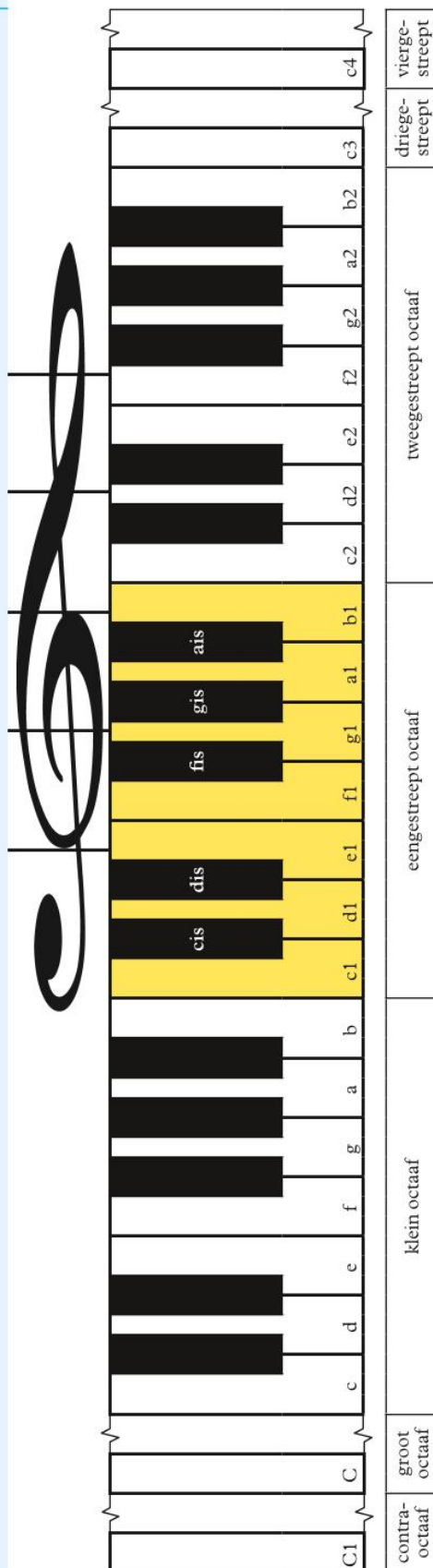
2 ► boven de kritieke temperatuur

vaste stof		vloeistof		gas of damp	
$T = 293 \text{ K}$	10^3 m s^{-1}	$T = 293 \text{ K}$	10^3 m s^{-1}	$T = 273 \text{ K}$	10^3 m s^{-1}
aluminium	5,08	alcohol [ethanol]	1,17	ether (360 K)	0,2206
beton	4,3	glycerol	1,93	helium	0,965
glas	4,0-4,5	methanol	1,12	koolstofdioxide	0,259
ijs (269 K)	3,28	siliconenolie	0,79	lucht (233 K)	0,307
ijzer	5,1	water (273 K)	1,403	(253 K)	0,319
ivoor	3,0	(293 K)	1,484	(273 K)	0,332
koper	3,8	(313 K)	1,529	(293 K)	0,343
marmer	3,8	(333 K)	1,540	(313 K)	0,354
polyetheen	0,92	(353 K)	1,555	(333 K)	0,365
rubber	0,05	(373 K)	1,543	methaan	0,430
staal	5,1	zwaar water	1,38	waterdamp (407 K)	0,494
steen	3,6	zeewater	1,51	waterstof	1,284

mens					
$T = 310 \text{ K}$	10^3 m s^{-1}	$T = 310 \text{ K}$	10^3 m s^{-1}	$T = 310 \text{ K}$	10^3 m s^{-1}
baarmoeder	>1,63	hersenen	1,56	oog(lens)	1,64-1,67
bloed	1,58	huid (epidermis)	>1,73	spieren (skelet-)	1,53-1,63
bot (schedel)	2,19-3,29	lever	1,58-1,64	tanden (glazuur)	4,5 -6,25
bot (poreus)	1,69-2,41	nier	1,56-1,58	vet	1,41-1,49
hart	>1,57	oog (glasvocht)	1,53	vruchtwater	1,53



evenredig zwevende stemming			
frequentie Hz ⁴	verhouding t.o.v. a1 ¹	MIDI- getal	
	decimaal	rationaal	
2093,00	4,75682	$= 2^{27/12}$	96
1046,50	2,37841	$= 2^{15/12}$	84
987,77	2,24493	$= 2^{14/12}$	83
932,33	2,11893	$= 2^{13/12}$	82
880,00	2,00000	$= 2^{12/12}$	81
830,61	1,88775	$= 2^{11/12}$	80
783,99	1,78180	$= 2^{10/12}$	79
739,99	1,68180	$= 2^{9/12}$	78
698,46	1,58741	$= 2^{8/12}$	77
659,26	1,49832	$= 2^{7/12}$	76
622,25	1,41420	$= 2^{6/12}$	75
587,33	1,33484	$= 2^{5/12}$	74
554,37	1,25993	$= 2^{4/12}$	73
523,25	1,18920	$= 2^{3/12}$	72
493,88	1,12245	$= 2^{2/12}$	71
466,16	1,05945	$= 2^{1/12}$	70
440,00	1,00000	$= 2^0$	69
415,30	0,94386	$= 2^{-1/12}$	68
392,00	0,89091	$= 2^{-2/12}$	67
369,99	0,84089	$= 2^{-3/12}$	66
349,23	0,79370	$= 2^{-4/12}$	65
329,63	0,74916	$= 2^{-5/12}$	64
311,13	0,70711	$= 2^{-6/12}$	63
293,66	0,66741	$= 2^{-7/12}$	62
277,18	0,62995	$= 2^{-8/12}$	61
261,63	0,59461	$= 2^{-9/12}$	60
246,94	0,56123	$= 2^{-10/12}$	59
233,08	0,52973	$= 2^{-11/12}$	58
220,00	0,50000	$= 2^{-12/12}$	57
207,65	0,47193	$= 2^{-13/12}$	56
196,00	0,44545	$= 2^{-14/12}$	55
185,00	0,42045	$= 2^{-15/12}$	54
174,61	0,39684	$= 2^{-16/12}$	53
164,81	0,37457	$= 2^{-17/12}$	52
155,56	0,35355	$= 2^{-18/12}$	51
146,83	0,33370	$= 2^{-19/12}$	50
138,59	0,31498	$= 2^{-20/12}$	49
130,81	0,29730	$= 2^{-21/12}$	48
65,41	0,14866	$= 2^{-33/12}$	36
32,70	0,07432	$= 2^{-45/12}$	24



reine stemming			
verhouding t.o.v. c1 ²	verhouding t.o.v. ³		
rationaal	naam	voorgaande toon	
2:1	octaaf	16:15	
15:9	(grote) septiem	9:8	
9:5 of 16:9	kleine septiem	9:8	
5:3	(grote) sext	10:9	
8:5	kleine sext	16:15	
3:2	(reine) kwint	9:8	
36:25 of 64:25	verminderde kwint		
4:3	kwart	16:15	
5:4	(grote) terts	10:9	
6:5	kleine terts	9:8	
9:8 of 10:9	(grote) secunde	9:8	
16:15	kleine secunde	16:15	
1:1	(reine) prime		

1 ► De frequenties van de evenredig zwevende stemming vormen een meetkundige reeks met factor $2^{1/12} = 1,0595...$

2 ► De verhoudingen van de reine stemming worden gebruikt voor het stemmen van muziekinstrumenten.

3 ► Het product van deze verhoudingen over een octaaf is exact gelijk aan 2.

4 ► Deze frequenties gaan uit van a1 (A4) is 440 Hz.

'zone'	geluids- druk	geluids- intensiteit	geluids- druk-niveau	omschrijving
	Pa	W m^{-2}	dB	
gevaarlijke zone (doofheid)	10^4	10^6	180	start bemande raket op 50 m
		10^5	170	
	10^3	10^4	160	pistoolschot op 50 m
		10^3	150	ernstige beschadigingen gehoororganen wettelijke grens vuurwerk op 2,5 m
	10^2	10^2	140	<i>pijngrens</i> – straalmotor op 25 m
		10	130	startend straalvliegtuig op 50 m wereldrecord schreeuwen op 2,5 m
	10	1	120	pneumatische boor op 1 m – autoclaxon vlakbij
		10^{-1}	110	popgroep – betonboor op 1 m – cirkelzaag
schadelijke zone	1	10^{-2}	100	helikopter op 30 m hoogte – zware vrachtwagen met 35 km h^{-1} op 7,5 m
		10^{-3}	90	personenauto – passerende trein lichte vrachtwagen met 35 km h^{-1} op 7,5 m
vermoeiende zone	10^{-1}	10^{-4}	80	drukke verkeersweg – passerende bromfiets op 7,5 m
		10^{-5}	70	luide muziek van radio of tv in woonkamer – autosnelweg op 25 m
rustige zone (overdag)	10^{-2}	10^{-6}	60	geanimeerd gesprek – kantoor in bedrijf – ongestoord telefoongesprek
		10^{-7}	50	rustig gesprek – gemiddelde woonwijk overdag buiten
rustige zone (’s nachts)	10^{-3}	10^{-8}	40	stille woonstraat – woonkamer – koelkast op 1 m
		10^{-9}	30	leeszaal bibliotheek – fluisterend gesprek – tikkend horloge
zachte zone	10^{-4}	10^{-10}	20	ruisende bladeren – zacht gefluister – omroepstudio
		10^{-11}	10	vallend blad – vrijwel volledige stilte
onhoorbare zone	$2 \cdot 10^{-5}$	10^{-12}	0	<i>gehoordrempel</i> – stilte voor het menselijk oor
	10^{-5}	10^{-13}	-10	

■ Oor (mens) en Gehoorgevoeligheid: zie tabel 27C.

16

Elektriciteit en magnetisme

A

Relatieve diëlektrische constanten

bij $T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$

alcohol [ethanol]	25
benzeen	2,3
germanium	16

glycerol	43
lucht	1,00056
papier	2,1

pvc	4,5
silicium	12
water	80

B

Soorten magnetisme

<i>soort</i>	<i>voorbeelden van stoffen</i>	<i>eigenschap</i>	<i>bijvoorbeeld</i>
diamagnetisme	glas, koper, water, waterstof	$\mu_r < 1$	koper $\mu_r = 0,999990$ water $\mu_r = 0,999910$
paramagnetisme	aluminium, lucht, platina, zuurstof	$\mu_r > 1$	aluminium $\mu_r = 1,000021$ zuurstof $\mu_r = 1,000018$
ferromagnetisme	ijzer, kobalt, nikkel, staal	hystereselus	
antiferromagnetisme	bruinsteen	tegengestelde oriëntatie van magnetisatie	
ferrimagnetisme	ferrieten	spontane magnetisatie	

C

Halfgeleiders en supergeleiders

Halfgeleiders

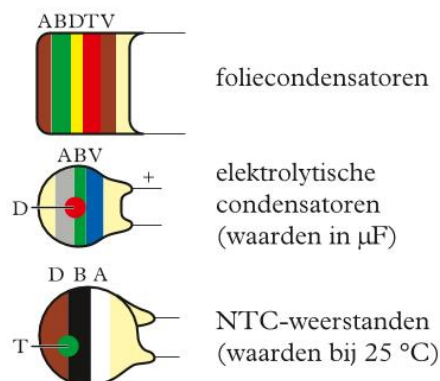
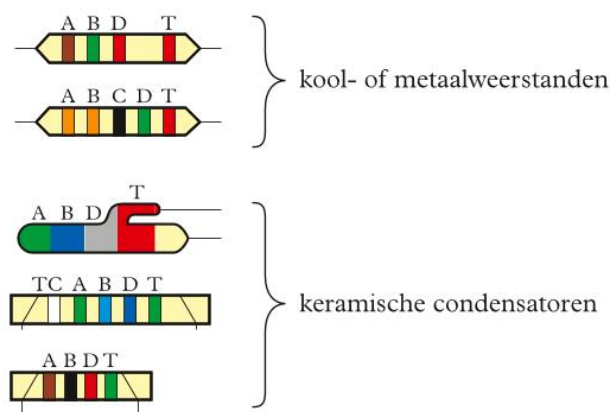
	<i>bandafstand (gap-energie)</i>	<i>gaten- beweeglijkheid</i>	<i>elektronen- beweeglijkheid</i>
	eV	$\text{m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$	$\text{m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$
C (diamant)	5,3	0,13	0,18
CdS	2,40	-	0,02
GaAs	1,40	0,04	0,06
Ge	0,72	0,35	0,45
HgTe	0,01	0,02	2,0
InAs	0,45	0,025	3,0
InSb	0,23	0,14	8,0
PbS	0,39	0,05	0,05
PbSe	0,27	0,14	0,14
PbTe	0,33	0,20	0,20
Si	1,10	0,05	0,13

Supergeleiders

	<i>sprongpunt T_c</i>
	K
kwik (Hg)	4,15
lood (Pb)	7,17
niobium (Nb)	9,46
NbN	16,0
Nb ₃ Al	20,7
Nb ₃ Ge	23,2
Tl ₂ Ba ₂ CuO ₆	80
Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₈	85
YBa ₂ Cu ₃ O _{7-x}	92
Bi ₂ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₆	110
TlBa ₂ Ca ₃ Cu ₄ O ₁₁	122
Tl ₂ Ba ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₁₀	125
HgBa ₂ CaCu ₂ O ₆	128
HgBa ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₈	134

Gemiddelde spanningstoename per graad temperatuurstijging, als één van de contactpunten 273 K is.

<i>thermokoppel</i>	<i>gemiddelde spanningstoename</i>	<i>temperatuurgebied, waarin geldig</i>	<i>temperatuurgebied, waarin thermokoppel bruikbaar</i>
	10^{-6} VK^{-1}	K	K
chromel/alumel	41	273-1473	3-1645
koper/constantaan	42	253- 373	3- 673
ijzer/constantaan	55	253- 473	63-1473
platina/platina 10% rhodium	6	273- 353	223-2040

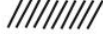
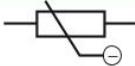


TC = code voor temperatuurcoëfficiënt

V = code voor toelaatbare spanning

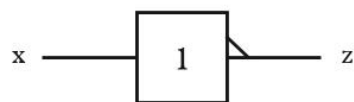
Twee naast elkaar gelegen ringen kunnen dezelfde kleur hebben: een twee keer zo brede ring.

A/B/C = 1e, 2e, 3e cijfer	D = $\cdot 10^n$	n =	T = tolerantie
zwart 0	zwart 0	0	bruin $\pm 1\%$
bruin 1	bruin 1	1	rood $\pm 2\%$
rood 2	rood 2	2	goud $\pm 5\%$
oranje 3	oranje 3	3	zilver $\pm 10\%$
geel 4	geel 4	4	geen kleur $\pm 20\%$
groen 5	groen 5	5	bruin $\pm 1\%$
blauw 6	blauw 6	6	rood $\pm 2\%$
violet 7	wit -1	-1	groen $\pm 5\%$
grijs 8	grijs -2	-2	wit $\pm 10\%$
wit 9	violet -3	-3	zwart $\pm 20\%$
	goud -1	-1	bruin $\pm 0,1 \text{ pF}$
	zilver -2	-2	rood $\pm 0,25 \text{ pF}$
			groen $\pm 0,5 \text{ pF}$
			wit $\pm 1 \text{ pF}$

	draad zonder weerstand		oscilloscoop
	kruisende draden (geen elektrische verbinding)		microfoon
	snijdende draden (elektrisch verbonden)		luidspreker
	element, batterij (spanningsbron)		condensator
	variabel (weerstand, spanningsbron e.a.)		diëlektricum
	gelijkspanning, gelijkstroom		smeltveiligheid (zekering)
	wisselspanning, wisselstroom		weerstand met negatieve temperatuurcoëfficiënt (NTC)
	gelijk- en wisselstroom mogelijk gelijk- en wisselspanning mogelijk		lichtgevoelige weerstand (zonder resp. met omhulling)
	wisselstroomdynamo (generator)		(zonder resp. met omhulling)
	gelijkstroomdynamo (generator)		fotocel
	schakelaar (open en gesloten)		diode (zonder resp. met omhulling)
			led
	lichtpunt		p-n-p-transistor (zonder resp. met omhulling)
	signaallamp		n-p-n-transistor (zonder resp. met omhulling)
	ampèremeter		gasontladingslamp
	voltmeter		versterker
	ohmmeter		aardverbinding
	galvanometer		massaverbinding
	weerstand		spanningsbron ($R_i = 0$)
	spanningsdelers		stroombron ($R_i = \infty$)
	spoel (zonder resp. met kern)		driefasig systeem in driehoekschakeling
	transformator		driefasig systeem in sterschakeling
	motor (gelijk- of wisselstroom)		driefasig systeem in zigzagschakeling

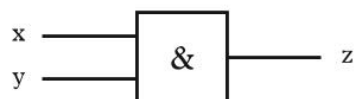
Nederlandse norm

INVERTOR



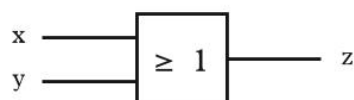
$$z = \neg x$$

EN, AND



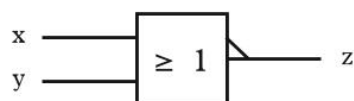
$$z = x \cdot y \text{ of } z = \overline{\overline{x + y}}$$

OF, OR



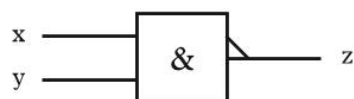
$$z = \overline{\overline{x} \cdot \overline{y}} \text{ of } z = x + y$$

NOF, NOR



$$z = \overline{x + y} \text{ of } z = \overline{\overline{x} \cdot \overline{y}}$$

NEN, NAND



$$z = \overline{x \cdot y} \text{ of } z = \overline{\overline{x} + \overline{y}}$$

Amerikaanse norm

niet- x zowel x als y  x dan wel y  x noch y niet x en y beide

waarheidstabel

x	z
0	1
1	0

x	y	z
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

x	y	z
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

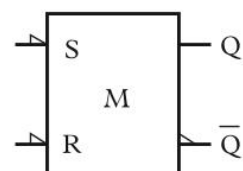
x	y	z
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

x	y	z
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

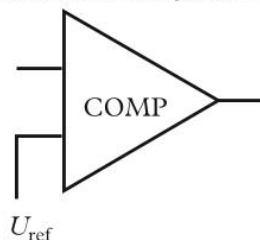
KLOK, CLK



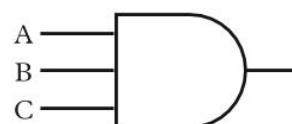
SET-RESET FLIPFLOP



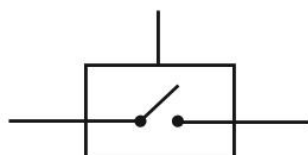
COMPARATOR, BUFFER



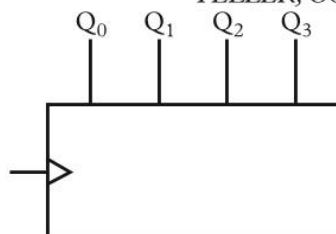
MULTIPLE INPUT AND



CMOS



TELLER, COUNTER

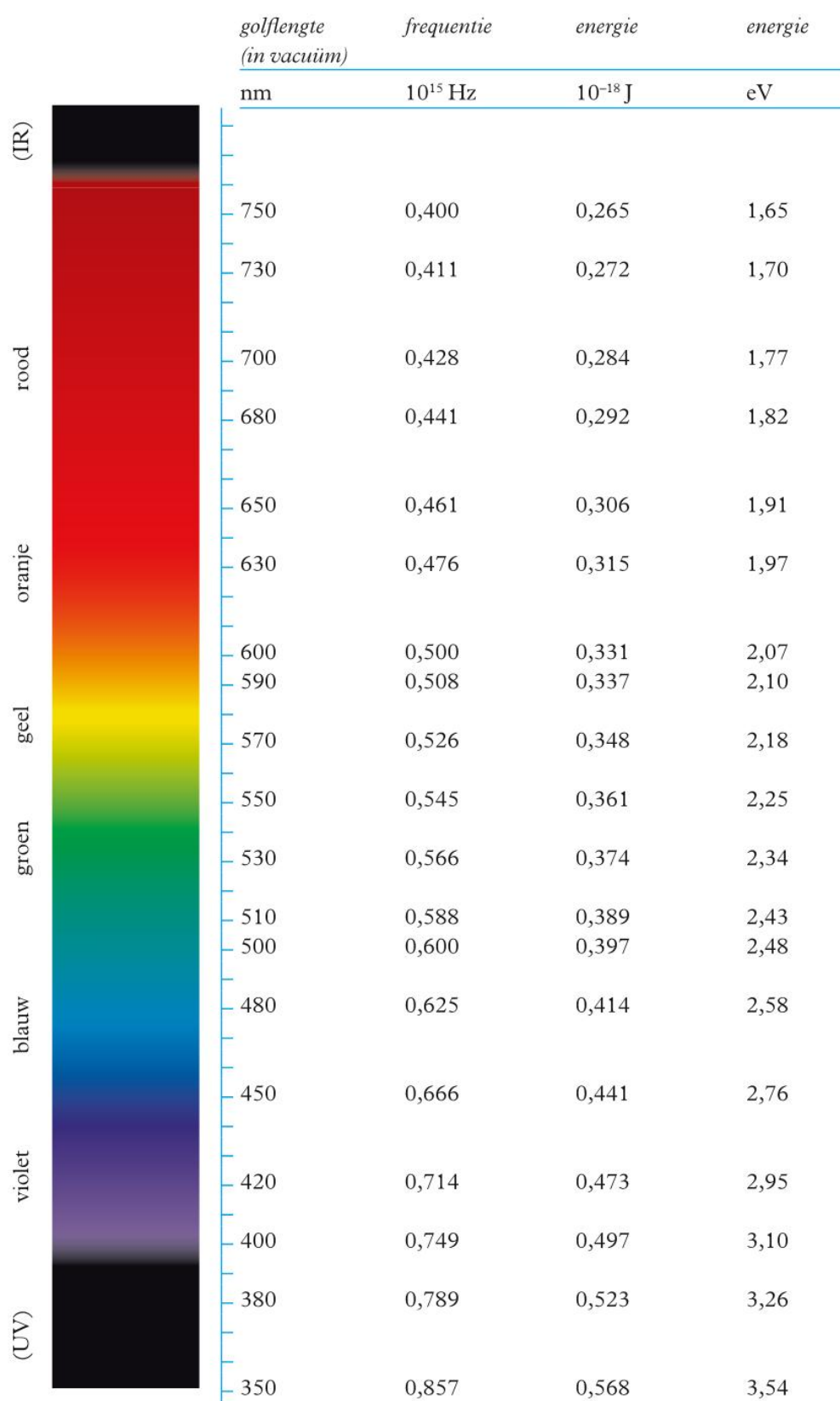


vaste stoffen	golflengte →	brekingsindex t.o.v. lucht				grenshoek in graden	doorlaat- gebied
		687 nm rood	589 nm geel	486 nm blauw	434 nm violet	589 nm geel	in μm
$T = 293 \text{ K}, p = p_0$							
acryl		1,487	1,491	1,497	1,503	42,1	
calciumfluoride (fluoriet)		1,432	1,434	1,437	1,439	44,2	0,125-9
diamant		2,408	2,417	2,435	2,457	24,4	0,25 - 80
glas		1,51	1,51	1,52	1,52	41,5	0,35-2,7
zwaar kroonglas		1,61	1,61	1,62	1,62	38,4	
zeer zwaar flintglas		1,88	1,89	1,92	1,94	31,9	
ijs (273 K)			1,309			49,8	
kalkspaat (gewone straal)		1,65	1,65	1,67	1,68	37,3	0,2-2
(buitengewone straal)		1,48	1,49	1,49	1,49	42,2	0,2-2
kwarts (gewone straal)		1,54	1,54	1,55	1,55	40,5	< 7
(buitengewone straal)		1,55	1,55	1,56	1,56	40,2	
perspex (plexiglas)		1,49	1,49	1,50	1,50	42,2	0,34-2

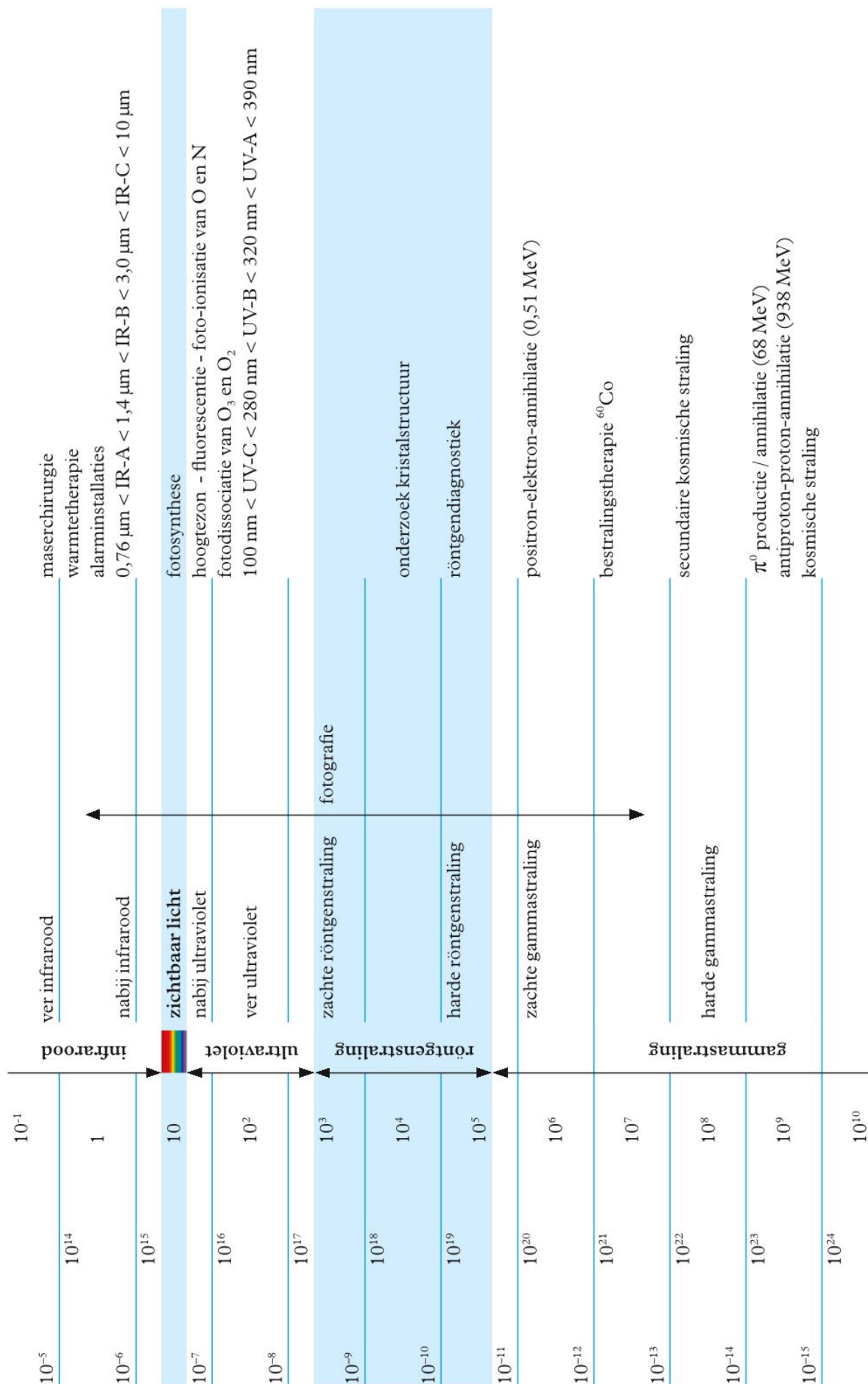
vloeistoffen	golflengte →	brekingsindex t.o.v. lucht				grenshoek in graden
		687 nm rood	589 nm geel	486 nm blauw	434 nm violet	589 nm geel
$T = 293 \text{ K}, p = p_0$						
aceton		1,357	1,359	1,364		47,4
alcohol [ethanol]		1,359	1,362	1,366	1,371	47,2
benzeen		1,494	1,501	1,513	1,520	41,8
cederolie		1,50	1,51			41,5
ether [ethoxyethaan]		1,350	1,353	1,357	1,361	47,4
fosfor in koolstofdisulfide		> 1,95				< 31
glycerol		1,466	1,469	1,475	1,480	42,9
keukenzoutoplossing (1 mol L ⁻¹)			1,38			46,4
koolstofdisulfide		1,615	1,628	1,652	1,677	37,9
tetra [tetrachloormethaan]		1,459	1,460	1,461	1,461	43,2
water		1,330	1,333	1,337	1,341	48,6

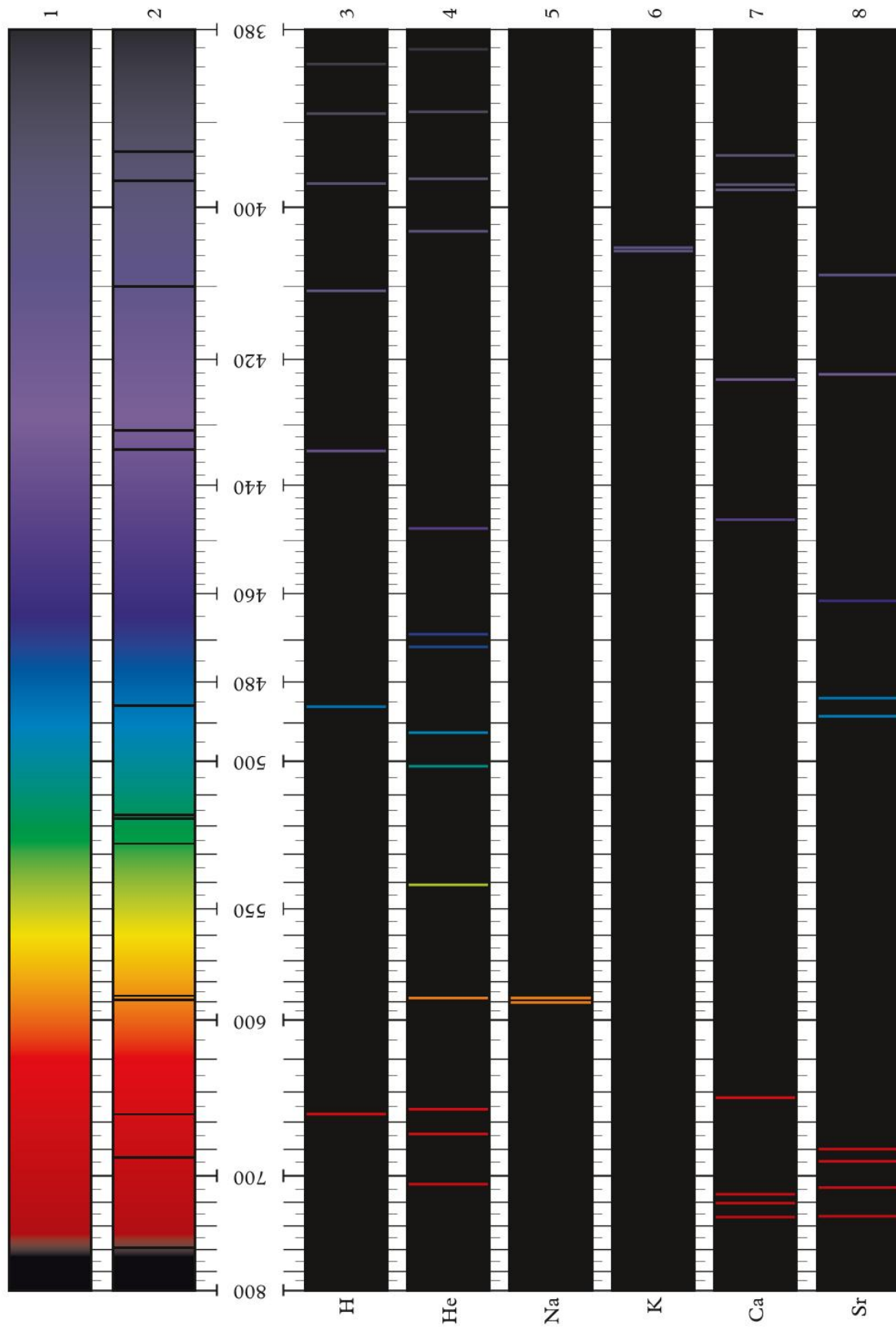
gassen	golflengte →	brekingsindex t.o.v. vacuüm
		589 nm geel
$T = 273 \text{ K}, p = p_0$		
helium		1,000 035
koolstofdioxide		1,000 449
lucht		1,000 292
waterdamp		1,000 256
zuurstof		1,000 271
zwaveldioxide		1,000 69

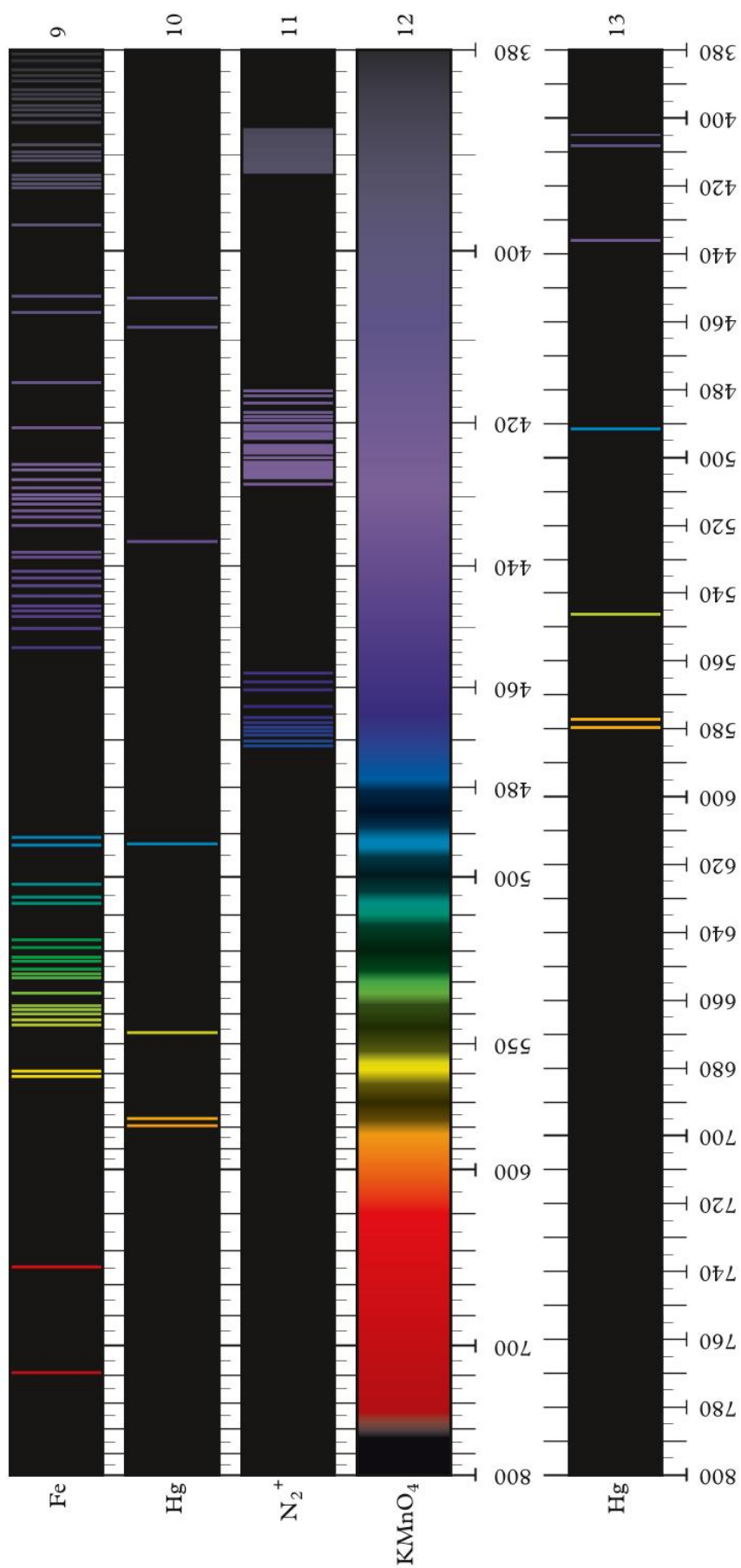
het oog (mens)	golflengte →	brekingsindex t.o.v. lucht
		589 nm geel
$T = 293 \text{ K}, p = p_0$		
glasachtig lichaam		1,337
hoornvlies		1,376
kamervocht		1,336
ooglen		1,41



golf­lengte in vacuüm m	fre­quentie Hz	energie eV	naam	voorkomen en toepassing
10^5	10^3	10^{-11}	ELF extremely low frequency	militaire communicatie met onderzeeboten
10^4	10^4	10^{-10}	VLF very low frequency	telefonie, tijdsignalen, militaire communicatie
10^3	10^5	10^{-9}	lange golf	lange-golf-omroep, visserijband, navigatie en radiobakens, tijdsignalen, inductieve systemen zoals antistofstaloortjes
10^2	10^6	10^{-8}	middengolf	AM-band middengolf-radio, scheepvaart- en luchtvaartverbindingen, radioamateurs
10	10^7	10^{-7}	korte golf	korte-golf-omroep, mobiele verbindingen (bus tram trein wegenwacht taxi portofoon reddingsdiensten politie douane marechaussee), inductieve systemen - KPN - FM luchtvaartband en scheepvaart
1	10^8	10^{-6}	VHF very high frequency	FM-radio, digitale radio DAB, MRI, GSM (900 MHz), veiligheidssysteem C2000, brandweer, meteosatelliet en lagesnelheids-datacommunicatiesat., land- mobiele radio, marifoon, navigatie (ILS), 'Meteor scatter'-verbindingen
10^{-1}	10^9	10^{-5}	ultrakorte golf	radioastronomie (H 1,42; OH 1,61 GHz), GPS (1,2 en 1,5), GSM (1,8), DECT (1,8-1,9), UMTS (1,8-2,1), bluetooth, router en wifi (2,4), magnetron (2,45 GHz), 4G-netwerk (2,6 GHz), digitale TV, satelliet-TV, satellietcommunicatie, ME, amateurs
10^{-2}	10^{10}	10^{-4}	SHF supra high frequency	radar (rond 3 GHz) (scheepvaart, politie), weerradar (rond 5 GHz), radio LAN (5 GHz), winkelbeveiliging, vaste verbindingen, verbinding met satellieten
10^{-3}	10^{11}	10^{-3}	EHF extremely high frequency	vaste verbindingen (38 GHz), satelliet, microwave wireless system (40 GHz), militair gebruik
	10^{12}	10^{-2}	microgolven	bodyscan 'terastraling'
10^{-4}	10^{13}			moleculaire absorptie in de atmosfeer







De golflengten zijn aangegeven in nm.

1 continu spectrum van een gloeiend voorwerp

2 zonnespectrum met fraunhoferlijnen

3-10 emissiespectra van enkele elementen

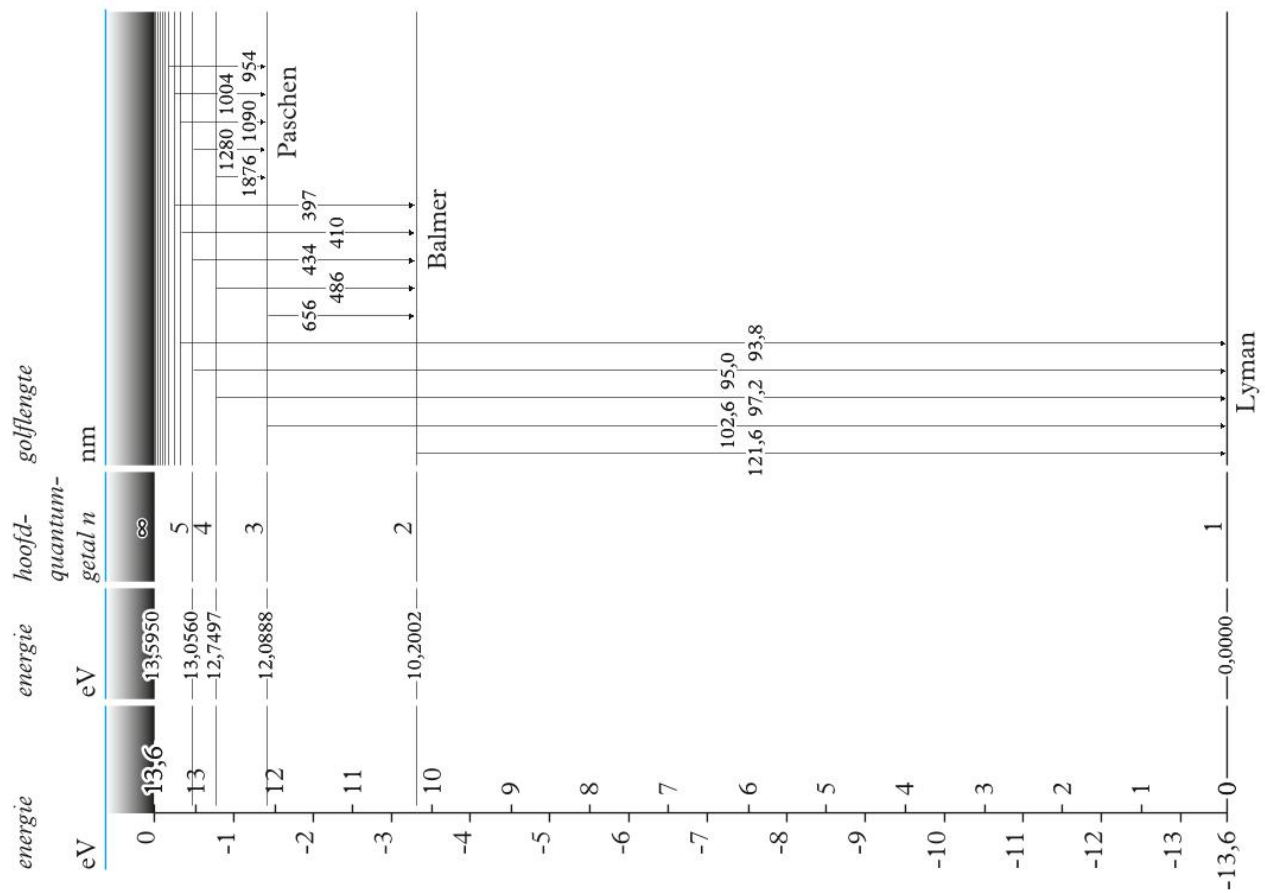
11 emissiebandenspectrum van N_2^+

12 absorptiebandenspectrum van $KMnO_4$

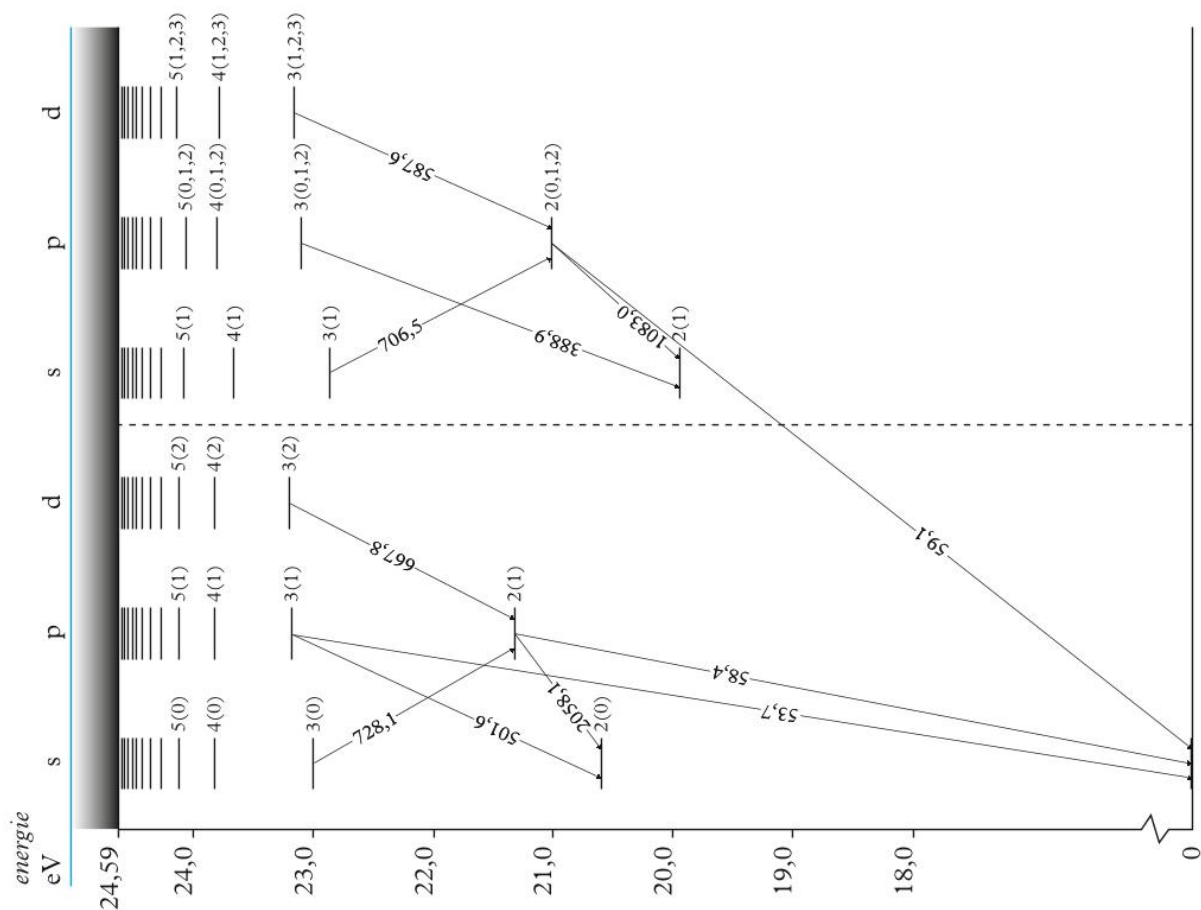
13 traliespectrum van kwikdamp

1-12 spectra ontworpen met behulp van een prisma

13 spectrum ontworpen met behulp van een tralie



De aangegeven golflengten gelden in vacuüm.



De aangegeven golflengten gelden in vacuüm.

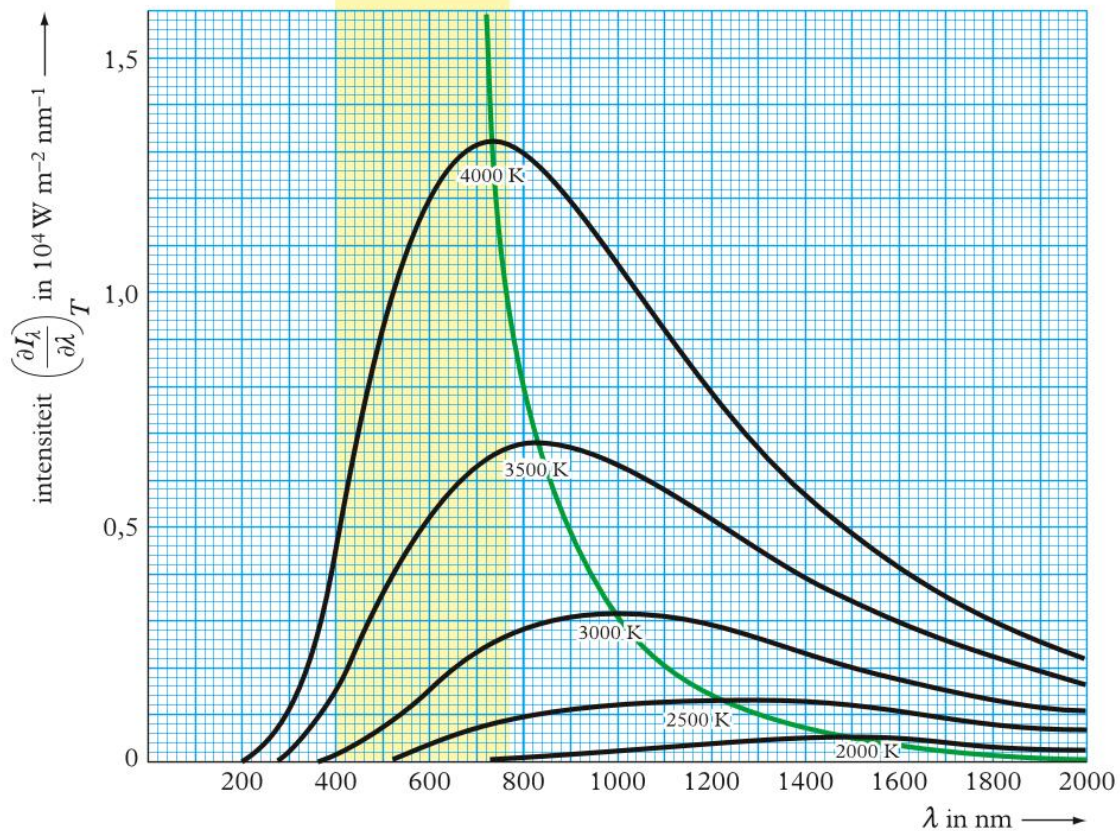
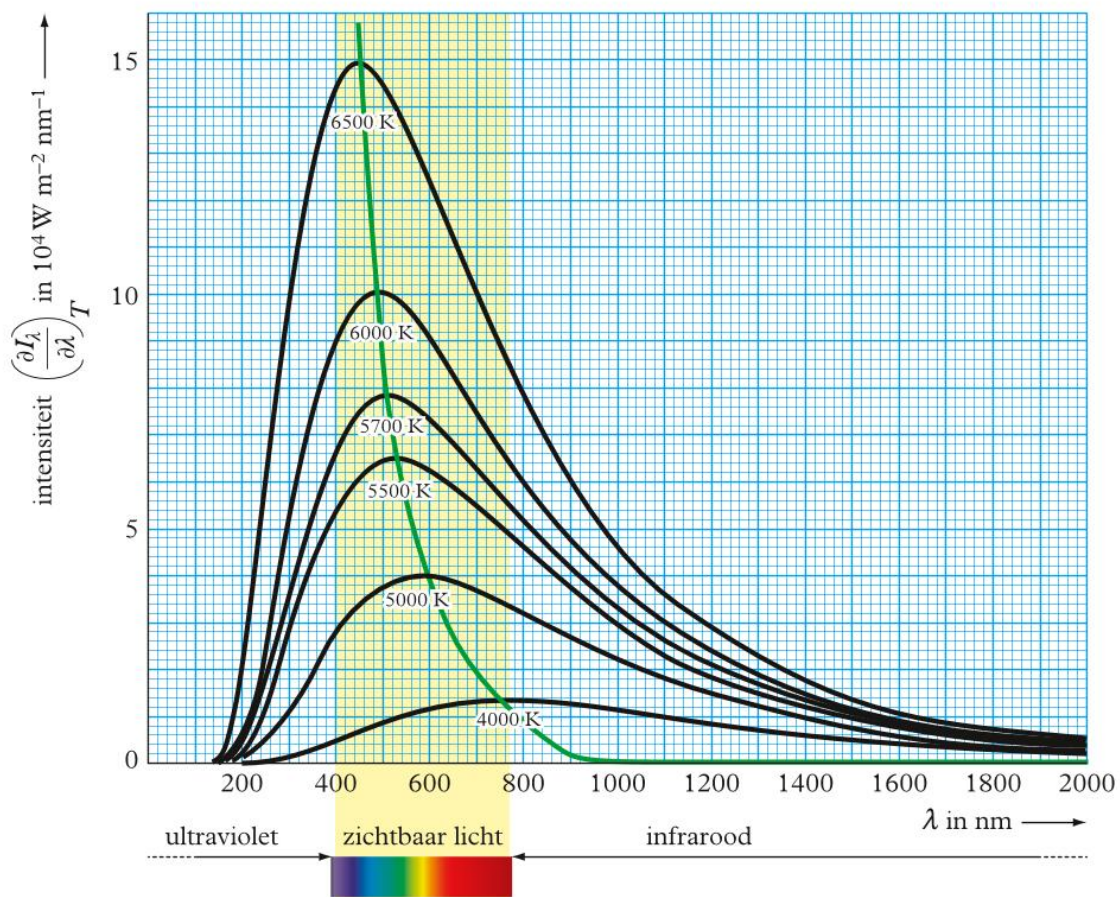
voor elektronen 1, 2, 3 ... in eV

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 H	13,60											
2 He	24,59	54,40										
3 Li	5,39	75,64	122,4									
4 Be	9,32	18,21	153,9	217,7								
5 B	8,30	25,16	37,9	259,3	340							
6 C	11,26	24,38	47,9	64,5	392	490						
7 N	14,53	29,60	47,4	77,5	98	552	667					
8 O	13,62	35,12	54,9	77,4	114	138	739	871				
9 F	17,42	34,98	62,7	87,2	114	157	185	936	1102			
10 Ne	21,57	40,96	63,5	97,2	126	158	207	239	1195	1360		
11 Na	5,14	47,29	71,8	98,9	139	172	208	264	300	1465	1646	
12 Mg	7,65	15,04	78,2	109,3	141	187	225	266	328	367	1761	1959
13 Al	5,99	18,83	28,4	120,0	154	190	242	285	330	399	442	2071
14 Si	8,15	16,35	33,5	45,1	167	205	246	304	352	401	476	523
15 P	10,49	19,72	30,2	51,4	65	220	263	309	373	425	476	560
16 S	10,36	23,40	34,8	47,3	73	88	281	328	379	449	506	567
17 Cl	12,97	23,80	39,9	53,3	68	97	114	349	400	455	531	593
18 Ar	15,76	27,62	40,9	59,8	75	91	124	143	423	479	539	620
19 K	4,34	31,81	45,9	61,1	83	99	118	154	176	504	563	629
20 Ca	6,11	11,87	51,2	67,3	84	109	128	143	188	211	592	657
36 Kr	14,00	24,56	36,9	52,5	65	79	111	126	234	300 ¹		
37 Rb	4,18	27,50	40	52,6	71	84	99	136	150	277		
38 Sr	5,70	11,03	43,6	57,1	72	91	106	122	162	177	324	
54 Xe	12,13	21,21	32,1	45 ¹	57 ¹	89	102	126	218	238 ¹		
55 Cs	3,89	25,10	34,6	46 ¹	62 ¹	74 ¹	108	122	150	256		
56 Ba	5,21	10,00	37	49 ¹	62 ¹	80 ¹	93 ¹	127	144	158		
80 Hg	10,44	18,76	34,2	46 ¹	61 ¹	77 ¹	94 ¹	120 ¹	139 ¹	159 ¹		
86 Rn	10,75	21,4	29,4	44 ¹	55 ¹	67 ¹	97 ¹	111 ¹	166 ¹	190 ¹		

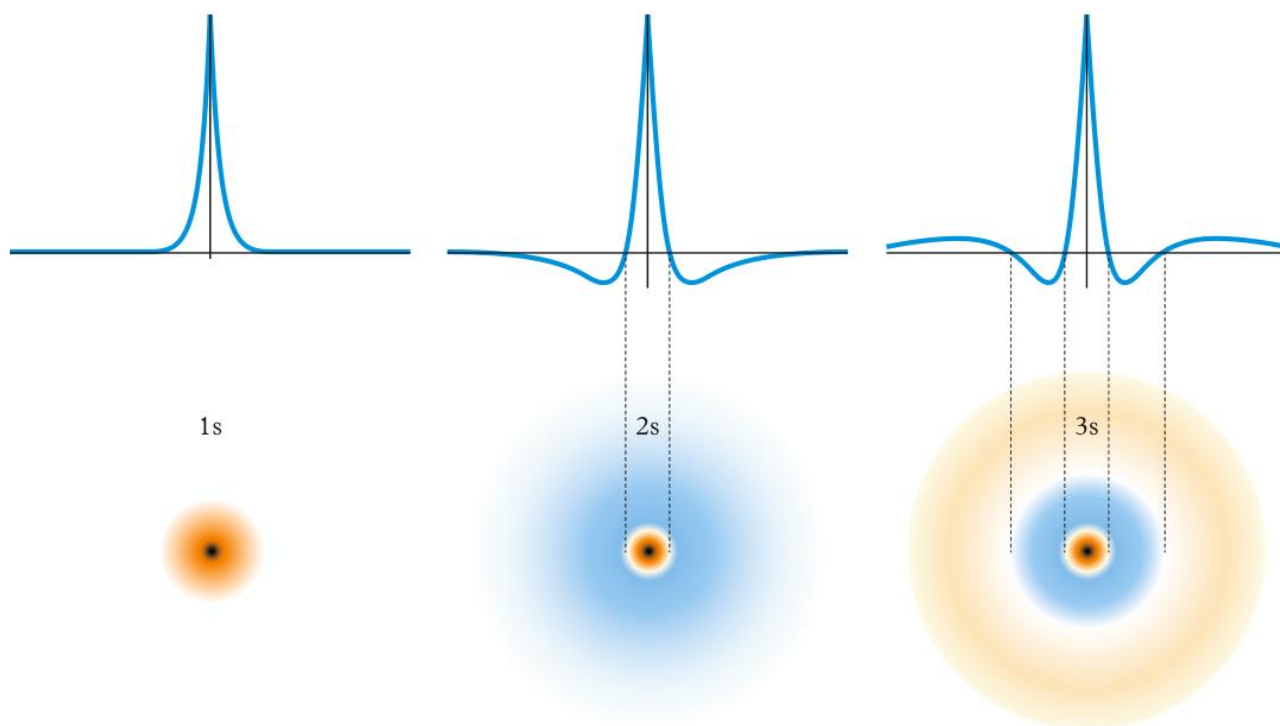
1 ► berekende waarden

plasma	elektronen- dichtheid	elektronen- temperatuur	toepassing
	m ⁻³	eV	
zon (inwendig)	5 · 10 ³¹	1,5 · 10 ³	
zon (oppervlak)	10 ²¹	0,6	
tokamak	10 ²⁰	10 ⁴	energie-onderzoek
hogedruk-lamp	10 ²²	0,6	stadionverlichting
lasboog	10 ²³	1	lassen
lagedruk-lamp	3 · 10 ¹⁷	1 - 3	TL, spaarlamp
He-Ne-laser	10 ¹⁷	3	practicum, bouwmeten, landmeten
gasvlam	10 ¹⁷	0,1	eten koken

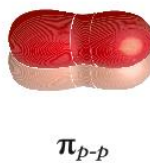
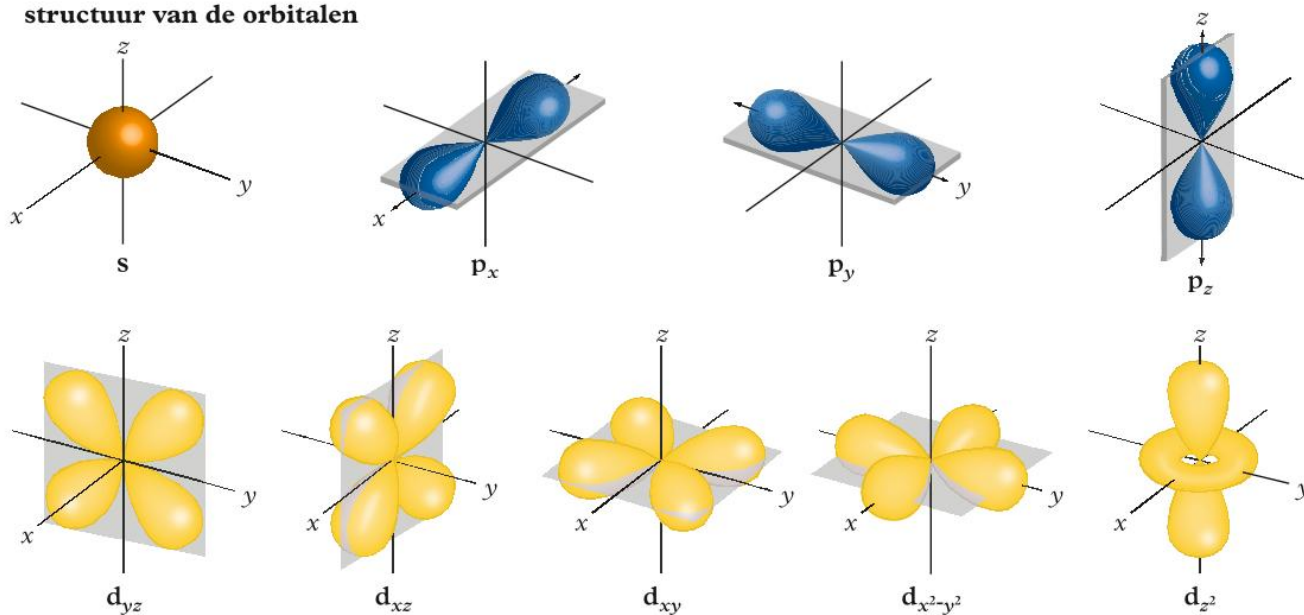
voor zwarte stralers



bolsymmetrische golffuncties met bijbehorende waarschijnlijkheidsverdeling



structuur van de orbitalen



■ covalente σ -, π -bindingen door overlapping van orbitalen

opvulling van de orbitalen volgens de pijlen van boven naar beneden

schil	maximaal aantal elektronen			
	s^2	p^6	d^{10}	f^{14}
1 K	1s			
2 L	2s	2p		
3 M	3s	3p	3d	
4 N	4s	4p	4d	4f
5 O	5s	5p	5d	5f
6 P	6s	6p	6d	
7 Q	7s	7p		

Voorbeelden: ${}_{28}\text{Ni}$: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^8$

${}_{55}\text{Cs}$: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^{10}, 4p^6, 5s^2, 4d^{10}, 5p^6, 6s^1$

■ Zie ook tabel 99.

	uittree-energie	grensfrequentie	grensgolflengte		uittree-energie	grensfrequentie	grensgolflengte
	eV	10^{15} Hz	nm		eV	10^{15} Hz	nm
Ag	4,70	1,14	264	Hg	4,53	1,09	273
Al	4,20	1,02	295	K	2,25	0,54	551
Au	4,71	1,14	263	Li	2,46	0,59	504
B	4,60	1,11	270	Mg	3,70	0,89	335
Ba	2,52	0,61	492	Mn	3,95	0,95	314
Be	3,92	0,95	316	Na	2,28	0,55	544
C	4,36	1,05	284	Ni	4,91	1,19	253
Ca	3,20	0,77	387	Pb	4,04	0,98	307
Cd	4,04	0,98	307	Rb	2,13	0,51	582
Ce	2,88	0,70	431	Sb	4,56	1,10	272
Co	4,25	1,03	292	Sc	4,87	1,18	255
Cs	1,94	0,47	639	Si	3,59	0,87	345
Cu	4,48	1,08	277	Sr	2,74	0,66	452
Fe	4,63	1,12	268	Th	3,47	0,84	357
Ga	4,16	1,01	298	Ti	4,65	1,12	267
Ge	4,62	1,12	268	Zn	4,27	1,03	290

atoom- nummer	symbool	massagetal	atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje ¹
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
0	n	1	1,008 665		10,2 min	β^- en p^+
1	H	1	1,007 825	99,985	$> 7 \cdot 10^{30}$ y	
		2	2,014 102	0,015	—	—
		3	3,016 049		12,3 y	β^- 0,018
2	He	3	3,016 029	0,00014	—	—
		4	4,002 603	100	—	—
		6	6,018 889		0,807 s	β^- 3,5
3	Li	6	6,015 122	7,59	—	—
		7	7,016 004	92,41	—	—
		8	8,022 486		0,838 s	β^- 12,0
4	Be	7	7,016 929		54 d	γ , K-vangst ²
		8	8,005 305		10^{-16} s	2α
		9	9,012 182	100	—	—
		10	10,013 534		$1,5 \cdot 10^6$ y	β^- 0,555
5	B	8	8,024 607		0,770 s	β^+ 14
		10	10,012 937	19,9	—	—
		11	11,009 305	80,1	—	—
		12	12,014 352		0,020 s	β^- 13,4, γ
6	C	10	10,016 853		19,2 s	β^+ 2,2
		11	11,011 433		20,4 min	β^+ 0,95, K-vangst
		12	12,000 000 ³	98,93	—	—
		13	13,003 354	1,07	—	—
		14	14,003 242		5730 y	β^- 0,156
7	N	12	12,018 61		0,0110 s	β^+ 16,6
		13	13,005 74		9,97 min	β^+ 0,92
		14	14,003 07	99,63	—	—
		15	15,000 11	0,37	—	—
		16	16,006 10		7,13 s	β^- 10,0, γ
8	O	15	15,003 07		122 s	β^+ 1,7
		16	15,994 91	99,76	—	—
		17	16,999 13	0,038	—	—
		18	17,999 16	0,20	—	—
		19	19,003 58		26,9 s	β^- 3,0, γ
9	F	19	18,998 40	100	—	—
10	Ne	20	19,992 44	90,48	—	—
		21	20,993 84	0,27	—	—
		22	21,991 38	9,25	—	—
		24	23,993 61		3,38 min	β^- 1,4, γ
11	Na	22	21,994 44		2,6 y	β^+ 1,8, γ
		23	22,989 77	100	—	—
		24	23,990 96		14,96 h	β^- 1,39, γ
12	Mg	22	21,999 57		3,9 s	β^+ 4,8, K-vangst
		24	23,985 04	78,99	—	—
		25	24,985 84	10,00	—	—
		26	25,982 59	11,01	—	—
		28	27,983 88		20,9 h	β^- 0,460
13	Al	26	25,986 89		$7,17 \cdot 10^7$ y	β^+ 2,99
		27	26,981 54	100	—	—
		28	27,981 91		2,4 min	β^- 3,0, γ
14	Si	28	27,976 93	92,23	—	—
		29	28,976 49	4,68	—	—

atoom- nummer	symbool	massagetal	atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje ¹
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
14 (vervolg)	Si	30	29,97377	3,09	—	—
		31	30,97536		2,6 h	β^- 1,48
		32	31,97415		150 y	β^- 0,21
15	P	30	29,97831		2,50 min	β^+ 3,5
		31	30,97376	100	—	—
		32	31,97362		14,3 d	β^- 1,72
		33	32,97173		25,3 d	β^- 0,26
16	S	32	31,97207	94,93	—	—
		33	32,97146	0,76	—	—
		34	33,96787	4,29	—	—
		35	34,96903		87,3 d	β^- 0,167
		36	35,96708	0,02	—	—
		38	37,97116		2,84 h	β^- 1,10
		39	38,96801		55,5 min	β^- 2,5
17	Cl	34	33,97375		1,53 s	β^+ 4,5, γ
		35	34,96885	75,78	—	—
		36	35,96831		$3,01 \cdot 10^5$ y	β^- 0,66, β^+ , K-vangst
		37	36,96590	24,22	—	—
		38	37,96801		37,2 min	β^- 4,81, γ
		39	38,96801		55,5 min	β^- 2,5
18	Ar	36	35,96755	0,34	—	—
		37	36,96678		35,0 d	K-vangst
		38	37,96273	0,06	—	—
		39	38,96431		269 y	β^- 0,565
		40	39,96238	99,6	—	—
19	K	39	38,96371	93,26	—	—
		40	39,96400	0,01	$1,28 \cdot 10^9$ y	β^- 1,33, K-vangst, γ
		41	40,96183	6,73	—	—
		42	41,96240		12,4 h	β^- 3,55, γ
20	Ca	40	39,96259	96,9	—	—
		41	40,96228		$1,1 \cdot 10^5$ y	K-vangst
		42	41,95862	0,65	—	—
		43	42,95877	0,14	—	—
		44	43,95549	2,1	—	—
		45	44,95619		163 d	β^- 0,256
		46	45,95369	0,004	—	—
		47	46,95455		4,54 d	β^- 1,4, γ
		48	47,95253	0,187	—	—
21	Sc	41	40,96925		0,60 s	β^+ 4,94
22	Ti	44	43,95969		0,67 y	K-vangst
23	V	50	49,94716	0,25	$1 \cdot 10^{17}$ y	β^- , γ
		51	50,94396	99,75	—	—
24	Cr	51	50,94477		27,7 d	γ , K-vangst
		52	51,94051	83,8	—	—
		53	52,94065	9,5	—	—
25	Mn	54	53,94036		312 d	K-vangst, γ
		55	54,93805	100	—	—
26	Fe	54	53,93961	5,85	—	—
		55	54,93830		2,7 y	K-vangst
		56	55,93494	91,75	—	—
		57	56,93540	2,12	—	—
		58	57,93328	0,28	—	—
		59	58,93488		45 d	β^- 1,56, γ

atoom- nummer	symbool	massagetal	atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje ¹
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
27	Co	56	55,93984		77 d	β^+ 1,5, γ , K-vangst
		57	56,93630		272 d	K-vangst, γ
		58	57,93576		70,9 d	β^+ 0,58, γ , K-vangst
		59	58,93320	100	—	—
		60	59,93382		5,27 y	β^- 0,315 (0,12% 1,48), γ
28	Ni	58	57,93535	68,1	—	—
		60	59,93079	26,2	—	—
		61	60,93106	1,1	—	—
		62	61,92835	3,6	—	—
		63	62,92967		100 y	β^- 0,062
		64	63,92797	0,9	—	—
		65	64,93009		2,5 h	β^- 2,10, γ
		66	65,93009		—	—
29	Cu	63	62,92960	69,17	—	—
		64	63,92977		12,7 h	β^- 0,573, β^+ , K-vangst
		65	64,92779	30,83	—	—
30	Zn	64	63,92915	48,6	—	—
		65	64,92925		244 d	β^+ 0,33, K-vangst, γ
		66	65,92603	27,9	—	—
		67	66,92713	4,1	—	—
		68	67,92485	18,8	—	—
		69	68,92655		56 min	β^- 0,90
		70	69,92533	0,6	—	—
31	Ga	67	66,92821		3,26 d	K-vangst, γ
		69	68,92558	60,1	—	—
		71	70,92470	39,9	—	—
		72	71,92637		14,1 h	β^- 3,16
32	Ge	74	73,92118	35,94	—	—
33	As	74	73,92383		18 d	β^- 1,4, β^+ 0,94, γ
		75	74,92159	100	—	—
		76	75,92239		1,08 d	β^- 2,97
		77	76,92065		40 h	β^- 0,68
34	Se	80	79,91652	49,6	—	—
35	Br	79	78,91834	50,7	—	—
		80	79,91853		17,7 min	β^- 2,0, β^+
		81	80,91629	49,3	—	—
		82	81,91681		35,3 h	β^- 0,465, γ
		87	86,92034		55 s	β^- 8,0, γ
		88	87,91634		—	—
36	Kr	80	79,91638	2,25	—	—
		81	80,91659		$2,3 \cdot 10^5$ y	K-vangst
		81m ⁴	80,91681		13 s	γ
		82	81,91348	11,6	—	—
		83	82,91414	11,5	—	—
		84	83,91151	57,0	—	—
		85	84,91253		10,7 y	β^- 0,85, γ
		86	85,91062	17,3	—	—
		87	86,91336		76,3 min	β^- 3,8, γ
		89	88,91676		3,2 min	β^- 4,0
37	Rb	81	80,91900		4,6 h	β^- 1,05, K-vangst, γ
		85	84,91179	72,2	—	—
		86	85,91117		18,6 d	β^- 1,77, γ
		87	86,90919	27,8	$4,8 \cdot 10^{10}$ y	β^- 0,274

atoom- nummer	symbol	massagetal	atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje ¹
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
38	Sr	87	86,908 88	7,0	–	–
		88	87,905 62	82,6	–	–
		89	88,907 46		51 d	β^- 1,5, γ
		90	89,907 74		28 y	β^- 0,6
		94	93,915 23		1,3 min	β^- 2,1, γ
39	Y	88	87,909 51		107 d	β^+ 0,83, γ
		89	88,905 86	100	–	–
		90	89,905 85		64 h	β^- 2,3, γ
40	Zr	90	89,904 70	51,5	–	–
41	Nb	93	92,906 38	100	–	–
42	Mo	99	98,907 71		65,9 h	β^- 1,23, γ
43	Tc	99	98,906 25		$2,1 \cdot 10^5$ y	β^- 0,32
		99m ²	98,906 40		6,0 h	γ
44	Ru	102	101,904 34	31,6	–	–
		103	102,906 32		40 d	β^- 6,84, γ
		104	103,905 42	18,6	–	–
45	Rh	103	102,905 50	100	–	–
46	Pd	107	106,905 13		–	–
47	Ag	107	106,905 09	51,8	–	–
		108	107,905 95		2,37 min	β^- 1,49, γ
		109	108,904 76	48,2	–	–
		110	109,906 11		25 s	β^- 2,8
48	Cd	108	107,904 18	0,9	–	–
		109	108,904 95		463 d	K-vangst, γ
		110	109,903 01	12,5	–	–
49	In	111	110,905 11		2,8 d	K-vangst, γ
		113	112,904 06	4,3	–	–
		114	113,904 92		72 s	β^- 2,0, K-vangst
		115	114,903 88	95,7	$4,4 \cdot 10^{14}$ y	γ
		116	115,905 23		13 s	β^- 2,8
50	Sn	113	112,905 17		115 d	K-vangst, γ
		115	114,903 35	0,34	–	–
		116	115,901 75	14,53	–	–
		120	119,902 20	32,58	–	–
		121	120,904 23		27,1 h	β^- 0,4
51	Sb	121	120,903 82	57,2	–	–
		122	121,905 18		2,72 d	β^- , β^+ 1,98, γ
		123	122,904 22	42,8	–	–
52	Te	128	127,904 46	31,7	–	–
53	I	123	122,905 61		13,2 h	K-vangst, γ
		125	124,904 62		59 d	K-vangst, γ
		127	126,904 47	100	–	–
		128	127,905 87		25,0 min	β^- 2,02 γ
		131	130,906 12		8,0 d	β^- 0,60, γ
54	Xe	128	127,903 53	1,92	–	–
		132	131,904 14	26,9	–	–
		133	132,905 91		5,2 d	β^- 0,35, γ
		140	139,921 44		16 s	β^- , γ
55	Cs	133	132,905 43	100	–	–
		137	136,907 09		30 y	β^- 1,17, γ
56	Ba	133	132,906 00		10,8 y	K-vangst, γ

atoom- nummer	symbool	massagetal	atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje ¹
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
56 (vervolg)	Ba	137	136,905 81	11,2	–	–
		137m ^{▶4}	136,906 52		2,6 min	γ
		138	137,905 23	71,7	–	–
		140	139,910 60		12,8 d	β [–] 1,02, γ
		144	143,922 67		11,9 s	β [–]
57	La	138	137,907 11	0,09	1,1 · 10 ¹¹ y	β [–] 0,21, K-vangst
		140	139,909 47		1,7 d	β [–] 1,35, γ
58	Ce	139	138,906 65		138 d	K-vangst, γ
		140	139,905 43	88,5	–	–
		141	140,908 22		32 d	β [–] 0,56, γ
		142	141,909 25	11,1	5 · 10 ¹⁶ y	–
59	Pr	141	140,907 65	100	–	–
60	Nd	142	141,907 72	27,2	–	–
61	Pm	145	144,912 74		17,7 y	α, K-vangst
62	Sm	147	146,914 91	15,0	17,7 y	α 2,1, β [–] 0,210, γ
63	Eu	152	151,921 74		13,5 y	β [–] , K-vangst
64	Gd	158	157,924 02	24,8	–	–
65	Tb	158	157,925 41		180 y	β [–] , K-vangst
66	Dy	154	153,924 42		3 · 10 ⁶ y	α
67	Ho	163	162,928 73		4570 y	K-vangst
68	Er	169	168,934 59		9,40 d	β [–]
69	Tm	171	170,936 43		1,92 y	β [–]
70	Yb	169	168,935 19		32,03 d	K-vangst
71	Lu	176	175,942 68	2,6	2,2 · 10 ¹⁰ y	β [–] 0,430, γ
72	Hf	180	179,946 55	35,1	–	–
		181	180,949 10		43 d	β [–] 0,41, γ
73	Ta	181	180,947 99	99,99	–	–
		182	181,950 15		115 d	β [–] 0,53, γ
74	W	184	183,950 93	30,7	–	–
		185	184,953 42		74 d	β [–] 0,43, γ
		186	185,954 36	28,6	–	–
75	Re	183	182,950 82		70 d	K-vangst
76	Os	194	193,965 18		6,0 y	β [–]
77	Ir	191	190,960 58	37,3	–	–
		192	191,962 60		74 d	β [–] , β ⁺ , γ
		193	192,962 92	62,7	–	–
78	Pt	195	194,964 77	33,8	–	–
79	Au	192	191,964 62		4,0 h	β [–] 1,9, K-vangst, γ
		197	196,966 54	100	–	–
80	Hg	202	201,970 62	29,9	–	–
		203	202,972 88		46,5 d	β [–] 0,208, γ
		204	203,973 47	6,9	–	–
		205	204,976 21		5,5 min	β [–] 1,75
81	Tl	203	202,972 32	29,5	–	–
		204	203,973 85		2,7 y	β [–] 0,76, K-vangst
		205	204,974 40	70,5	–	–
		206	205,976 10		4,2 min	β [–] 1,8
		207	206,977 45		4,76 min	β [–] 1,47, γ
		208	207,982 01		3,1 min	β [–] 1,82, γ
		209	208,985 30		2,2 min	β [–] 1,8
		210	209,990 05		1,32 min	β [–] 1,80

atoom- nummer	symbool	massagetal	atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje ¹
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
82	Pb	204	203,973 02	1,4	$1,4 \cdot 10^{17}$ y	γ
		206	205,974 44	24,1	—	—
		207	206,975 87	22,1	—	—
		208	207,976 63	52,4	—	—
		209	208,981 08		3,3 h	β^- 0,72
		210	209,984 17		22,6 y	β^- 0,025, γ
		211	210,988 73		36,1 min	β^- 0,5, γ
		212	211,991 87		10,6 h	β^- 0,59, γ
		214	213,999 77		26,8 min	β^- 0,65, γ
83	Bi	207	206,978 46		35 y	K-vangst, γ
		209	208,980 37	100	—	—
		210	209,984 11		5,0 d	α 5,0, β^- , γ
		211	210,987 30		2,16 min	α 6,62, β^- , γ
		212	211,991 27		60,6 min	α 6,09, β^- , γ
		213	212,994 32		46,5 min	β^- 1,2, α
		214	213,998 69		19,7 min	β^- 3,3, α 5,50
84	Po	209	208,982 40		102 y	α 4,09
		210	209,982 86		138 d	α 5,4, γ
		211	210,986 66		0,5 s	α 7,434
		212	211,988 87		$3 \cdot 10^{-7}$ s	α 8,776
		213	212,992 83		$3,2 \cdot 10^{-6}$ s	α 8,3
		214	213,995 19		$1,6 \cdot 10^{-4}$ s	α 7,68
		215	214,999 42		$1,83 \cdot 10^{-3}$ s	α 7,365
		216	216,001 90		0,158 s	α 6,774, β^-
		218	218,008 93		3,05 min	α 5,998, β^-
85	At	215	214,998 66		10^{-4} s	α 8,04
		216	216,002 41		$3 \cdot 10^{-4}$ s	α 7,64
		217	217,004 65		$2 \cdot 10^{-3}$ s	α 7,0
		218	218,008 61		2 s	α 6,63
86	Rn	218	218,005 59		$1,9 \cdot 10^{-3}$ s	α 7,1
		219	219,009 48		3,92 s	α 6,824
		220	220,011 38		55,6 s	α 6,4
		222	222,017 57		3,825 d	α 5,486
87	Fr	221	221,014 25		4,8 min	α 6,3
		223	223,019 73		21 min	β^- 1,2, γ
		224	224,023 23		3,0 min	β^- 2,8, γ
88	Ra	223	223,018 50		11,2 d	α 5,719, γ
		224	224,020 20		3,64 d	α 5,7
		226	226,025 40		$1,60 \cdot 10^3$ y	α 4,79, γ
		228	228,031 06		5,75 y	β^- 0,046
89	Ac	225	225,023 22		10,0 d	α 5,8
		227	227,027 75		27,7 y	β^- 0,04, γ , α 4,94
		228	228,031 10		6,13 h	β^- , γ , α 4,54
90	Th	227	227,027 70		18,7 d	α 6,05, γ
		228	228,028 73		1,9 y	α 5,42, γ
		229	229,031 75		7900 y	α 5,02
		230	230,033 13		$7,5 \cdot 10^4$ y	α 4,68, γ
		231	231,036 30		1,06 d	β^- 0,302, γ
		232 ⁵	232,038 05	100	$1,4 \cdot 10^{10}$ y	α 3,98, γ
		233	233,041 58		22,2 min	β^- 1,23
		234	234,043 60		24,1 d	β^- 0,192, γ

atoom-nummer	symbool	massagetal	atoommassa	voorkomen (in de natuur)	halveringstijd	verval en energie van het deeltje ¹
			u	%	s/min/h/d/y	MeV
91	Pa	231	231,03588		$3,25 \cdot 10^4$ y	α 4,66
		233	233,04024		27,0 d	β^- 0,53
		234	234,04330		6,69 h	β^- 2,2
92	U	233	233,03963		$1,6 \cdot 10^5$ y	α 4,83, β^- , K-vangst, γ
		234	234,04095	0,006	$2,5 \cdot 10^5$ y	α 4,76
		235 ²	235,04392	0,72	$7,04 \cdot 10^8$ y	α 4,52
		236	236,04556		$2,34 \cdot 10^7$ y	α 4,49, γ
		238 ³	238,05078	99,274	$4,46 \cdot 10^9$ y	α 4,18, γ
93	Np	237	237,04817		$2,14 \cdot 10^6$ y	α 4,77, γ
		239	239,05293		2,4 d	β^- 0,57, γ
94	Pu	239	239,05216		$2,4 \cdot 10^4$ y	α 5,2, γ
		240	240,05381		$6,5 \cdot 10^4$ y	α 5,1
		241 ⁴	241,05684		14 y	α 4,91, β^-
		244	244,06420		$8,2 \cdot 10^7$ y	α 4,7
95	Am	241	241,05682		432 y	α 5,6, γ
		243	243,06138		$7,4 \cdot 10^3$ y	α 5,4, γ
96	Cm	245	245,0655		$8,5 \cdot 10^3$ y	α 5,6, γ
		247	247,0704		$1,6 \cdot 10^7$ y	α 5,4, γ
97	Bk	247	247,0703		1400 y	α
98	Cf	251	251,0796		898 y	α
99	Es	252	252,0829		1,29 y	α , β^- , K-vangst,
100	Fm	249	249,0789		3 min	α 7,5, K-vangst
		257	257,0951		100 d	α 6,5, γ
101	Md	255	255,0911		27 min	α 7,30, K-vangst
		257	257,0955		5,5 h	K-vangst, α 7,2
102	No	259	259,1009		58 min	α , K-vangst
103	Lr	257	257,0996		0,7 s	α 8,6, K-vangst
104	Rf	259	259,1055		3 s	α 9,2
		260	260,1063		$20 \cdot 10^{-3}$ s	splijting
105	Db	260	260,1114		1,5 s	α 9,1
		262	262,1138		34 s	α 8,5, splijting
106	Sg	259	259,1147		0,5 s	α 9,6, splijting
		263	263,1182		0,8 s	α 9,1, splijting
107	Bh	261	261,1218		$12 \cdot 10^{-3}$ s	α 10,4, splijting
108	Hs	267	267,1318		$60 \cdot 10^{-3}$ s	α 9,8
109	Mt	268	268,1388		0,07 s	α 10
110	Ds	271	271,1461		0,06 s	α
111	Rg	272	272,1536		$1,5 \cdot 10^{-3}$ s	α
112	Cn	277	277,1640		$0,24 \cdot 10^{-3}$ s	α

■ Blauwe achtergrond betekent: van dit element zijn niet alle in de natuur voorkomende isotopen in de tabel opgenomen.

1 ► De opgegeven energie bij het β^- of β^+ -verval is de maximale energie.

2 ► K-vangst heet in de Engelstalige literatuur EC, Electron Capture.

Het elektron dat wordt ingevangen is meestal uit de K-schil afkomstig.

3 ► per definitie

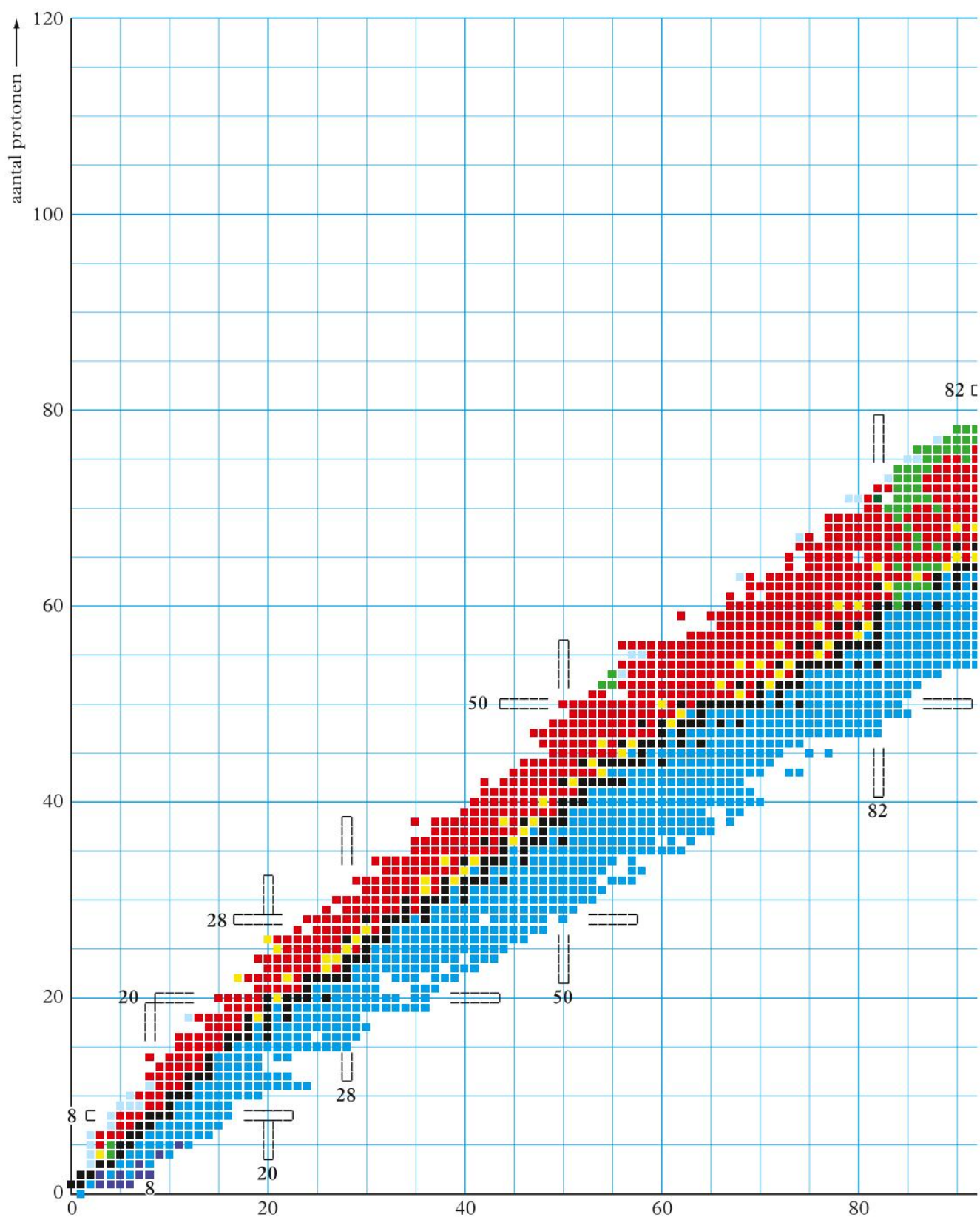
4 ► m betekent: isomeer

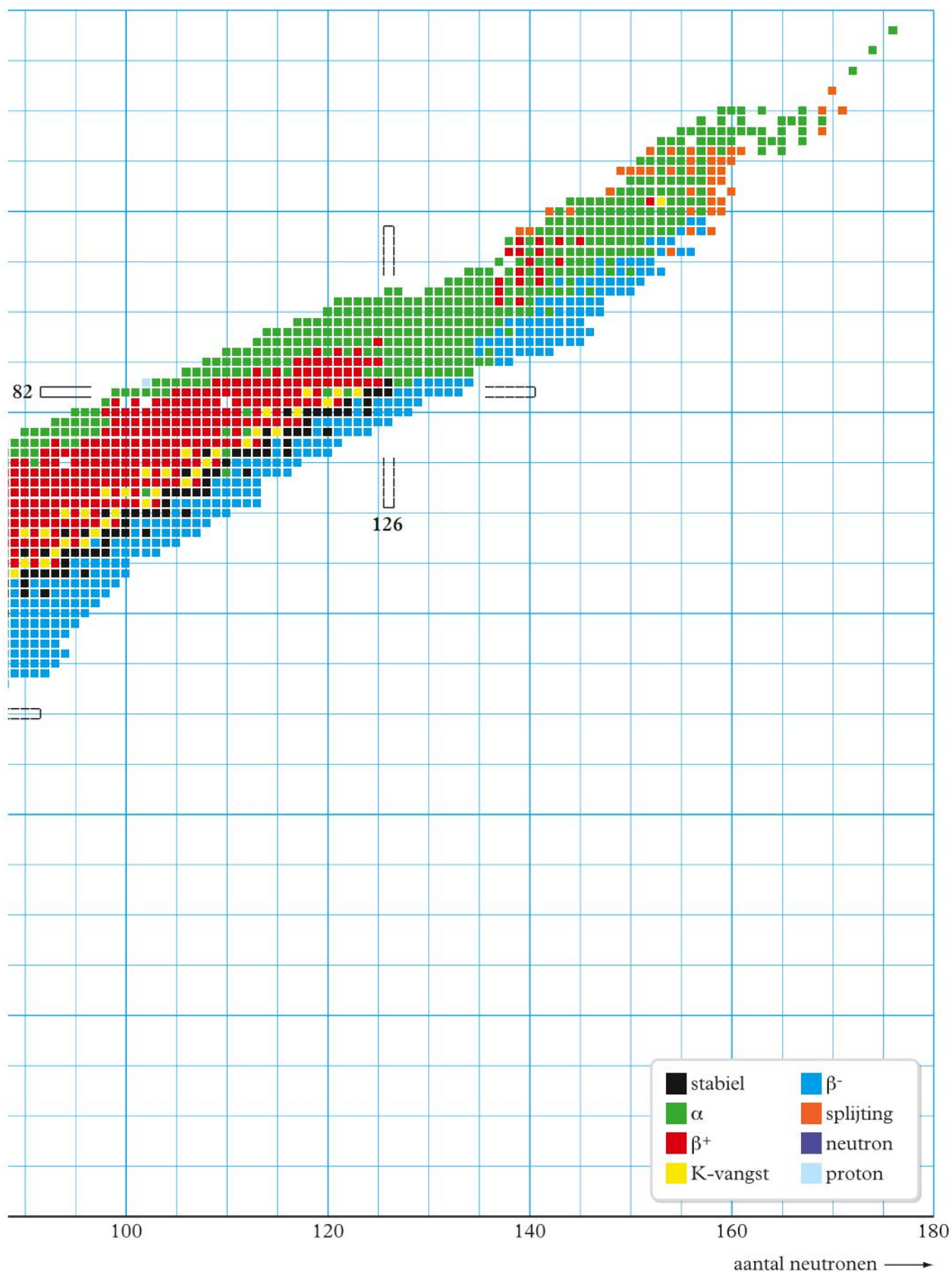
5 ► thoriumreeks

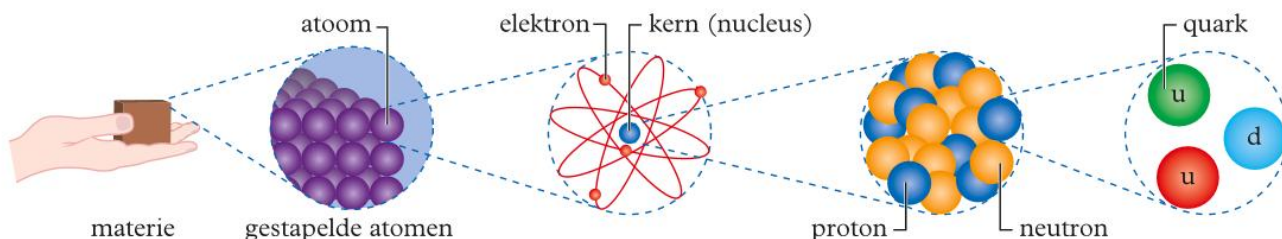
6 ► actiniumreeks

7 ► uraanreeks

8 ► neptuniumreeks







	generatie I		generatie II		generatie III		
massa $\rightarrow$	$3 \text{ MeV } c^{-2}$	u	$1,7 \text{ GeV } c^{-2}$	C	$173 \text{ GeV } c^{-2}$	t	quarks
lading $\rightarrow$	$\frac{2}{3} e$	up	$\frac{2}{3} e$	charm	$\frac{2}{3} e$	top	
massa $\rightarrow$	$5 \text{ MeV } c^{-2}$	d	$0,1 \text{ GeV } c^{-2}$	S	$4,8 \text{ GeV } c^{-2}$	b	quarks
lading $\rightarrow$	$-\frac{1}{3} e$	down	$-\frac{1}{3} e$	strange	$-\frac{1}{3} e$	bottom	
massa $\rightarrow$	$< 2 \text{ eV } c^{-2}$	ν_e	$< 0,19 \text{ MeV } c^{-2}$	ν_μ	$< 18,2 \text{ MeV } c^{-2}$	ν_τ	leptonen
lading $\rightarrow$	0	elektronneutrino	0	muonneutrino	0	taonneutrino	
massa $\rightarrow$	$0,511 \text{ MeV } c^{-2}$	e	$105,66 \text{ MeV } c^{-2}$	μ	$1777 \text{ MeV } c^{-2}$	τ	leptonen
lading $\rightarrow$	$-1 e$	elektron	$-1 e$	muon	$-1 e$	taunon	

■ Alle twaalf deeltjes hebben een antideeltje met dezelfde massa maar tegengestelde lading.

Het antideeltje van up heet anti-up: $\bar{u}$, etc.

1► De meetonzekerheid in de massa van met name de quarks is nog erg groot;

massa-equivalent: $1u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \triangleq 931,49 \text{ MeV}$

	naam	symbool	massa $\text{GeV } c^{-2}$	lading e	kracht	relatieve sterkte	werkend tussen
vectorbosonen	gluon	g	0	0	sterke kernkracht	1	quarks, gluonen
	foton	γ	0	0	elektromagnetische kracht	$\frac{1}{137}$	geladen deeltjes
	W-plus	W^+	82	+1	zwakke kernkracht	10^{-13}	quarks, leptonen
	W-min	W^-	82	-1			
	Z-nul	Z^0	93	0			
	graviton $\rightarrow$		0	0	zwaartekracht	10^{-38}	deeltjes met massa

1► Het graviton is nog niet aangetoond.

mesonen (voorbeelden; heeltallige spin: bosonen)

naam	symbool	samenstelling	massa $\text{MeV } c^{-2}$	lading e	gemiddelde levensduur s	mogelijk verval
pion	π^+	$u\bar{d}$	139,57	+1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$\mu^+ + \nu_\mu$
	π^0	$u\bar{u} / d\bar{d}$	134,98	0	$8,5 \cdot 10^{-17}$	2γ $\gamma + e^+ + e^-$
kaon	K^+	$u\bar{s}$	493,68	+1	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$\mu^+ + \nu_\mu$ $\pi^+ + \pi^0$ $\pi^+ + \pi^+ + \pi^-$
	K^0	$d\bar{s}$	497,61	0		50 % K_1^0 , 50 % K_2^0
	K_1^0	$d\bar{s} / s\bar{d}$	498	0	$8,95 \cdot 10^{-11}$	$\pi^+ + \pi^-$ $\pi^0 + \pi^0$
	K_2^0	$d\bar{s} / s\bar{d}$	498	0	$5,12 \cdot 10^{-8}$	$3\pi^0$ $\pi^+ + \pi^- + \pi^0$ $\pi^+ + \mu^- + \bar{\nu}_\mu$
η_c -meson	η_c	$c\bar{c}$	2981	0	$2,2 \cdot 10^{-23}$	$\eta + \pi^+ + \pi^-$ $K + \bar{K} + n\eta$ $3(\pi^+ + \pi^-)$
J/ψ -meson	J/ψ	$c\bar{c}$	3096,92	0	$7,1 \cdot 10^{-21}$	$n(\pi^+ + \pi^-) + \pi^0$ $K + \bar{K} + \pi$ $e^+ + e^-$ $\mu^+ + \mu^-$
D-meson	D^+	$c\bar{d}$	1869,5	+1	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$K^0 + \pi^0$ $K^- + \pi^+ + \pi^+$
	D^0	$u\bar{c}$ of $c\bar{u}$	1864,8	0	$4,1 \cdot 10^{-13}$	$K^- + \pi^+ + \pi^0$
	D_s^+	$c\bar{s}$	1968,5	+1	$5,0 \cdot 10^{-13}$	$K^+ + K^- + \pi^+$
	D_s^{*+}	$c\bar{s}$	2112,3	+1		$D_s^+ + \gamma$ $D_s^+ + \pi^0$
B-meson	B^+	$b\bar{u}$	5279	+1	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$e^+ + \nu_e$
	B^0	$b\bar{d}$	5279,5	0	$1,5 \cdot 10^{-12}$	
	B_s^0	$b\bar{s}$	5366,3	0	$1,5 \cdot 10^{-12}$	

baryonen (voorbeelden; halftallige spin: fermionen)

naam	symbool	samenstelling	massa $\text{MeV } c^{-2}$	lading e	gemiddelde levensduur s	mogelijk verval
proton	p^+	uud	938,272	$\uparrow^1 +1$	$> 1,8 \cdot 10^{37}$	
neutron	n	udd	939,565	$\uparrow^1 0$	882	$p^+ + \pi^-$ $p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$
labda	Λ^0	uds	1115,68	0	$2,6 \cdot 10^{-10}$	$p^+ + \pi^-$ $n + \pi^0$
sigma	Σ^+	uus	1189,37	+1	$8,0 \cdot 10^{-11}$	$p^+ + \pi^0$ $n + \pi^+$
	Σ^0	uds	1192,64	0	$7,4 \cdot 10^{-20}$	$\Lambda^0 + \gamma$
	Σ^-	dds	1197,45	-1	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$n + \pi^-$
xi	Ξ^0	uss	1314,9	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 + \pi^0$
	Ξ^-	dss	1321,7	-1	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 + \pi^-$
omega	Ω^-	sss	1672,5	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$	$\Lambda^0 + K^-$ $\Xi^0 + \pi^-$ $\Xi^- + \pi^0$
labda-c	Λ_c^+	udc	2286,5	+1	$2,0 \cdot 10^{-14}$	$p^+ + K^0$ $p^+ + K^- + \pi^+$ $p^+ + K^0 + \pi^0$
xi-cc	Ξ_{cc}^+	dcc	3518,9	+1	$< 3,3 \cdot 10^{-14}$	$\Lambda_c^+ + K^- + \pi^+$ $p^+ + D^+ + K^-$
labda-b	Λ_b^0	udb	5620,2	0	$1,4 \cdot 10^{-12}$	$p^+ + D^0 + \pi^-$ $\Lambda_c^+ + \pi^-$ $\Lambda_c^+ + \pi^+ + 2\pi^-$
sigma-b	Σ_b^+	uub	5807,8	+1	$\approx 10^{-15}$	$\Lambda_b^0 + \pi^+$
	Σ_b^-	ddb	5815,2	-1	$\approx 10^{-15}$	$\Lambda_b^0 + \pi^-$

■ Samengestelde deeltjes worden ook hadronen genoemd.

1 ► Zie tabel 7B.

27

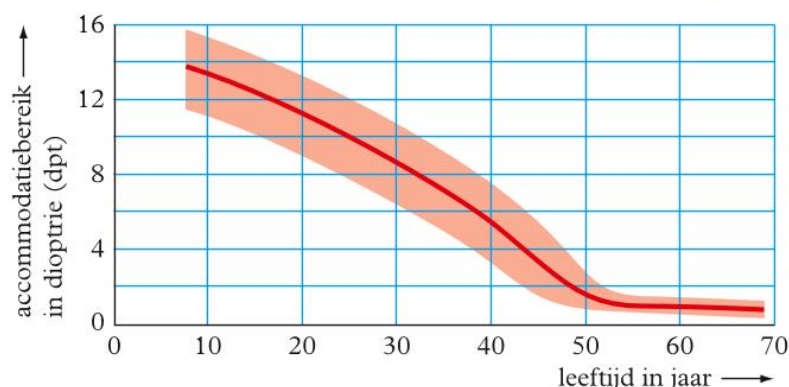
Biofysica

A

Het oog

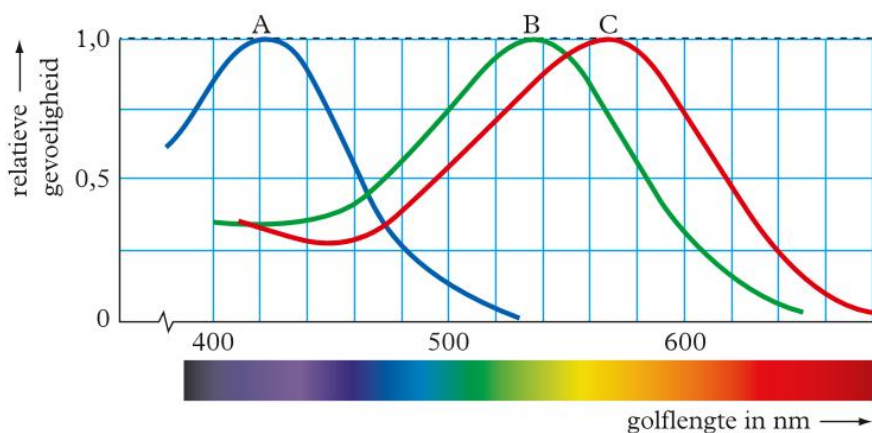
1

Accommodatiebereik als functie van de leeftijd (met spreiding)



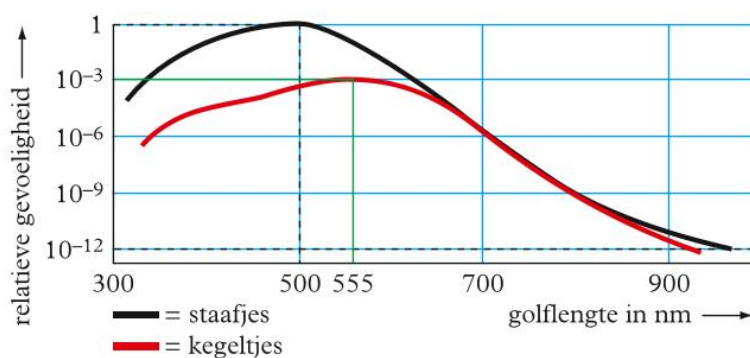
2

Relatieve gevoeligheid van de drie soorten kegeltjes A, B en C



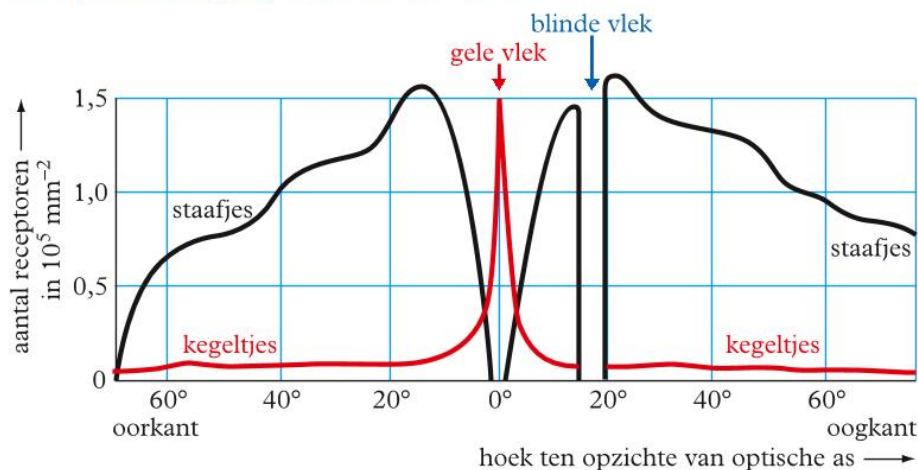
3

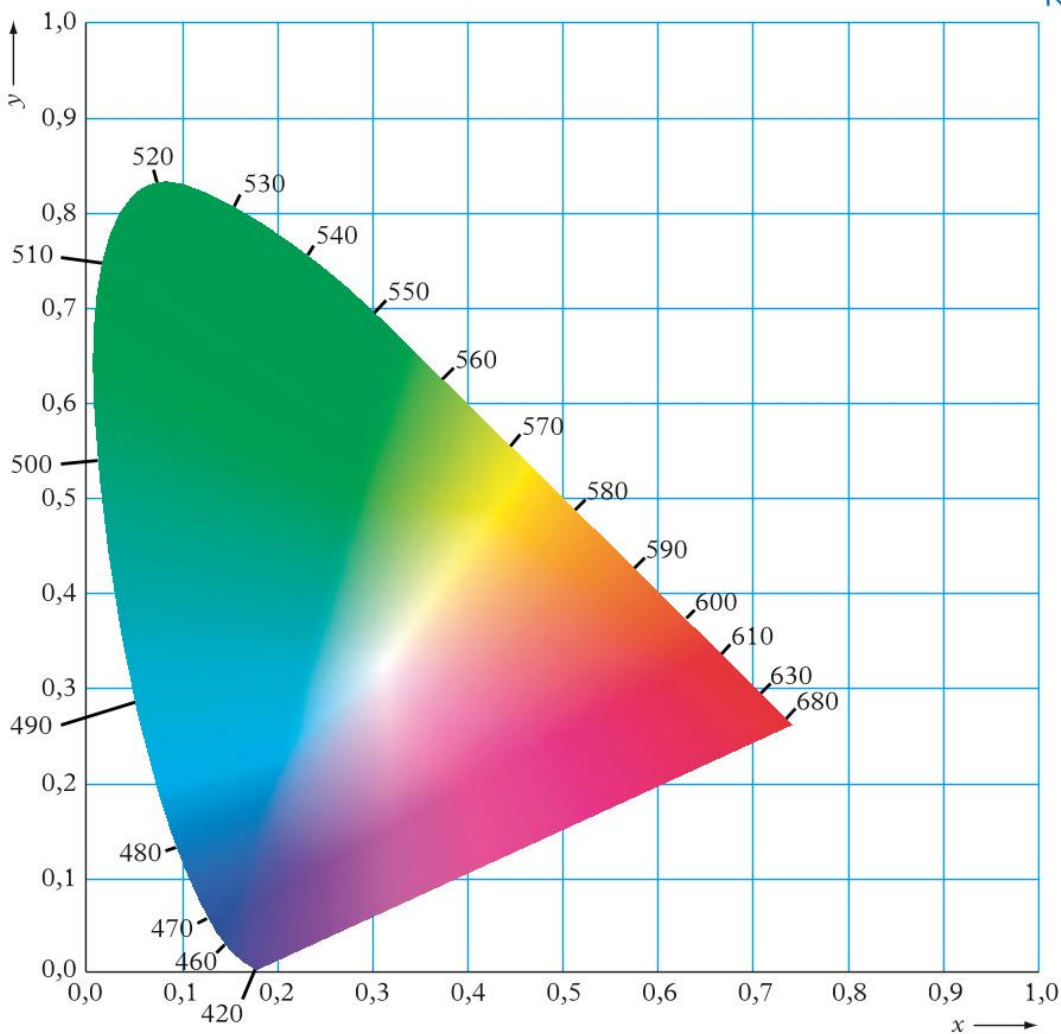
Relatieve gevoeligheid kegeltjes (gele vlek) t.o.v. staafjes



4

Verdeling van staafjes en kegeltjes in het netvlies





In het kleurendiagram van de CIE (1931) is de x -coördinaat een maat voor de gevoeligheid van de rode kegeltjes en de y voor de helderheid.

	x	y
wolframlamp van 2856 K	0,4476	0,4074
wit, standaardlichtbron D65 (6504 K)	0,3127	0,3290

Schaal van het KNMI

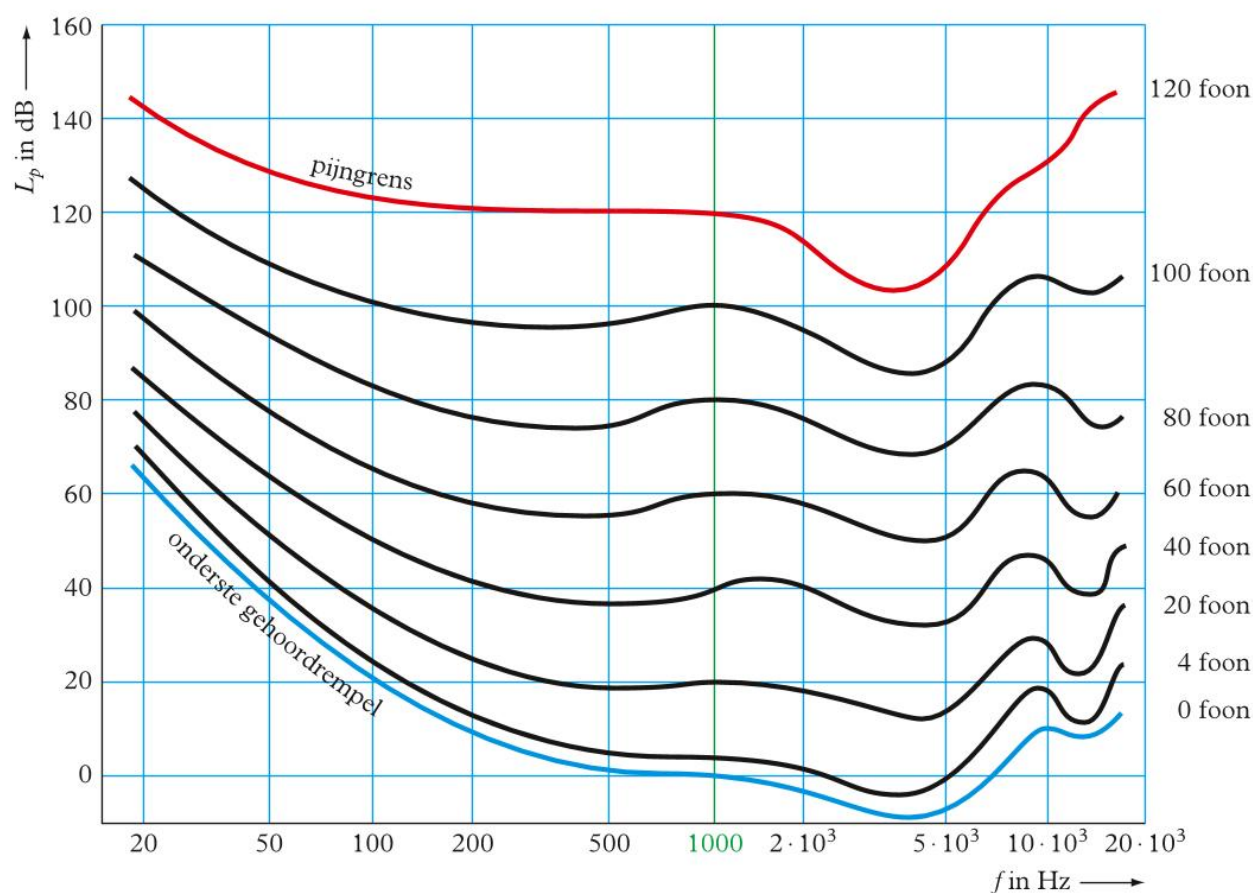
UV-index, sterkte van de 'zonkracht'	omschrijving (zonkracht)	maximale verblijfstijd in de zon, onbeschermd per huidtype (advies)			
		min	1	2	3
0	geen	zeer bleek	bleek ¹	lichtgetint	getint
1 – 2	vrijwel geen	onbeperkt	onbeperkt	onbeperkt	onbeperkt
3 – 4	zwak	60 – 30	100 – 50	200 – 100	300 – 150
5 – 6	matig	20 – 15	35 – 25	70 – 50	100 – 75
7 – 8	sterk	≈ 10	≈ 20	≈ 35	≈ 50
9 – 10	zeer sterk	≈ 8	≈ 13	≈ 25	≈ 40
10 ²		≈ 6	≈ 10	≈ 20	≈ 30
15 of hoger ³		≈ 4	≈ 7	≈ 14	≈ 20

1 ► van oudsher meest voorkomend in Nederland

3 ► waarden voorkomend aan de evenaar of in de bergen

2 ► maximale waarde in Nederland

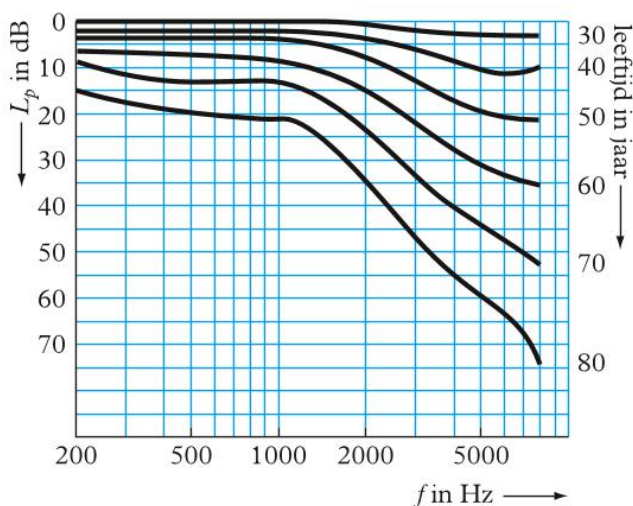
Isofonendiagram van het menselijk oor (voor zuivere tonen)



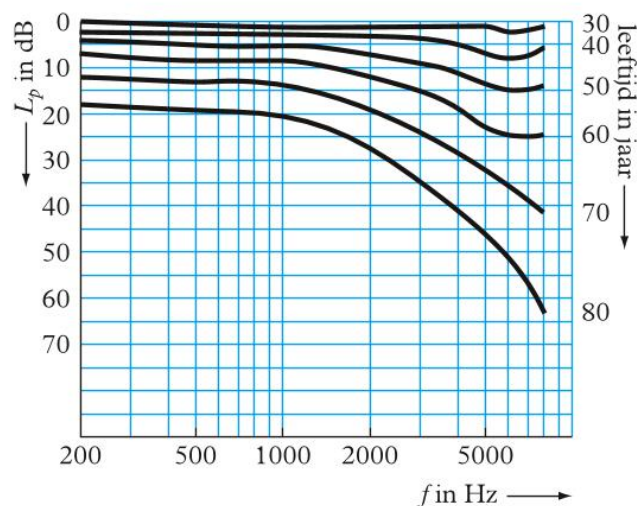
■ Aantal foon is aantal dB bij een frequentie van 1000 Hz.

Het gemiddelde audiogram per leeftijdsgroep

mannen



vrouwen



■ Akoestische schaal voor de mens: zie tabel 15D.

Gezondheidseffecten van radioactieve straling¹

	<i>acute orgaandosis</i>	<i>effect</i>	<i>effectieve totale lichaamsdosis</i>	<i>effect</i>
	Gy		mSv	
rood beenmerg	0,5	verminderde bloedvorming	100	tijdelijke afname van witte bloedcellen
gonaden	2	fatale aplasie	200	man: remming vorming geslachtscellen
	0,15	tijdelijke steriliteit (mannen)		vrouw: storing orgaanvorming embryo
	3	blijvende steriliteit (mannen)	1000	erytheem huid - groeistoring skelet (kind)
	2,5	blijvende steriliteit (vrouwen)		
ooglenzen	2	lenstroefbeling	2000	stralingsziekte - infecties (afname witte bloedcellen)
	6	cataract		bloedingen (afname rode bloedcellen)
huid (lokaal)	5	haaruitval		ernstige ziekte - LD 50/60 ²
	6	erytheem	4000	
	10	droge epidermis	10000	sterfte LD 100/60 ² - darmsyndroom
	30	necrose	50000	acute sterfte - zenuwsyndroom
botweefsel kind	1	groeistoornis		
		scoliose/exostose		
botweefsel volwassene	30	necrose		

1 ► drempelwaarden voor deterministische (acute) effecten

2 ► LD 50/60 betekent: letale dosis (dodelijke dosis) voor 50% van de gevallen binnen 60 dagen.

Stralingsbeschermingsnormen

Dosislimieten in millisievert per jaar¹

	<i>effectieve totale lichaamsdosis</i>	<i>ogen</i>	<i>ledematen, huid</i>
individuele leden van de bevolking	1	15	50
beroepshalve, vanaf 18 jaar ²	20	150	500
beroepsopleiding, vanaf 18 jaar ²	20	150	500
beroepsopleiding, 16 - 18 jaar ²	6	50	150

■ De in de tabel genoemde getalwaarden zijn volgens de Nederlandse wetgeving van kracht vanaf 1 maart 2002.

1 ► De individuele dosislimiet geldt in aanvulling op het voorschrift dat de blootstelling aan straling altijd zo laag moet zijn als redelijkerwijs haalbaar (ALARA-principe: as low as reasonably achievable). De dosislimieten hebben geen betrekking op:

- blootstelling die het gevolg is van natuurlijke stralingsbronnen in de normale leefomgeving;
- blootstelling die men ondervindt als patiënt bij medisch-radiologische toepassingen;
- blootstelling van mensen ten gevolge van radiologische ongevallen.

2 ► Bij vrouwen geldt in geval van zwangerschap de aanvullende eis dat de dosis voor het ongeboren kind niet meer dan 1 millisievert mag bedragen. In feite wordt het ongeboren kind beschouwd als een individueel lid van de bevolking.

Weegfactoren voor radioactieve straling

<i>organen en weefsels</i>	<i>factor</i>	<i>stralingssoort</i>	<i>factor</i>
huid, botoppervlak	0,01	elektronen (β^-), fotonen (γ)	1
blaas, borst, lever, slokdarm, schildklier, nieren,	0,05	protonen > 2 MeV	2 - 5
bijnieren, hersenen, bovenste deel dikke darm,		neutronen < 10 keV en > 20 MeV	5
dunne darm, alvleesklier, milt, thymus, spieren,		neutronen 10 keV tot 100 keV en	10
baarmoeder		2 MeV tot 20 MeV	
rode beenmerg, dikke darm, long, maag	0,12	neutronen 100 keV tot 2 MeV, heliumkernen (α)	20
testikels, eierstokken	0,20	vervalproducten, zware kernen	
hele lichaam (per definitie)	1		

<i>voertuig</i>	C_w	<i>voertuig</i>	C_w	<i>voertuig</i>	C_w
sportwagen	0,2 - 0,3	formule-1-raceauto	0,7 - 1,1	super(lig)fiets HPV	0,1
personenauto	0,3 - 0,5	baksteen	2,1	racefiets	0,9
terreinwagen (4×4)	0,6	dolfijn	0,004	tandem	1,0
vrachtauto	0,6 - 1,0	Boeing 747	0,031	traditionele fiets	1,1

<i>vorm</i>	C_w	<i>vorm</i>	C_w	<i>vorm</i>	C_w
bol → 	0,47	kubus ¹ → 	1,05	cilinder kort → 	1,15
halve bol → 	0,42	kubus ¹ → 	0,80	gestroomlijnd → 	0,04
kegel → 	0,50	cilinder lang → 	0,82	half gestroomlijnd → 	0,09

1 ► bovenaanzicht

Het gevormde water komt vrij als waterdamp.

<i>vaste stoffen</i>	10^6 J kg^{-1}	kWh kg^{-1}
bruinkool	21	5,8
hout	16	4,4
steenkool	29	8,1
turf	11	3,1

<i>vloeistoffen</i> ($T = 293 \text{ K}$)	10^9 J m^{-3}	10^3 kWh m^{-3}
alcohol [ethanol]	22	6,1
benzine (99 octaan)	33	9,2
gasolie	36	10,0
spiritus	18	5,0
stookolie	40	11,1

<i>gassen</i> ($T = 273 \text{ K}$, $p = p_0$)	10^6 J m^{-3}	kWh m^{-3}
aardgas (Gronings)	32	8,9
aardgas (diverse samenstellingen)	29,5 - 44,4	8,2 - 12,2
acetyleen [ethyn]	56,9	15,8
butaan	120,7	34
butagas	110	31
ethyleen [etheen]	64,5	17,9
generatorgas	3,0	0,83
hoogovengas	4,2	1,17
koolstofmonoïoxide	12,8	3,6
methaan	35,8	9,9
propaan	93,8	26
waterstof	10,8	3,0

■ Stookwaarde betekent geleverde verbrandingswarmte; daarom is hier steeds een positieve waarde gegeven (in tegenstelling tot tabel 56).

lichtabsorptie in procent ten opzichte van de lichtintensiteit gemeten op 1 meter diepte in onvervuild zeewater

<i>diepte in m</i>	<i>violet</i>	<i>blauw</i>	<i>blauwgroen</i>	<i>groen</i>	<i>geel</i>	<i>rood</i>
5	13,4	55,0	75,0	75,0	99,75	99,63
10	20,0	56,3	83,4	83,4	99,80	99,73
20	33,4	72,3	97,9	99,4	99,88	99,997
50	80,0	79,9	99,75	99,78	99,997	99,9998

Gebruikelijke U -waarden van bouwelementen (constructies)

D

	$W m^{-2} K^{-1}$		$W m^{-2} K^{-1}$
raam, enkel glas	5,7	partieel gevulde spouwmuur	
raam, dubbel glas, 8 mm spouw	3,5	• 30 mm PIR- of PUR-schuim	0,60
buitendeur, massief hout	3,5	• 60 mm PIR- of PUR-schuim	0,35
binnendeur, hout	2,8	• 30 mm PS-schuim	0,72
binnenmuur, halfsteens, kalkzand	7,1	• 60 mm PS-schuim	0,45
buitenmuur, halfsteens, kalkzand	12,5	• 30 mm minerale wol	0,79
binnenmuur, steens, kalkzand	3,8	• 60 mm minerale wol	0,50
buitenmuur, steens, kalkzand	6,2	pannendak, enkel houten beschot, 17 mm	4,5
binnenspouwmuur, tweemaal halfsteens, kalkzand	2,3	pannendak, dubbel houten beschot, 2×17 mm	2,0
buitenspouwmuur, tweemaal halfsteens, kalkzand	2,7	pannendak met isolatie, op dakbeschot	
binnenspouwmuur, half- en heelsteens, kalkzand	1,9	• 40 mm PIR- of PUR-schuim	0,60
buitenspouwmuur, half- en heelsteens, kalkzand	2,0	• 40 mm PS-schuim	0,73
massieve muur, aan buitenkant geïsoleerd		• 40 mm minerale wol	0,79
• 30 mm PIR- of PUR-schuim	0,67	pannendak met isolatie onder dakbeschot	
• 60 mm PIR- of PUR-schuim	0,38	• 40 mm PS-schuim	0,67
• 30 mm PS-schuim	0,84	• 40 mm minerale wol	0,75
• 60 mm PS-schuim	0,49	pannendak met isolatie en spouw	
		• 40 mm PS-schuim	0,61
		• 40 mm minerale wol	0,67

Warmtegeleidingscoëfficiënten van bouw- en isolatiematerialen

E

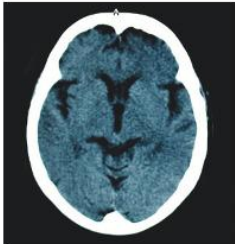
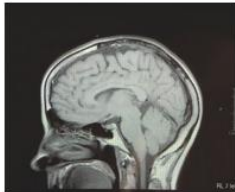
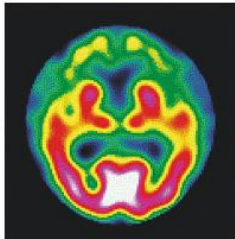
	$W m^{-1} K^{-1}$		$W m^{-1} K^{-1}$
gevelmetselwerk (direct blootgesteld aan regen)	1,00	glaswol en steenwol	0,04
ander baksteenmetselwerk	0,70	hardboard	0,08
metselwerk van kalkzandsteen	0,90	spaanplaat	0,17
cellenbeton	0,20	houtwolcementplaat	0,12
gips	0,18	kunststofschuim	0,023 - 0,055

Halveringsdikten

F

Halveringsdikte $d_{\frac{1}{2}}$ in cm van enkele stoffen voor elektromagnetische straling (γ , röntgen) bij verschillende energie van het foton.

stof	E in MeV					
	0,05	0,1	1,0	2,0	5,0	10,0
lucht (p_0, T_0)	$2,8 \cdot 10^3$	$3,7 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^3$	$13,0 \cdot 10^3$	$20,8 \cdot 10^3$	$28,1 \cdot 10^3$
water	3,08	4,1	9,8	14,1	22,9	31,2
aluminium	0,70	1,51	4,2	6,0	9,0	11,1
beton	0,75	1,66	4,6	6,6	10,2	12,8
bot	1,08	2,07	5,6	7,9	12,6	16,6
ijzer	0,049	0,24	1,5	2,1	2,8	2,9
lood	0,0079	0,0106	0,86	1,34	1,44	1,23

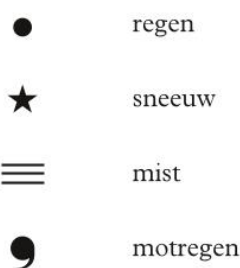
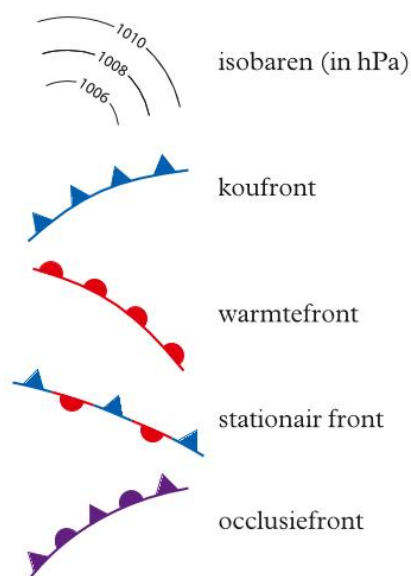
<i>techniek</i>	<i>fysische waarden</i>	<i>registratieprincipe</i>	<i>toepassingen</i>	<i>beeld</i>
echografie	frequentie geluidsgolven: 1-20 MHz routine; tot 50 MHz intraveneus	reflectie van ultrageluid 2D, 3D en 4D (3D in de tijd)	zwangerschapsonderzoek, sportblessures, doorstroming vaatbed (Doppler), afbeeldingen van buikorganen	
röntgenfoto	energie: 20-150 keV effectieve dosis: 0,01-0,1 mSv	verzwakking van röntgenstraling 2D	skelet, mammografie, gebit, buikoverzicht, thorax, longen, spijsverteringskanaal	
doorlichting met röntgenstraling	energie: 50-125 keV effectieve dosis: 0,1-20 mSv	verzwakking van röntgenstraling in combinatie met röntgencontrastmiddelen; levert röntgenfilmpjes 2D	beeldvorming tijdens operaties, functieonderzoek (slikken, maag en darm), angio- en cardiografie (afbeelding en katheterisatie hart- en bloedvaten; stenting en dotterbehandelingen)	
CT (computer- tomografie)	effectieve dosis: 0,1-20 mSv	verzwakking van röntgenstraling vanuit 360° levert dwarsdoorsneden 3D beelden 4D datasets	kankeronderzoek, onderzoek naar zachte weefsels, spoedeisende hulp (letsels, bloedingen), perfusie (herseninfectie), afbeelding van het hart: 3D opname van orgaan binnen 0,5 s	
MRI (magnetic resonance imaging)	magneetveld: 0,1-12 T frequentie radiogolven: $42,58 \text{ MHz T}^{-1}$	resonantie van protonspins met radiogolven in een uitwendig magnetisch veld (Zeeman-effect) 3D en 4D	onderzoek naar hersenen, gewrichten, buikorganen, hart- en hersenfunctie, diffusie van water in weefsels, doorbloeding van organen, borsten	
PET (positron- emissie- tomografie)	energie: 0,511 MeV effectieve dosis: 1,5-5 mSv	gelijktijdige registratie van fotonen uit annihilatie van positronen uit radioactief vervalproces geeft lokalisatie van radioactieve stof in 3D	weefselonderzoek, kankeronderzoek (vaak in combinatie met CT-scan), onderzoek naar transportprocessen stofwisseling	
gammacamera	effectieve dosis: 2-16 mSv	registreren van gammastraling uit radioactieve vervalprocessen 2D of 3D (SPECT: single photon emission computed tomography)	kankeronderzoek, opsporen van uitzaaiingen, hartfunctie (SPECT), onderzoek naar de fysiologie van organen	

<i>sterkte</i> volgens Richter	<i>beschrijving - effecten</i>	<i>energie</i> J	<i>frequentie</i>
0 – 1,9	minuscuul - microbeving, onvoelbaar	$4 \cdot 10^6 - 4 \cdot 10^9$	8000 per dag
2,0 – 2,9	zeer licht - onvoelbaar maar wel te meten; vrijwel nooit schade	$4 \cdot 10^9 - 9 \cdot 10^{10}$	1000 per dag
3,0 – 3,9	licht - vaak voelbaar maar zelden schade; trillingen als van een voorbijrijdende vrachtwagen	$1 \cdot 10^{11} - 3 \cdot 10^{12}$	49000 per jaar
4,0 – 4,9	gemiddeld - voorwerpen in huis schudden; lichte schade mogelijk aan schoorstenen; kleine scheuren in wegdek of oude en zwakke gebouwen	$4 \cdot 10^{12} - 9 \cdot 10^{13}$	6200 per jaar
5,0 – 5,9	vrij krachtig - kan in kleine gebieden flinke schade aanrichten bij slecht gebouwde huizen; op zijn hoogst lichte schade aan stevige gebouwen	$1 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{15}$	800 per jaar
6,0 – 6,9	krachtig - matige tot zware schade aan veel gebouwen tot 150 km; grote scheuren in wegdek; paniek	$4 \cdot 10^{15} - 9 \cdot 10^{16}$	120 per jaar
7,0 – 7,9	zwaar - alleen sterke gebouwen blijven staan; grond kan helemaal openscheuren; grote schade in grotere gebieden; aan kusten grote vloedgolven (tsunami's) mogelijk	$1 \cdot 10^{17} - 3 \cdot 10^{18}$	18 per jaar
8,0 – 8,9	zeer zwaar - uitgebreide verwoesting in gebieden tot honderden kilometers groot; aan kusten catastrofale, tot 40 meter hoge vloedgolven (tsunami's) mogelijk	$4 \cdot 10^{18} - 9 \cdot 10^{19}$	1 per jaar
9,0 – 9,9	catastrofaal - mogelijk totale verwoesting over duizenden kilometers; rotsen en gebergtes kunnen scheuren	$> 10^{20}$	1 per 20 jaar
10,0 – 11,9	totaal catastrofaal - landen en eilanden veranderen van plaats; verandering van de nutatie of de omwentelingssnelheid van de aarde		
> 12,0	totale verwoesting - volledig catastrofale en zeer diep ingrijpende geografische veranderingen; gevaar voor alle levensvormen		

	<i>geografische breedte</i> °	<i>hoogte</i> m	<i>gravitatieversnelling</i> $\text{N kg}^{-1} = \text{m s}^{-2}$
standaardwaarde			9,806 65
pool	90	0	9,832 17
Reykjavik	64,14	8	9,822 80
Roodeschol	53,40	0	9,813 6
Amsterdam (v.d. Waalslaboratorium UvA)	52,21	1,78	9,812 753 4
Vaals	50,76	322	9,811 0
Parijs (BIPM)	48,83	65,93	9,809 41
Algiers	36,75	346,7	9,799 12
Santiago de Cuba	19,97	0	9,786 41
evenaar	0	0	9,780 32
Quito	-0,02	2815	9,772 78
Rio de Janeiro	-22,93	28,98	9,788 05
Johannesburg	-26,19	1755	9,785 50

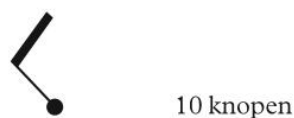
<i>windsterkte volgens Beaufort</i>	<i>gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte boven zeeniveau</i>		<i>KNMI</i>		<i>omschrijving zeeoppervlak (petersenschaal)</i>	<i>omschrijving van het KNMI</i>
	<i>ms⁻¹</i>	<i>omschrijving</i>	<i>ms⁻¹</i>	<i>omschrijving</i>		
0	0,0–0,2	stil	0	windstil	spiegelgladde zee	rook stijgt (vrijwel) recht omhoog
1	0,3–1,5	flauw en stil	0–3	zwakke wind	golfjes – geschubde zee	rookpluimen geven windrichting aan
2	1,6–3,3	flauwe koelte			kleine, korte golven – glasachtig	bladeren en windvanen bewegen
3	3,4–5,4	lichte koelte	3–8	matige wind	kleine golven – brekende toppen geven glasachtig schuim	bladeren en twijgen bewegen voortdurend
4	5,5–7,9	matige koelte			langere golven – witte schuimkoppen	kleine takken beginnen te bewegen – stof en papier dwarrelt op
5	8,0–10,7	frisse bries	8–11	vrij krachtige wind	matige golven met witte schuimkoppen – soms opwaaiend schuim	bebladerde takken zwaaien – gekuifde golven
6	10,8–13,8	stijve bries	11–14	krachtige wind	grotere golven – brekende koppen geven witte schuim plekken	grote takken bewegen – wind fluit en zoemt
7	13,9–17,1	harde wind	14–17	harde wind	hogere golven – wit schuim vormt windstrepen	bomen bewegen – wind is hinderlijk
8	17,2–20,7	stormachtig	17–20	stormachtige wind	hoge golven met lange kam – afwaaiende toppen geven schuimstrepen	twijgen breken af – voortgaan wordt bemoeilijkt
9	20,8–24,4	storm	20–24	storm	zwarte schuimstrepen – beginnende rollers – verwaaid schuim geeft slecht zicht	lichte schade – dakpannen waaien af
10	24,5–28,4	zwarte storm	24–28	zwarte storm	zeer hoge golven met lange over stortende golf kammen – begin witte zee – zware overslaande rollers	ontwortelde bomen – aanzienlijke schade
11	28,5–32,6	zeer zware storm	28–32	zeer zware storm	golfkammen verwaaien overall – zee geheel bedekt met schuimstrepen – zeer slecht zicht	uitgebreide schade
12	32,7–36,9	orkaan	32–37	orkaan	lucht geheel gevuld met	ernstige verwoesting
13	37,0–41,4	orkaan	37–41	orkaan	schuim en water – geheel	
14	41,5–46,1	orkaan	41–46	orkaan	witte zee – géén zicht	
15	46,2–50,9	orkaan	46–51	orkaan		
16–17	≥ 51,0	orkaan	≥ 51	orkaan		totale verwoesting

■ Voor de code op weerkaarten: zie tabel 30D.



H hogedrukgebied

L lagedrukgebied



1 knoop = $0,51 \text{ m s}^{-1}$

De stok van de vlag geeft de windrichting aan.

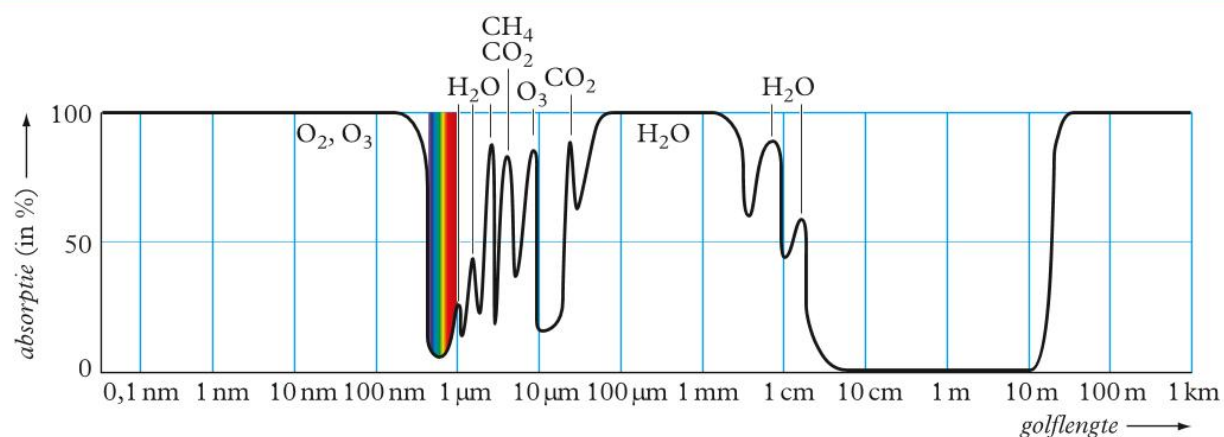


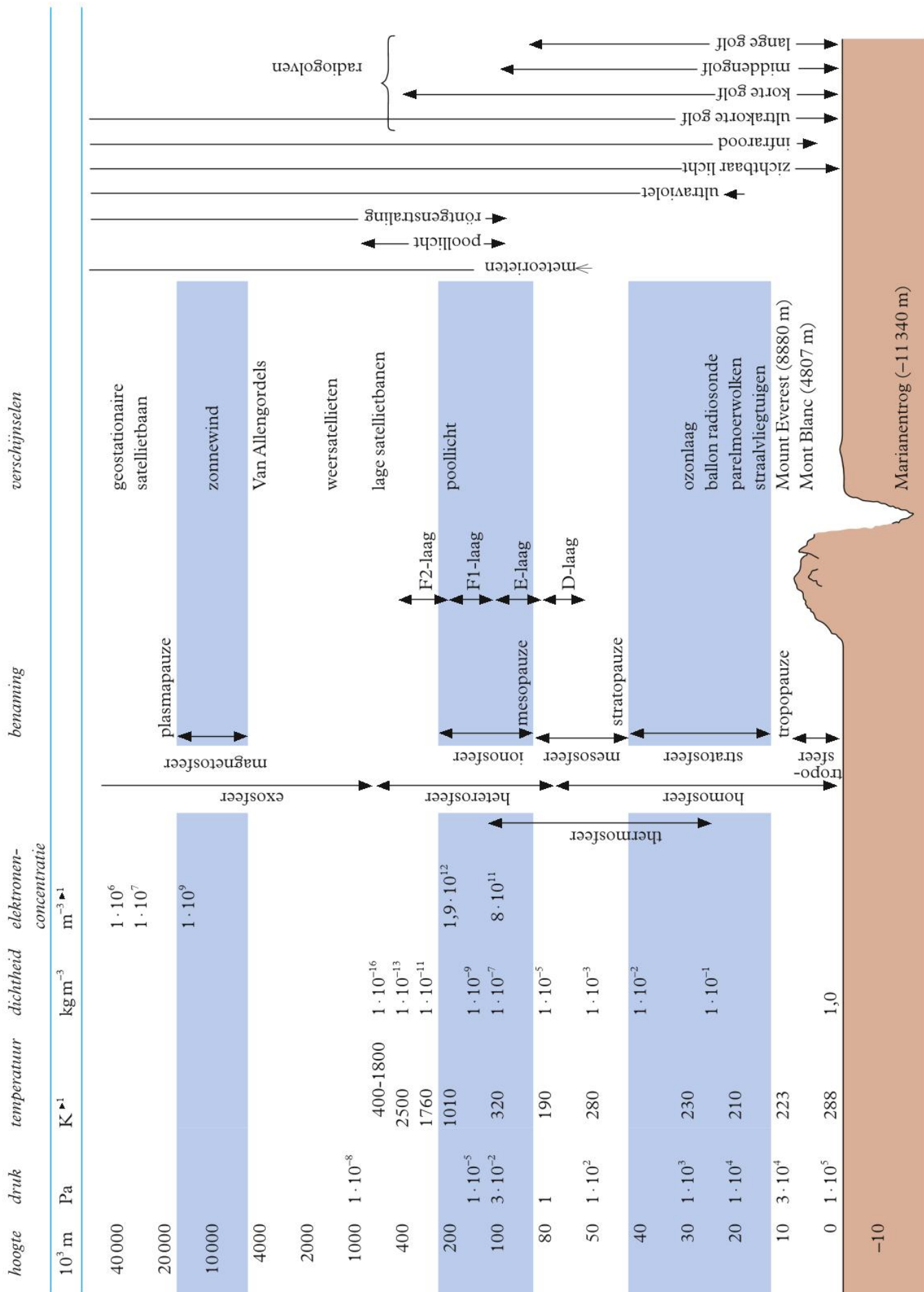
Bedekkingsgraad van de lucht :

$\frac{0}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{8}$	
onbewolkt		licht bewolkt		half bewolkt		zwaar bewolkt		geheel bewolkt	niet waargenomen

Absorptie van elektromagnetische straling in de atmosfeer

E





1 ► De waarden boven $1500 \cdot 10^3$ m zijn sterk afhankelijk van dag/nacht, geografische breedte en zonneactiviteit.

naam	symbool	type	ontdekking	baanstraal	omlooptijd	helling t.o.v. ecliptica	straal (equator)	massa	dichtheid	gravitatieversnelling aan het oppervlak	ontsnappingssnelheid	siderische rotatieperiode	gemiddelde oppervlakte-temperatuur (overdag)	gassen in de atmosfeer	aantal satellieten (manen en ringen)
				m	d, y	°	10 ⁶ m	10 ²⁴ kg	kg m ⁻³	m s ⁻²	10 ³ m s ⁻¹	d	K		
Mercurius	☿	planeet	oudheid	0,0579 · 10 ¹²	87,97 d	7,0	2,440	0,330	5430	3,7	4,2	58,65	700	He, H ₂	0
Venus	♀	planeet	oudheid	0,1082 · 10 ¹²	224,7 d	3,4	6,052	4,87	5240	8,87	10,4	-243 ^{1,5}	720	CO ₂ , N ₂	0
Aarde	♁	planeet	oudheid	0,1496 · 10 ¹²	365,256 d	0,0	6,371 ^{1,3}	5,972	5513	9,81	11,2	0,9973	295	N ₂ , O ₂ , Ar	1
Maan	☾	maan	oudheid	384,4 · 10 ⁶	27,32 d	5,2 ^{1,2}	1,738	0,0735	3340	1,62	2,38	27,32	365	He, H ₂	-
Mars	♂	planeet	oudheid	0,228 · 10 ¹²	687,0 d	1,8	3,390	0,642	3930	3,7	5,0	1,026	300	CO ₂ , N ₂ , Ar	2
Phobos		maan	1877	9,37 · 10 ⁶	0,319 d	1,1 ^{1,2}	0,011 ^{1,4}	1,07 · 10 ⁻⁸	1900	0,0057	0,04	0,319	-	-	-
Deimos		maan	1877	23,5 · 10 ⁶	1,262 d	1,8 ^{1,2}	0,006 ^{1,4}	1,5 · 10 ⁻⁹	1470	0,003	0,07	1,26	-	-	-
Ceres	♁	dwerfplaneet	1801	0,414 · 10 ¹²	4,600 y	10,6	0,476	9,5 · 10 ⁻⁴	2090	0,28	6,7	0,38	245	-	-
Jupiter	♃	planeet	oudheid	0,7883 · 10 ¹²	11,86 y	1,3	69,91	1900	1330	24,9	60	0,413	313	H ₂ , He, CH ₄ , NH ₃	50+r
Io		maan	1610	421,8 · 10 ⁶	1,769 d	0,004 ^{1,2}	1,822	0,089	3530	1,8	26,25	1,77	173	SO ₂	-
Europa		maan	1610	670,9 · 10 ⁶	3,551 d	0,01 ^{1,2}	1,568	0,048	3010	1,32	7,29	3,55	173	O ₂	-
Ganymedes		maan	1610	1070 · 10 ⁶	7,155 d	0,18 ^{1,2}	2,631	0,148	1940	1,43	9,87	7,18	173	O ₂	-
Callisto		maan	1610	1883 · 10 ⁶	16,689 d	0,19 ^{1,2}	2,410	0,1076	1830	1,24	8,79	16,69	173	CO ₂	-
Saturnus	♄	planeet	oudheid	1,427 · 10 ¹²	29,45 y	2,5	58,2	568	687	10,4	36,1	0,444	95	H ₂ , He, CH ₄ , NH ₃	53+r
Uranus	♅	planeet	1781	2,871 · 10 ¹²	84,02 y	0,8	25,4	86,8	1270	8,9	21,4	-0,718 ^{1,5}	57	H ₂ , He, CH ₄	27+r
Neptunus	♆	planeet	1846	4,498 · 10 ¹²	164,8 y	1,8	24,6	102,4	1640	11,2	23,6	0,671	59	H ₂ , He, CH ₄	13+r
Pluto	♇	dwerfplaneet	1930	5,91 · 10 ¹²	247,9 y	17,1	1,15	0,0131	2050	0,66	1,23	6,39	50	N ₂ , CH ₄ , NH ₃	5
Charon		plutino	1978	0,0196 · 10 ⁹	6,4 d	0,001 ^{1,2}	0,63	0,0016	1650	0,28	0,58	synchroon	56	-	-
Haumea		dwerfplaneet	2003	6,43 · 10 ¹²	239,1 y	28	1,4	0,0042	3000	0,44	0,84	0,16	<50	-	2
Quaoar		TNO ¹	2002	6,5 · 10 ¹²	283 y	8	0,65	0,002	2000	0,3	0,5	0,74	43	CH ₄	-
Makemake		dwerfplaneet	2003	6,78 · 10 ¹²	296,1 y	29	0,73	0,004	2000	0,4	0,75	0,17	33	CH ₄	-
Eris		dwerfplaneet	2003	10,2 · 10 ¹²	557 y	47	1,4	0,0167	2500	0,83	1,4	1,08	33	CH ₄	1
Sedna		centaur	2003	72 · 10 ¹²	311,5 y	11,9	0,75	0,004	2000	0,4	0,8	0,43	33	N ₂ , CH ₄	-

1 ► 8 planeten, 5 dwerfplaneten, 2,6 · 10⁷ planeroiden (kometen, centaurs, TNO = Trans Neptunus Object)

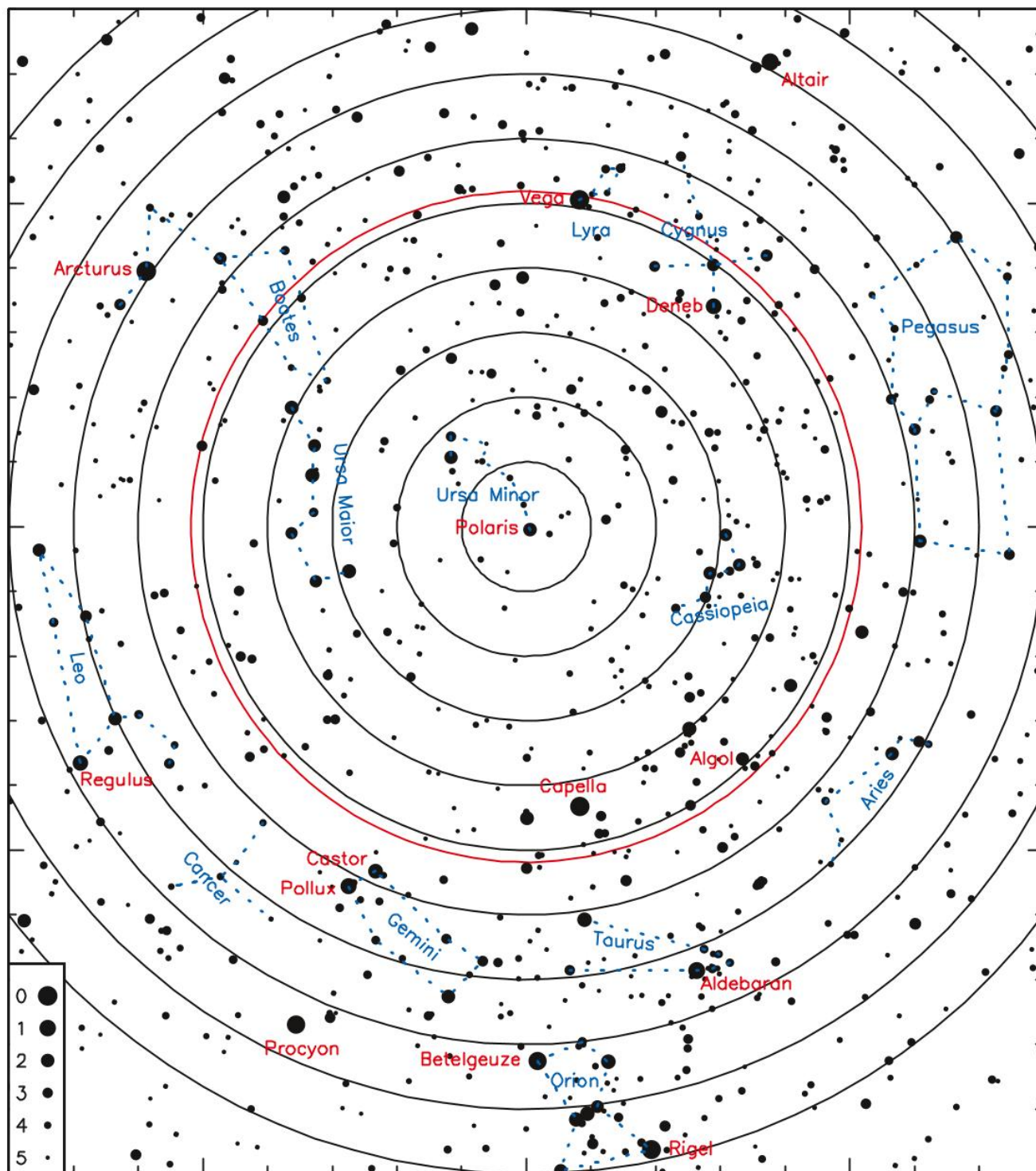
2 ► Bij de manen is de helling van het baanvlak t.o.v. de planeetbaan (dus niet t.o.v. de ecliptica).

3 ► pool: 6356,7523142 kn; evenaar: 6378,1370 kn

4 ► onregelmatig van vorm

5 ► De rotatie-richting is tegengesteld aan de draaiing in de baan.

Sterrenkaart voor het noordelijk halfrond



magnitude

naam	aanduiding in sterrenbeeld	magnitude (schijnbare visuele)	spectraltype	effectieve afstand tempera- tuur	radiële snelheid	tangentiële snelheid	visuele lichtsterkte t.o.v. zon	totale lichtsterkte t.o.v. zon	straal t.o.v. zon	bijzonderheden
				10^3 K	10^{16} m	10^3 m s^{-1}	10^3 m s^{-1}			
Zon		-26,78	G2V	5,78	$1,5 \cdot 10^{-5}$	0	1	1	1	centrum zonnestelsel
Sirius A	α^1 Canis Major	-1,44	A0V	9,9	8,2	-8	22	26	1,7	dubbelster; periode 50 y
Canopus	α Carina	-0,62	F0 Ib	8,4	290	21	13000	13000	54	hete corona zendt röntgenstraling uit
Arcturus	α Boötes	-0,05	K2 III	4,4	34,7	-5,2	110	185	24	rode reus, hoge snelheid
Rigel Kent A	α^1 Centaurus	-0,01	G2V	5,67	4,1	-22	23,3	1,5	1,3	dubbelster; 79,9 y
Wega	α Lyra	0,03	A0V	10,0	23,7	-14	12,7	48,1	2,5	snelle rotator
Capella	α Auriga	0,08	G8 III	5,4	40,5	30	27,0	134	140	dubbelster van 2 rode reuzen; 104 d
Rigel A	β Orion	0,18	B8 I	10,5	820	21	50000	65000	80	superreus met lichte dubbelster
Procyon A	α Canis Minor	0,40	F5 IV-V	6,7	10,8	-3,2	21,0	7,2	1,9	dubbelster met witte dwerg; 40,8 y
Achernar	α Eridanus	0,45	B3V	16,0	132	16	19	1000	7	afgeplat door snelle rotatie
Betelgeuze	α Orion	0,45	M2 I	3,6	470	22	22	13000	700	onregelmatig variabel; ~ 2335 d
Agena	β Centaurus	0,61	B1 III	24,0	370		23	7000	14	veranderlijke ster, periode 0,16 d
Altair	α Aquila	0,76	A7 IV-V	8,0	15,8	-26	16,1	11	10,1	afgeplat door snelle rotatie
Aldebaran	α Taurus	0,87	K5 III	3,6	63,1	54,1	19,3	160	64	rode reus
Spica	α Virgo	0,98	B1V	25,0	235	1	19	2000	8	dubbelster; 4 d
Antares A	α Scorpius	1,06	M1 I	3,0	520	-3	20	9000	1100	superreus, onregelmatig variabel
Pollux	β Gemini	1,16	K0 III	5,0	32,0	3,3	30,8	31	37	dichtstbijz. rode reus
Fomalhaut	α Piscis Australis	1,17	A3V	8,5	23,8	7	13,4	17	16,0	heeft stofring met planeet
Deneb	α Cygnus	1,25	A2 I	9,0	1300	-5	6	50000	90	superreus
Mimosa	β Cruc	1,25	B0,5 III	25,0	260	16	19	2000	7	variatie met 1%; periode 0,20 d
Regulus	α Leo	1,36	B7V	12,0	75	6	28,7	140	4	wijde dubbelster met rode dwerg
Castor	α Gemini	1,58	A2V	9,5	48	0	18	50	2,7	systeem van 3 dubbelsterren
Polaris	α Ursa Minor	1,97	F7 I-II	5,9	410	-17	29	2400	47	poolster; pulsatievariabele; 4 d
Algol	β Perseus	2,09	B8V	10,0	85	4	0,4	90	110	eclipsende dubbelster; 2,9 d
Mizar	ζ Ursa Major	2,23	A2V	9,0	81	-6	15	75	80	systeem van 3 dubbelsterren
Schedar	α Cassiopeia	2,24	K0 II-III	4,5	216	-4,0	20,0	520	45	oranje reus
Sirius B	α^2 Canis Major	8,44	DA	24,8	8,2	-8	16,7	0,0025	0,024	witte dwerg bij Sirius A; 50 y
Barnard		9,54	M4V	3,0	5,6	-106,7	89,6	0,00043	0,0045	ster met hoogste eigenbeweging
Proxima Cent.	α^3 Centaurus	11,01	M5,5V	2,6	4,0	-22	23,7	0,000056	0,0018	dichtstbijz. ster na de zon
Wolf 359	CN Leo	13,53	M6 Ve	2,4	7,4	10	52	0,000018	0,0013	zeer zwakke ster

32

Gegevens van sterren

C

De zon

afstand zon – aarde, gem.	$1,496 \cdot 10^{11} \text{ m} = 1 \text{ AE}$	ontsnappingsnelheid	$6,1754 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$
perihelium, rond 4 januari	$1,47 \cdot 10^{11} \text{ m}$	rotatieperiode, siderisch	aan equator 25,7 d
aphelium, rond 4 juli	$1,52 \cdot 10^{11} \text{ m}$		op 75° breedte 33,4 d
massa	$1,9884 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	uitgestraald vermogen	$3,85 \cdot 10^{26} \text{ W}$
straal	$6,963 \cdot 10^8 \text{ m}$	zonneconstante op aarde	$1,368 \cdot 10^3 \text{ W m}^{-2}$
dichtheid, gemiddeld	$1,410 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$	stellaire magnitude	-26,78
gravitatieversnelling	$273,6 \text{ m s}^{-2}$	centrale temperatuur	$1,55 \cdot 10^7 \text{ K}$
aan oppervlak		centrale druk	$2,33 \cdot 10^{16} \text{ Pa}$

D

De melkweg

klasse	Sb bc	aantal sterren	$2 - 4 \cdot 10^{11}$
		centrale deel	$5 \cdot 10^{10}$
afstand zon-middelpunt	$2,5 \cdot 10^{20} \text{ m}$	diameter	$9 \cdot 10^{20} \text{ m}$
omlooptijd zon	$2,45 \cdot 10^8 \text{ y}$	centrale deel	$2 \cdot 10^{20} \text{ m}$
omloopssnelheid zon	$2,20 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$	dikte	$1,2 \cdot 10^{20} \text{ m}$
lengte centrale arm	$2,4 \cdot 10^{20} \text{ m}$	centrale deel	$6 \cdot 10^{19} \text{ m}$
		massa	$7,5 \cdot 10^{11} m_{\odot}$
		centrale deel	$1,5 \cdot 10^8 m_{\odot}$

E

De lokale groep

naam		afstand	visuele magnitude	klasse	diameter	massa	radiële snelheid
(totaal plm. 60 stelsels)		10^{21} m			10^{19} m	$m_{\odot}$	10^3 m s^{-1}
Dwergstelsel (dichtstbijzijnde) ¹	CMa	0,024		Irr	0,0025		81
Krabstelsel M1 = NGC 1952 ¹	Tau	0,066	8,4	supernovarestant	0,0057		
Grote Magelaense Wolk (LMC)	Dor	1,6	0,1	Irr SB(s)m	24	10^{10}	-270
Kleine Magelaense Wolk (SMC)	Tuc	1,5	2,3	dB(s)m pec	15	$1,5 \cdot 10^9$	158
Dwergstelsel Ursa Minor	UMi	1,9	10,9	dE4			-247
Dwergstelsel Sculptor	Scu	2,8	10,1	E (dwerg)			110
Stelsel Draco	Dra	2,5	10,9	dSph/E0 pec			-292
Fornax dwergstelsel	For	4,4	9,3	dSph/E2	19	$2 \cdot 10^7$	53
Dwergstelsel Leo I	Leo	8,5	9,8	dE3			285
Dwergstelsel Leo II	Leo	7,1	12,6	dSph/E0 pec			0
Barnard's stelsel NGC 6822	Sag	14	9,3	Irr (dwerg)	6	10^9	-40
IC 1613 = UGC 668	Cet	20	9,3	IBm	5,6		-234
M110 = Stelsel NGC 205	And	25	8,5	E5 E6p (dwerg)	13	10^{10}	-240
NGC 185	Cas	19	9,2	E3 Ell (dwerg)	2		-227
Andromedanevel M 31 = NGC 224	And	25	5,0	SA(s)b	160	$3 \cdot 10^{11}$	-275
Stelsel M 32 = NGC 221	And	25	9,5	E2 (dwerg)	7	$3 \cdot 10^9$	-210
NGC 147	Cas	21	9,5	E5 (dwerg)	8	$9 \cdot 10^9$	-250
Driehoekstelsel M 33 = NGC 598	Tri	27	7,8	SAc	50	$2,5 \cdot 10^{10}$	-190

¹ ► behoren bij onze melkweg

Melkweg $\subset$ Lokale groep $\subset$ Virgo supercluster $\subset$ superclusters $\subset$ heelal

<i>binnen deze afstand (ly)</i>	<i>aantal sterren</i>	<i>aantal dwergstelsels</i>	<i>aantal grote melkwegstelsels</i>	<i>aantal clusters</i>	<i>aantal superclusters</i>
12,5	33				
250	$2,6 \cdot 10^5$				
$5 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^8$				
$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{11}$				
$5 \cdot 10^5$	$2,25 \cdot 10^{11}$	12	1		
$5 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^{11}$	46	3		
$1 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	200	
$1 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^{17}$	$6 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^5$	100
zichtbare heelal	$3 \cdot 10^{22}$	$7 \cdot 10^{12}$	$3,5 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^7$

Voorbeelden van clusters

<i>naam</i>	<i>afstand 10^{24} m</i>	<i>radiële snelheid 10^6 ms⁻¹</i>	<i>aantal stelsels</i>	<i>rood verschuiving (relatief)</i>
cluster in Virgo	0,66	1,15	2500	0,004
cluster in Perseus	3,1	5,4	500	
cluster in Coma Berenices	3,8	6,7	1500	
cluster I in Ursa Major	8,8	15,5	300	0,05
cluster in Corona Borealis	12	21,7	400	
quasar PG 0804 + 761	16	28		0,1
cluster II in Ursa Major	23	40,4	400	0,13
cluster in Hydra	34	60,5		0,2
quasar 3 C 48	51	92		0,37
quasar 3 C 446	118	211		1,4
quasar PHL 957	145	258		2,69

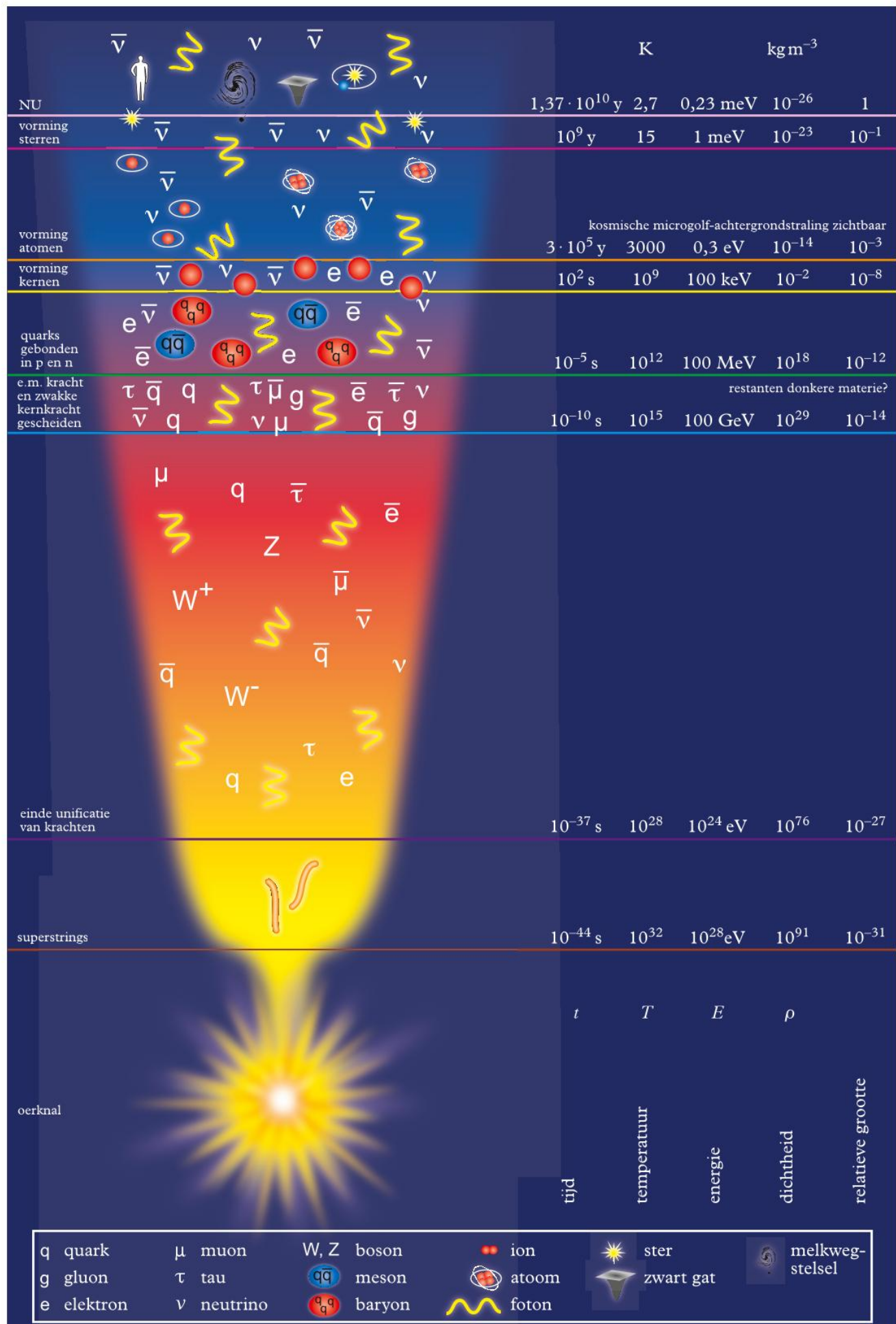
Hubble-constante $H_0 = 2,28 (\pm 0,05) \cdot 10^{-18} \text{ ms}^{-1} \text{ m}^{-1}$

Voorbeelden van exoplaneten

<i>ster</i>	<i>afstand</i>	<i>planeten</i>	<i>type^{1,2}</i>	<i>afstand tot ster</i>	<i>omlooptijd</i>	<i>straal</i>	<i>massa</i>	<i>ontdekking</i>
	ly			AE	d	m	$m_\oplus$	
HD114762 ¹	132	b	G	0,353	84		>3500	1989
PSR B1257	980	b	P	0,19	25	$1,4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$	1991
		c	P	0,36	66			1994
		d	P	0,46	98			1994
70 Virgo	59	b	G	0,48	116	$1,3 \cdot 10^9$	2400	1996
γ Andromedae	44	b	HJ	0,06	4,6		$2,3 \cdot 10^2$	1996
		c	HJ	0,83	241		$6,7 \cdot 10^2$	1999
		d	HJ	2,5	$1,3 \cdot 10^3$		$1,5 \cdot 10^3$	1999
Gliese 876	4,7	b	G	0,21	61,0		$6 \cdot 10^2$	1998
		c	G	0,13	30,1		$1,8 \cdot 10^2$	2000
		d	G	0,02	1,9		7,5	2005
		e	G	0,33	124		15	2010
Kepler 22	620	b	N	0,85	289,9	$1,53 \cdot 10^7$	35	2011
HAT-P-36 b	97	b		0,024	1,3	$9,2 \cdot 10^7$	1,8	2012

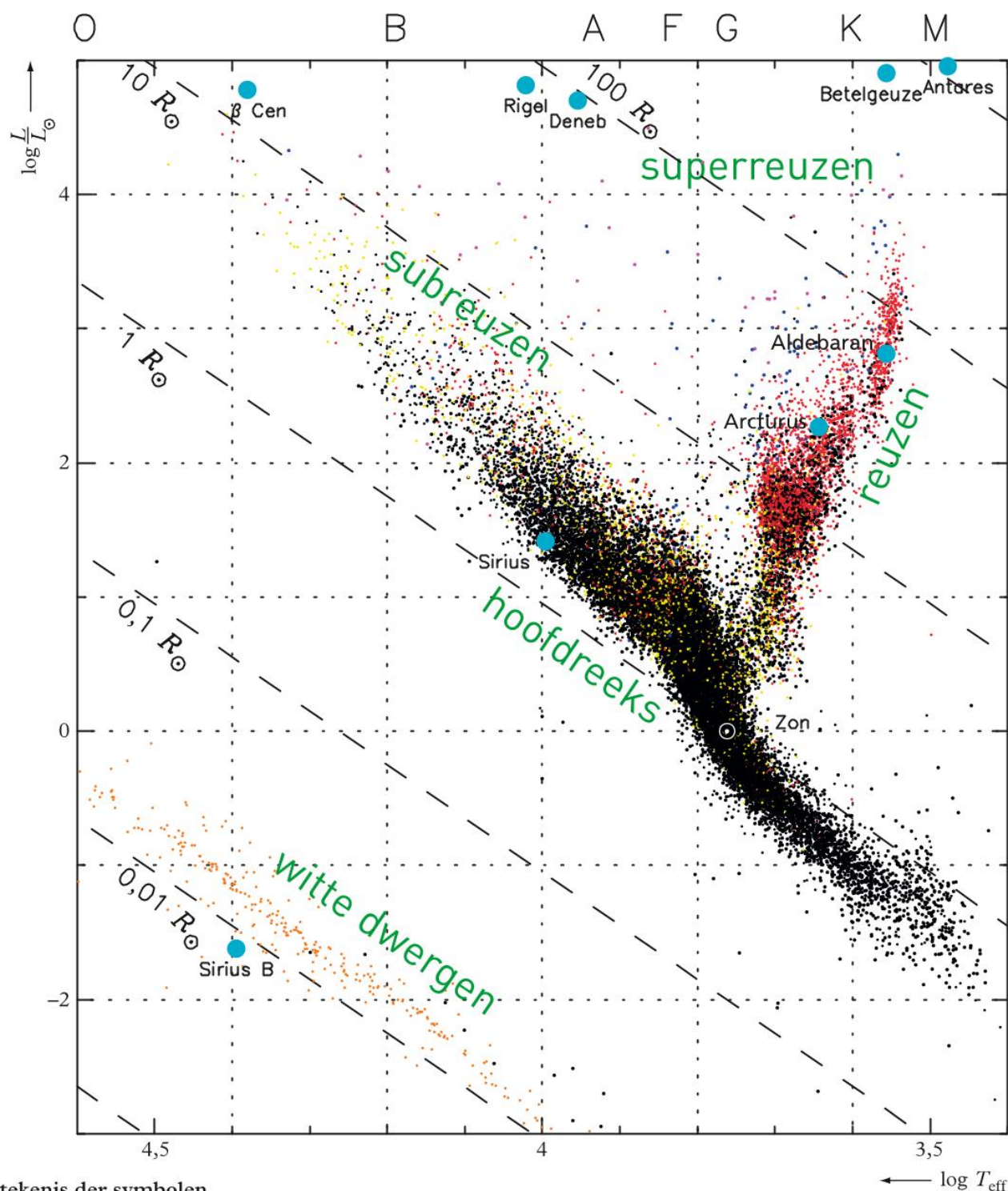
1 ► Bij ontdekking van nieuwe planeten krijgt de ster de naam a, de planeten heten b, c, d, etc.

2 ► type: G = gasreus, HJ = hete jupiterachtige, N = neptunusachtige, P = pulsarplaneet



Spectraaltypen van sterren

Verband tussen de spectraalclassificatie en de temperatuur van sterren van de hoofdreeks



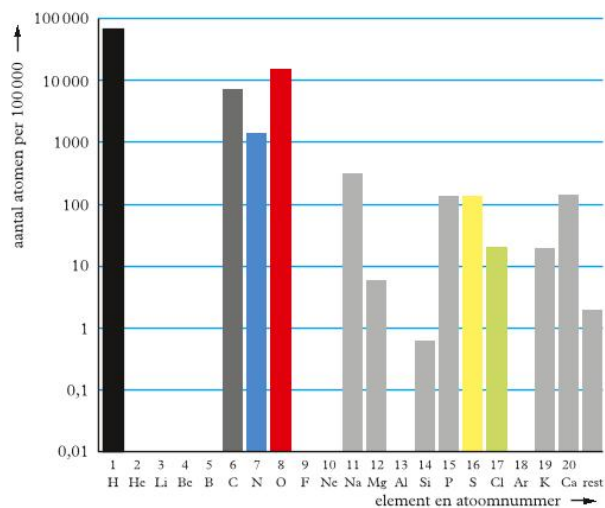
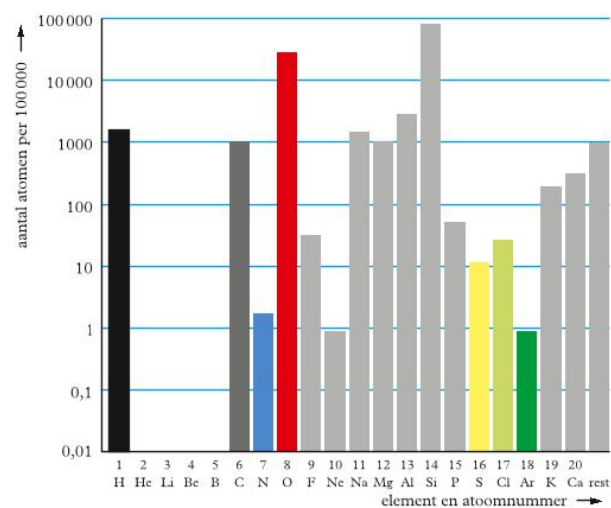
Betekenis der symbolen

L lichtsterkte van de ster
 R straal van de ster

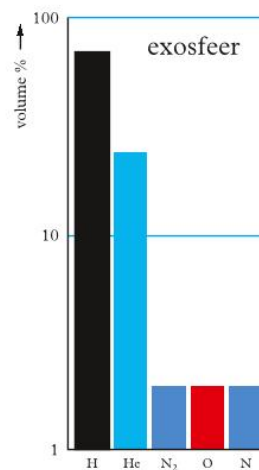
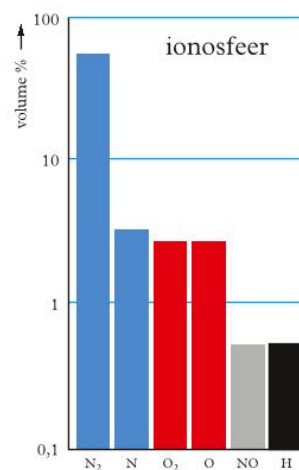
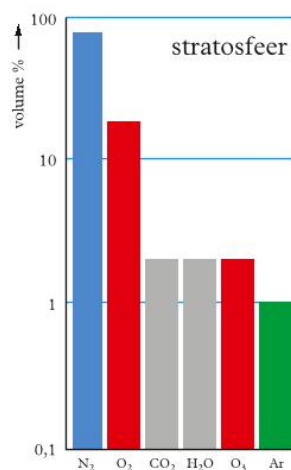
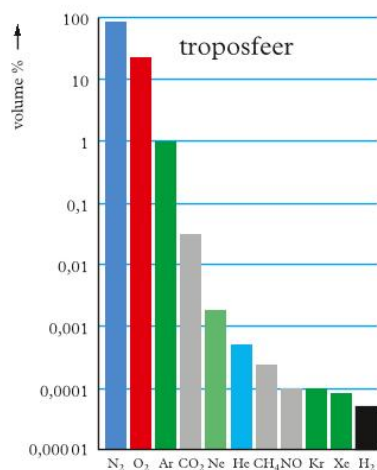
T temperatuur in K
 (alleen voor sterren van de hoofdreeks)
 ☉ zon

● hoofdreeks
 ● subreus
 ● reus
 ● heldere reus
 ● superreus
 ● witte dwerg

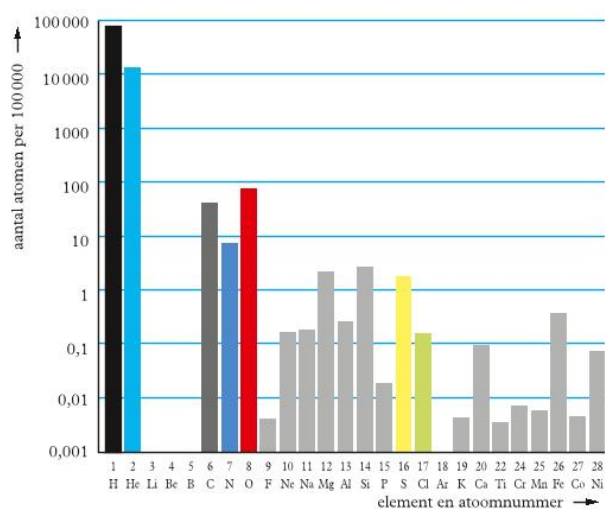
menselijk lichaam

aardkorst¹

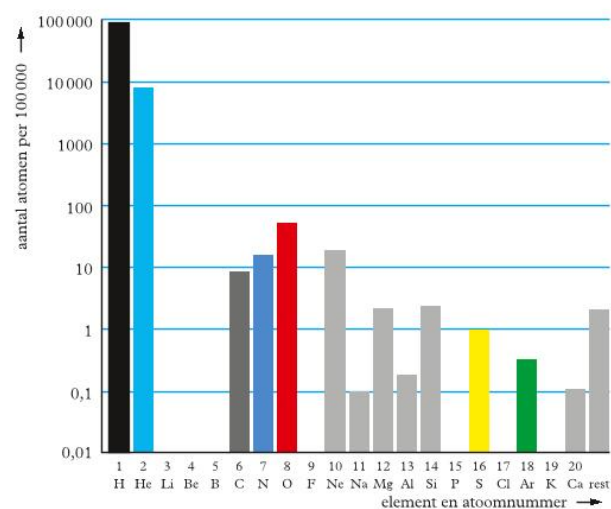
atmosfeer van de aarde



zon



heelal



■ De verticale schaal is logaritmisch.

¹ Zie ook tabel 40B.

	havo/vwo	vwo	overige
A1 Rechthoekige beweging			
verplaatsing			$\Delta x = x_2 - x_1$
tijdsduur			$\Delta t = t_2 - t_1$
verplaatsing bij eenparige beweging	$s = vt$		
verplaatsing bij willekeurige beweging			$s = v_{\text{gem}} t$
plaatsfunctie eenparige beweging			$x_{(t)} = x_0 + vt$
gemiddelde snelheid	$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$		
snelheid	$v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$	$v = \frac{dx}{dt}$	$v = x'$
gemiddelde versnelling	$a_{\text{gem}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$		
versnelling	$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$	$a = \frac{dv}{dt}$	$a = v' = x''$
eenparig versnelde beweging			
plaatsfunctie			$x_{(t)} = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$
snelheidsfunctie			$v_{(t)} = v_0 + at$
A2 Cirkelbeweging			
afgelegde baan			$s = \varphi r$ φ in rad
afgelegde hoek			$\varphi = \omega t$
hoeksnelheid			$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
baansnelheid	$v = \frac{2\pi r}{T}$		$v = \omega r = 2\pi fr$
middelpuntzoekende versnelling			$a_{\text{mpz}} = \omega^2 r = \frac{v^2}{r} = \omega v$
middelpuntzoekende kracht	$F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$		$F_{\text{mpz}} = m\omega^2 r = m\omega v$
A3 Kracht en impuls			
resulterende kracht		$\vec{F}_{\text{res}} = \sum_i \vec{F}_i$	
tweede wet van Newton	$F_{\text{res}} = ma$	$\vec{F}_{\text{res}} = \sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$	
derde wet van Newton		$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$	
zwaartekracht	$F_z = mg$	$\vec{F}_z = m\vec{g}$	
maximale wrijvingskracht bij schuiven		$F_{w,s,\text{max}} = f F_n$	
luchtweerstandskracht		$F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho C_w A v^2$	
veerkracht	$F_v = Cu$		
impuls		$p = mv$	
wet van behoud van impuls			$\sum \vec{p}_{\text{voor}} = \sum \vec{p}_{\text{na}}$
kracht en impuls			$F = \frac{dp}{dt}$
krachtschoot (bewegingswet)			$\vec{S} = \vec{F} \Delta t = m \Delta \vec{v} = \Delta \vec{p}$

	<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
A4 Arbeid en energie			
arbeid	$W = Fs$	$W = Fs \cos \alpha$	$W = \int F_s ds$
kinetische energie	$E_k = \frac{1}{2}mv^2$		
zwaarte-energie	$E_z = mgh$		
veerenergie		$E_v = \frac{1}{2}Cu^2$	
wet van arbeid en energie	$W_{\text{tot}} = \Delta E_k$	$\Sigma W = \Delta E_k$	
wet van behoud van energie	$E_{\text{tot, in}} = E_{\text{tot, uit}}$	$\Sigma E_{\text{in}} = \Sigma E_{\text{uit}}$	
vermogen	$P = \frac{W}{t} = \frac{E}{t} = Fv$		
chemische energie	$E_{\text{ch}} = r_V V$		
	$E_{\text{ch}} = r_m m$		
rendement	$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$		
windvermogen			$P = \frac{1}{2}\rho A v^3$
A5 Gravitatie			
gravitatiekracht	$F_g = G \frac{mM}{r^2}$		
gravitatie-energie (t.o.v. oneindig)		$E_g = -G \frac{mM}{r}$	
perkenwet van Kepler			$\omega r^2 = \text{constant}$
cirkelbaan van Kepler			$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$
A6 Vervorming			
druk			$p = \frac{F}{A}$
relatieve rek	$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$		
elasticiteitsmodulus	$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$		
treksterkte (mechanische spanning)	$\sigma = \frac{F}{A}$		
veerconstante			$C = \frac{F}{u}$
wet van Hooke			$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l_0}$
compressiemodulus			$K = -\frac{V}{\Delta V} p$
A7 Statica en rotatie			
hefboomwet	$F_1 r_1 = F_2 r_2$		
krachtmoment			$M = F_{\perp} r$
evenwichtsvoorwaarden			$\Sigma \vec{M} = 0 \text{ en } \Sigma \vec{F} = 0$
hoeksnelheid			$\omega = \frac{d\phi}{dt} = \phi'$
hoekversnelling			$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \omega' = \phi''$
traagheidsmoment			
algemeen			$I = \sum_i m_i r_i^2$

	<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
holle cilinder (lichaamsas)			$I = mR^2$
massieve cilinder (lichaamsas)			$I = \frac{1}{2} mR^2$
holle bol (as door M)			$I = \frac{2}{3} mR^2$
massieve bol (as door M)			$I = \frac{2}{5} mR^2$
schijf (as in vlak schijf door M)			$I = \frac{1}{4} mR^2$
staaf (as $\perp$ staaf door M)			$I = \frac{1}{12} ml^2$
staaf (as $\perp$ staaf door eindpunt)			$I = \frac{1}{3} ml^2$
impulsmoment voorwerp			$L = I\omega$
impulsmoment puntmassa			$L = mv_{\perp} r$
krachtmoment			$M = I\alpha$
rotatie-energie			$E = \frac{1}{2} I\omega^2$
torsieconstante			$\kappa = \frac{M}{\varphi}$

Trillingen, golven en optica

B

B1 Trillingen

frequentie	$f = \frac{1}{T}$		
faseverschil		$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T}$	
harmonische trilling			
uitwijking		$u = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$	
maximale snelheid		$v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}$	
kracht		$\vec{F}_{\text{res}} = -C\vec{u}$	
gedempte harmonische trilling			$u_{(t)} = Ae^{-\delta t} \sin(2\pi ft)$
trillingstijd			
massa-veersysteem	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$		
mathematische slinger			$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
fysische slinger			$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}$
torsieslinger			$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{\kappa}}$

B2 Golven

golfsnelheid	$v = f\lambda$		$v = \frac{\lambda}{T}$
fase-achterstand		$\Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda}$	
voortplantingssnelheid lopende golf			
transversale golf in koord of snaar			$v = \sqrt{\frac{F_s l}{m}}$

<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
transversale golf aan vloeistofoppervlak		$v = \sqrt{gh}$
longitudinale golf in vaste stof		$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$
longitudinale golf in vloeistof		$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$
longitudinale golf in gas		$v = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \frac{p}{\rho}} = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \frac{RT}{M}}$
voorwaarde voor staande golf		
twee vaste of twee open uiteinden	$l = n \frac{1}{2} \lambda$	
een open en een gesloten uiteinde	$l = (2n - 1) \frac{1}{4} \lambda$	
brekingswet van Huygens		$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = n_{1 \rightarrow 2}$
dopplereffect (klassiek)		$f_w = f_b \frac{v - v_w}{v - v_b}$
geluiddrukkniveau in dB(A); $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$		$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$
geluidintensiteitsniveau in dB(A); $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$		$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$
intensiteit volgens kwadratenwet	$I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi r^2}$	
B3 Geometrische optica		
terugkaatsingswet		$\angle i = \angle t$
brekingswet		$n_{1 \rightarrow 2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$
brekingswet van Snellius		$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{1 \rightarrow 2}$
lenzenformule		$S = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$
vergroting		$N_{\text{lin}} = \left \frac{b}{v} \right $
grenshoek		$\sin g = \frac{1}{n}$
hoekvergroting loep bij ongeaccommodeerd oog		$N_{\text{ang}} = \frac{n}{f}$
sterkte dunne lens		$S = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$
sterkte lenzenstelsel		$S = S_1 + S_2 + \dots$
vergroting telescoop		$N_{\text{ang}} = \frac{f_{\text{obj}}}{f_{\text{oc}}}$
bolle (holle) spiegel		$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$
B4 Golfoptica		
maxima tralie		$\sin \alpha_n = \frac{n\lambda}{d}$
dubbele spleet		$\sin \alpha_n = \frac{n\lambda}{d}$
braggreflectie		$\cos \alpha_n = \frac{n\lambda}{2d}$

	<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
C1 Algemeen			
druk			$p = \frac{F}{A}$
dichtheid	$\rho = \frac{m}{V}$		
temperatuur	$T_{\text{celsius}} = T_{\text{kelvin}} - 273,15$		
uitzetting:			
lengte			$l = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$
volume			$V = V_0 (1 + \gamma \Delta T) \quad \gamma = 3\alpha$
C2 Vloeistoffen			
druk (statisch)			$p = \rho gh$
druk (bewegend)			$p = \frac{1}{2} \rho v^2$
wet van Archimedes			$F_{\text{opw}} = \rho g V$
debiet			$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A v$
continuïteit			$A v = \text{constant}$
wet van Bernoulli			$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{constant}$
wet van Stokes			$F_w = 6 \pi \eta r v$
wet van Poiseuille			$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi r^4}{8 \eta l} \Delta p$
C3 Gassen			
algemene gaswet			$pV = nRT$
formule van Van der Waals			$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$
uitzetting			
constante druk			$V_t = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$
constant volume			$p_t = p_0 (1 + \gamma \Delta T)$
molaire massa			$M = N_A m_{\text{molecuul}}$
massa van een hoeveelheid gas			$m = nM$
adiabaat			$pV^\gamma = \text{constant} \quad \gamma = \frac{c_p}{c_v}$
gemiddelde absolute snelheid			$\overline{ v } = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_m}}$
meest waarschijnlijke snelheid			$v_w = \sqrt{\frac{2kT}{m_m}}$
C4 Warmteleer			
soortelijke warmte	$Q = cm\Delta T$		$c = \frac{C}{m}$
soortelijke warmte gas			
bij constante druk			$c_p = \frac{Q_p}{m\Delta T}$
bij constant volume			$c_v = \frac{Q_v}{m\Delta T}$
smeltwarmte			$r_s = \frac{Q_s}{m}$

	<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
verdampingswarmte			$r_v = \frac{Q_v}{m}$
uitwendige arbeid verricht door een gas			$W_u = p\Delta V$
eerste hoofdwet			$Q = \Delta E_{\text{pot}} + \Delta E_k + W_u$
rendement motor			$\eta = \frac{W_u}{Q}$
rendement carnotmachine			$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
tweede hoofdwet			$\eta = \frac{W_u}{Q} < 1$
entropie			$S = k \ln W$
entropieverandering			$\Delta S = \int \frac{1}{T} dQ$
warmtestroom	$P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$		$P = \frac{dQ}{dt}$

D1 Stromende elektriciteit

stroomsterkte	$I = \frac{Q}{t}$	$U = \frac{\Delta E}{Q}$	
spanning			
wet van Ohm	$U = IR$		
	$I = GU$		
geleidbaarheid	$G = \frac{1}{R}$		
serieschakeling			
stroomsterkte	$I_{\text{tot}} = I_1 = I_2 = \dots$		
spanning	$U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + \dots$		
weerstand en geleiding	$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots$		$\frac{1}{G_{\text{tot}}} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots$
parallelschakeling			
stroomsterkte	$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + \dots$		
spanning	$U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = \dots$		
weerstand en geleiding	$G_{\text{tot}} = G_1 + G_2 + \dots$		$\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
vermogen elektrische stroom	$P = UI$		
energie	$E = Pt$		
soortelijke weerstand	$\rho = \frac{RA}{l}$		
weerstand afhankelijk van temperatuur			$R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$
wetten van Kirchhoff			
stroomsterkte: voor een punt			$\sum_i I_i = 0$
spanning: voor een kring			$\sum_i U_i = 0$
elektrolyse			$m = AIt = \frac{A_r}{Fv} It$

	<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
D2 Elektrisch veld			
wet van Coulomb		$F_{\text{el}} = f \frac{qQ}{r^2}$	$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0}$
spanning (t.o.v. ∞) bij een puntlading			$U_{\text{el}} = -f \frac{Q}{r}$
elektrische veldkracht		$\vec{F}_{\text{el}} = q\vec{E}$	
veldsterkte en spanning			$E = \frac{U}{\Delta x}$
toename elektrische energie		$\Delta E_{\text{el}} = qU$	
kinetische energie in elektrisch veld		$\Delta E_{\text{k}} = -\Delta E_{\text{el}}$	
arbeid door elektrisch veld			$W_{\text{A} \rightarrow \text{B}} = qU_{\text{AB}}$
condensator			
capaciteit			$C = \frac{Q}{U}$
energie			$E = \frac{1}{2} CU^2$
stroom bij opladen			$I_{(t)} = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
spanning bij opladen			$U_{(t)} = U_{\infty} (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
serie			$\frac{1}{C_{\text{tot}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$
parallel			$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2 + \dots$
D3 Magnetisch veld			
lorentzkracht			
op stroomvoerende draad		$F_{\text{L}} = BIl$	$F_{\text{L}} = BIl \sin \alpha$
op bewegend geladen deeltje		$F_{\text{L}} = Bqv$	$F_{\text{L}} = Bqv \sin \alpha$
magnetische flux		$\Phi = B_{\perp} A$	$\Phi = BA \cos \alpha$
magnetische inductie (veldsterkte)			$\mu = \mu_0 \mu_r$
bij een lange draad			$B = \mu \frac{I}{2\pi r}$
magnetische inductie			
in een lange spoel			$B = \mu \frac{NI}{l}$
in een korte spoel			$B = \mu \frac{NI}{l} \frac{l}{\sqrt{l^2 + 4r^2}}$
ten gevolge van één winding			$B_{\text{as}} = \frac{1}{2} \mu \frac{r^2 I}{(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}}$
wet van Ampère			$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{r} l$
D4 Wisselstroom en inductie			
inductiespanning		$U_{\text{ind}} \propto N$ $U_{\text{ind}} \propto \frac{d\Phi}{dt}$	$U_{\text{ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt}$
zelfinductiespanning			$U_{\text{zelfind}} = -L \frac{dI}{dt}$

	<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
coëfficiënt van zelfinductie			
lange spoel			$L = \mu \frac{N^2 A}{l}$
in serie			$L_{\text{tot}} = L_1 + L_2 + \dots$
parallel			$\frac{1}{L_{\text{tot}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$
energie van stroomspoel			$E = \frac{1}{2} LI^2$
stroomsterkte in stroomspoel bij uitschakelen			$I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$
capaciteit plaatcondensator			$C = \frac{\epsilon A}{d}$
wisselspanning			$U = U_{\text{max}} \sin(2\pi ft)$
wisselstroom			$I = I_{\text{max}} \sin(2\pi ft)$
effectieve spanning			$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\text{max}}$
effectieve stroomsterkte			$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\text{max}}$
effectief vermogen			$P_{\text{eff}} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} = \frac{1}{2} P_{\text{max}}$
(ideale) transformator			
spanning			$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$
stroomsterkte			$\frac{U_p}{U_s} = \frac{I_s}{I_p}$
vermogen			$P_p = P_s$

E1 Straling

wet van Stefan-Boltzmann

wet van Wien

dopplerverschuiving

wet van Lambert-Beer

$$\lambda_{\text{max}} T = k_W$$

$$P_{\text{bron}} = \sigma A T^4$$

$$v = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} c$$

$$I_{(x)} = I_0 e^{-\alpha x}$$

E2 Atoomfysica

energie van een foton

snelheid e.m. straling

spectraallijn

uittree-arbeid

foto-elektrisch effect

impuls van een foton

atoommodel van Bohr

$$E_f = hf$$

$$c = f\lambda$$

$$E_f = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E_f = |E_m - E_n|$$

$$W = hf_{\text{grens}}$$

$$E_k \leq hf - W_u$$

$$p = mc = \frac{h}{\lambda}$$

$$r_n = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi e^2 m_e} n^2$$

$$E_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2}$$

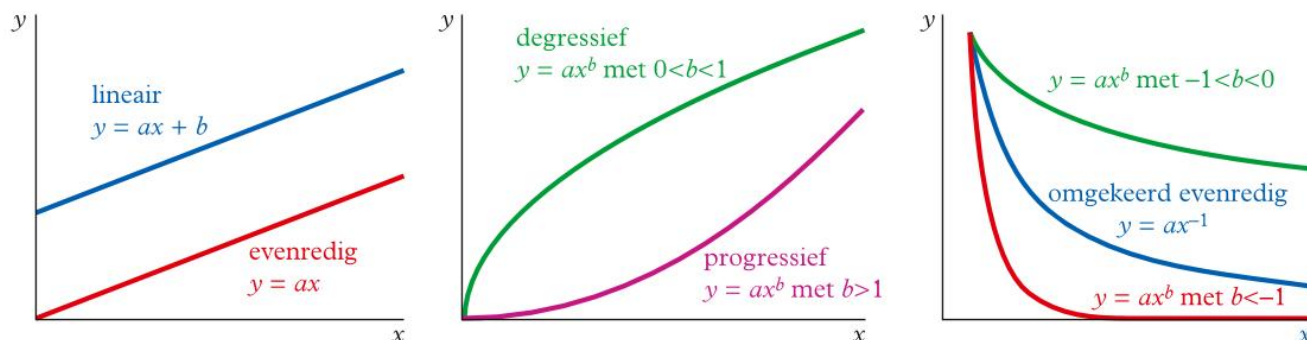
$$E_n = -\frac{13,6 \text{ (in eV)}}{n^2}$$

baanstraal

energie waterstofatoom

	havo/vwo	vwo	overige
E3 Kernfysica en radioactiviteit			
aantal nucleonen in kern	$A = N + Z$		
formule van Einstein			$E = mc^2$
aantal moederkernen	$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad n = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$	$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$	
(radio)activiteit	$A = -\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}}$ $A_{\text{gem}} = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$	$A = -\frac{dN}{dt}$ $A = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N$	
verzwakking γ -straling	$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad n = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$	$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$	
gemiddelde energie β -deeltje			$\bar{E} = \frac{1}{3} E_{\text{max}}$
(geabsorbeerde stralings)dosis	$D = \frac{E}{m}$		
dosisequivalent	$H = w_R D$		
effectieve totale lichaamsdosis			$H_{\text{eff}} = \sum w_{\text{org}} H_{\text{org}}$
effectieve halveringstijd			$t_{\frac{1}{2}}^{\text{eff}} = \frac{t_{\frac{1}{2}} \cdot t_{\frac{1}{2}}^{\text{biol}}}{t_{\frac{1}{2}} + t_{\frac{1}{2}}^{\text{biol}}}$
E4 Quantummechanica			
golflengte van de Broglie		$\lambda = \frac{h}{p}$	$\lambda = \frac{h}{m_0 v}$
onzekerheidsrelatie van Heisenberg (plaats en impuls)		$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$	
deeltje-in-een-doosje-model (eendimensionaal)		$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$	
normeringsvoorwaarde			$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) ^2 dx = 1$
schrödingervergelijking (waterstofatoom)			$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{d^2 \psi}{dy^2} + \frac{d^2 \psi}{dz^2} = -\frac{8\pi^2 m}{h^2} \left(E + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}\right) \psi$
E5 Vaste-stof-fysica			
driftsnelheid			$v_D = \frac{eU}{m_e l} \tau$
stroom			$I = nev_D A$
hallspanning			$U_H = Bv_D b$
PTC-weerstand			$R = R_0 (1 + \alpha t)$
NTC-weerstand			$R_{(T)} = C e^{\frac{B}{T}}$
E6 Relativiteitstheorie			
gammafactor			$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
tijddilatatie (tijddrek)			$\Delta t_b = \frac{\Delta t_e}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \Delta t_e$

	<i>havo/vwo</i>	<i>vwo</i>	<i>overige</i>
lorentzcontractie (lengtekrimp)			$l_b = l_e \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{l_e}{\gamma}$
samenstellen snelheden			$w = \frac{u+v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$
dopplereffect			$f_b = f_e \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$
relativistische massa			$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m_0$
energie (Einstein)			$E = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$
E7 Weerkunde en natuurkunde van de atmosfeer			
barometrische hoogteverdeling			$p_{(h)} = p_0 e^{-\frac{M_F g h}{R T}}$
ideale gaswet voor open systemen			$\rho = \frac{pM}{RT}$
relatieve luchtvochtigheid			$e_{(T)} = \frac{p_{(T)}}{p_{\max(T)}}$
wolkenhoogte			$h_c = c_1 (T - T_d)$
valsnelheid voor kleine regendruppels (mist)			$v = \frac{2\rho_g}{9\eta} r^2$



Lengte, oppervlakte en inhoud

B

		<i>lengte</i>	<i>oppervlakte</i>	<i>inhoud</i>
	cirkel $d = 2r$	omtrek $2\pi r$	πr^2	
	boog	αr		
	sector met middelpuntshoek α		$\frac{1}{2}\alpha r^2$	
	bol		$4\pi r^2$	$\frac{4}{3}\pi r^3$
	cilinder		$2\pi rh + 2\pi r^2$	$\pi r^2 h$
	kegel		$\pi r\sqrt{r^2 + h^2} + \pi r^2$	$\frac{1}{3}\pi r^2 h$
	piramide			$\frac{1}{3}Ah$

Vierkantsvergelijking

C

De oplossingen van $ax^2 + bx + c = 0$ zijn: $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ ($a \neq 0$ en $b^2 - 4ac \geq 0$)

Machten en logaritmen

D

$a^p \cdot a^q = a^{p+q}$	$(a > 0)$	$(a^p)^q = a^{pq}$	$(a > 0)$
$(a \cdot b)^p = a^p \cdot b^p$	$(a, b > 0)$	$a^{-p} = \left(\frac{1}{a}\right)^p = \frac{1}{a^p}$	$(a > 0)$
$b = a^p \Leftrightarrow a = b^{\frac{1}{p}}$	$(a, b > 0; p \neq 0)$	$y = e^x \Leftrightarrow x = \ln y$	$(y > 0)$
$y = a^x \Leftrightarrow x = {}^a\log y$	$(a, y > 0; a \neq 1)$		
${}^a\log uv = {}^a\log u + {}^a\log v$	$(a > 0; u, v > 0)$		
${}^a\log u^v = v \cdot {}^a\log u$	$(a > 0; a \neq 1; u > 0)$		
${}^a\log u = \frac{{}^b\log u}{{}^b\log a}$	$(a, b, u > 0; a, b \neq 1)$		

$$\text{cirkel} \quad x^2 + y^2 = r^2$$

$$\text{ellips} \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$\text{hyperbool} \quad \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$\text{parabool} \quad y = ax^2$$

$$\text{excentriciteit} \quad \varepsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

$$\text{raaklijnen} \quad y = \pm \frac{b}{a}x$$

$$\text{afstand brandpunt-top} \quad \frac{1}{4}a$$

<i>functie</i>	<i>afgeleide</i>	<i>primitieve</i>
$f(x)$	$f'(x) = \frac{df}{dx}$	$F(x) = \int f(x) dx$
$f(x) + g(x)$	$f'(x) + g'(x)$	
$C \cdot f(x)$	$C \cdot f'(x)$	
$f(x) \cdot g(x)$	$f'(x) \cdot g(x) + f(x) \cdot g'(x)$	
$\frac{f(x)}{g(x)}$	$\frac{f'(x) \cdot g(x) - f(x) \cdot g'(x)}{g^2(x)}$	
$f(g(x))$	$g'(x) \cdot f'(g(x))$	
ax^n	nax^{n-1}	$\frac{1}{n+1}ax^{n+1} + C \quad (n \neq -1)$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\ln x + C$
$\sin x$	$\cos x$	$-\cos x + C$
$\cos x$	$-\sin x$	$\sin x + C$
$\tan x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$	$-\ln \cos x + C$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$	$x \ln x - x + C$
$a \log x$	$\frac{1}{x \ln a}$	$\frac{1}{\ln a}(x \ln x - x) + C \quad (a > 0)$
e^{ax}	ae^{ax}	$\frac{1}{a}e^{ax} + C \quad (a \neq 0)$
p^x	$p^x \cdot \ln p$	$\frac{1}{\ln p} \cdot p^x + C \quad (p > 0, p \neq 1)$

$$\sin(-t) = -\sin t \quad \cos(-t) = \cos t \quad \tan t = \frac{\sin t}{\cos t}$$

$$\sin\left(\frac{1}{2}\pi - t\right) = \cos t \quad \cos\left(\frac{1}{2}\pi - t\right) = \sin t \quad \tan\left(\frac{1}{2}\pi - t\right) = \frac{1}{\tan t}$$

$$\sin 2t = 2 \sin t \cdot \cos t \quad \cos 2t = \cos^2 t - \sin^2 t = 2 \cos^2 t - 1 = 1 - 2 \sin^2 t$$

$$\text{sinusregel: } \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2r \quad (r \text{ is de straal van de omschreven cirkel})$$

$$\text{cosinusregel: } c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin\left(\frac{1}{2}(\alpha + \beta)\right) \cos\left(\frac{1}{2}(\alpha - \beta)\right)$$

$$\text{rekenkundige rij} \quad \sum_{i=1}^n a + (i-1)v = na + \frac{n(n-1)}{2}v$$

$$\text{meetkundige rij} \quad \sum_{i=1}^n ar^{i-1} = a \frac{r^n - 1}{r - 1} \quad \sum_{i=1}^{\infty} ax^{i-1} = a \frac{1}{1-x} \quad (-1 < x < 1)$$

$$\text{Taylor} \quad f(a+h) = f(a) + hf'(a) + \frac{h^2}{2!}f''(a) + \frac{h^3}{3!}f'''(a) + \dots + \frac{h^n}{n!}f^{(n)}(a + \theta h) \quad \text{met } 0 < \theta < 1$$

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots$$

$$\ln(x+1) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \dots \quad (-1 < x < 1)$$

$$(1 \pm a)^n \approx 1 \pm na \quad \text{voor } |a| \ll 1$$

$$\text{som} \quad \sum_{i=1}^n a_i = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$$

$$\text{product} \quad \prod_{i=1}^n a_i = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \dots \cdot a_n$$

$$\text{faculteit} \quad n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$$

$$\text{binomiaalcoëfficiënt} \quad \binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

$$\text{J-kromme} \quad f(x) = ae^{bx} \quad \frac{df}{dx} = bf$$

$$\text{S-kromme} \quad f(x) = \frac{a}{b + e^{cx}} \quad \frac{df}{dx} = cf\left(1 - \frac{b}{a}f\right)$$

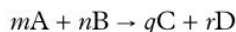
37

Scheikundeformules

A

Reactiesnelheid

reactie:



reactiesnelheid:

$$s = -\frac{1}{m} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{n} \frac{d[B]}{dt} = +\frac{1}{q} \frac{d[C]}{dt} = +\frac{1}{r} \frac{d[D]}{dt}$$

1e orde reactie:



$$s = k[A]$$

$$\ln \frac{[A]_0}{[A]} = kt$$

2e orde reactie:



$$s = k[A]^2$$

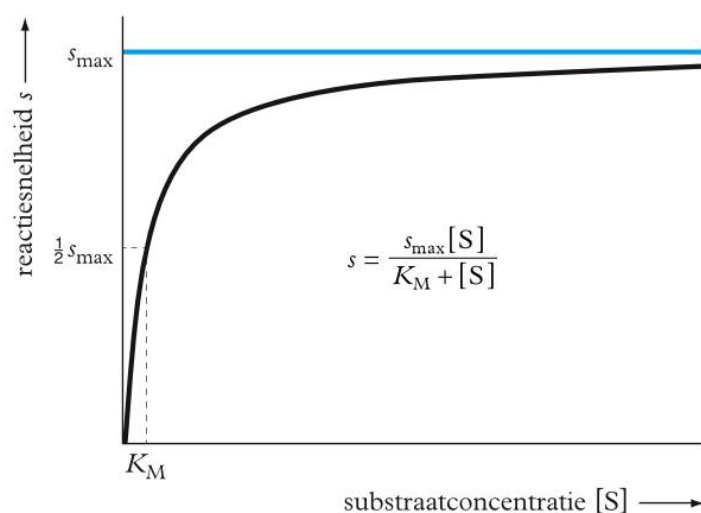
$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$$



$$s = k[A][B]$$

$$\frac{1}{[A]_0 - [B]_0} \ln \frac{[A][B]_0}{[A]_0[B]} = kt$$

enzymatische reactie (Michaelis-Menten)

verband tussen reactieconstante (k_T)
en activeringsenergie (E_a):

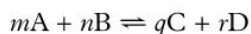
$$k_T = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

$$E_a = R \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}}$$

B

Chemisch evenwicht

homogeen systeem



concentratiebreuk

$$Q_c = \frac{[C]^q [D]^r}{[A]^m [B]^n}$$

voor gasevenwichten geldt ook

$$Q_p = \frac{p_C^q p_D^r}{p_A^m p_B^n}$$

bij evenwicht geldt

$$Q_c = K_c$$

voor gasvormige stoffen geldt ook

$$Q_p = K_p$$

$$\log K'_c = \log K_p + (m + n - q - r) \log RT$$

- K'_c in SI-eenheden

verandering van gibbsenergie
(vrije-enthalpieverandering)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \text{ (bij constante } T\text{)}$$

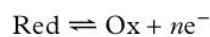
bij benadering geldt

$$\Delta G^0(T) = \Delta H^0(298) - T\Delta S^0(298)$$

verband tussen de evenwichtsconstante
en de verandering van de gibbsenergie

$$\Delta G^0(T) = -RT \ln K$$

vergelijkingen van Nernst voor de halfreactie



$$(F = N_A e)$$

$$V = V^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]} = V^0 + \frac{0,059}{n} \log \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]} \text{ bij } 298 \text{ K}$$

wet van Lambert-Beer

$$E = \epsilon[A]l$$

extinctie

$$E = -\log \frac{I}{I_0}$$

transmissie

$$T = \frac{I}{I_0}$$

trillingsfrequentie

$$f = \frac{1}{2\pi c \sqrt{\frac{k}{\mu}}}$$

k = bindingssterkte

gereduceerde massa

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

capaciteitsverhouding

$$k'_i = \frac{t_{Ri} - t_{R0}}{t_{R0}} = \frac{c_s V_s}{c_m V_m}$$

t_R = retentietijd

resolutiefactor

$$R_S = \frac{\Delta t_R}{2(\sigma_1 + \sigma_2)}$$

σ = piekbreedte op halve
piekhoogte

als $\sigma_1 = \sigma_2$ geldt:

$$R_S = (k'_2 - k'_1) \frac{1}{4(1 + k'_2)} \sqrt{N}$$

N = schotelgetal

concentratie
dichtheid

$$c = nV^{-1}$$

$$\rho = mV^{-1}$$

atoomeconomie

$$\frac{m_{\text{product}}}{m_{\text{beginstoffen}}} \times 100\%$$

Zie tabel 97F

rendement

$$\frac{\text{praktische opbrengst}}{\text{theoretische opbrengst}} \times 100\%$$

E -factor

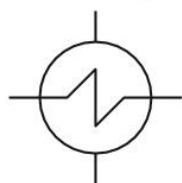
$$\frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}$$

symbool	betekenis	eenheid	omschrijving
Z	atoomnummer	—	aantal protonen in de kern
A_r	relatieve atoommassa	— ¹	massa van 1 atoom gedeeld door $\frac{1}{12}$ van de massa van het atoom ^{12}C
M_r	relatieve molecuulmassa	— ¹	massa van 1 molecuul gedeeld door $\frac{1}{12}$ van de massa van het atoom ^{12}C
d	relatieve dichtheid (t.o.v. waterstof)	—	massa van a liter gasvormige stof gedeeld door de massa van a liter waterstofgas, gemeten bij dezelfde temperatuur en druk
N		—	aantal moleculen
n	hoeveelheid stof	mol	
N_A	constante van Avogadro	mol^{-1}	1 mol bevat $6,02214 \cdot 10^{23}$ deeltjes
M	molaire massa	g mol^{-1}	massa per mol stof
ρ	dichtheid	$\text{kg m}^{-3} = \text{g L}^{-1}$ ²	
m	massa	kg of g ²	
p	druk	Pa	
p_0	standaarddruk	Pa	$101\,325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$
p_A	partiële druk van A	Pa	
T	temperatuur	K	
V	volume	L ²	
V_m	molair volume	L mol^{-1}	volume per mol stof
$[A]$	concentratie van A	mol L^{-1}	aantal mol A dat per liter aanwezig is
$[A]_0$	beginconcentratie van A	mol L^{-1}	aantal mol A dat per liter aanwezig is bij het begin van de reactie
$a \text{ M}$	molariteit a ³	mol L^{-1}	a = aantal mol opgeloste stof per liter oplossing
R	gasconstante	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$	$8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
k	reactieconstante	$\text{L}^n \text{mol}^{-n} \text{s}^{-1}$ ⁴	
s	reactiesnelheid	$\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$	
K_c of K	(concentratie-) evenwichtsconstante	$\text{mol}^n \text{L}^{-n}$ ^{5,6}	
K_p	(druk-) evenwichtsconstante	Pa^n ^{5,6}	
K_z	zuurconstante		
K_b	baseconstante		
K_w	waterconstante		
K_d	dissociatieconstante		
K_s	oplosbaarheidsproduct		
K_{solv}	ionisatieconstante		
pH	waterstofexponent	— ⁷	$-\log [\text{H}_3\text{O}^+] \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ mol L}^{-1}$
pOH		— ⁷	$-\log [\text{OH}^-] \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} \text{ mol L}^{-1}$
pZ of $\text{p}K_z$		— ⁷	$-\log K_z \Leftrightarrow K_z = 10^{-\text{pZ}}$
pB of $\text{p}K_b$		— ⁷	$-\log K_b \Leftrightarrow K_b = 10^{-\text{pB}}$
pI		— ⁷	iso-elektrisch punt
α	ionisatiegraad		geïoniseerde hoeveelheid elektrolyt, gedeeld door de oorspronkelijke hoeveelheid elektrolyt

<i>symbool</i>	<i>betekenis</i>	<i>eenheid</i>	<i>omschrijving</i>
H	enthalpie	J	
ΔH	enthalpieverandering	J	hoeveelheid warmte die door een systeem wordt opgenomen bij een proces dat bij constante druk plaatsvindt
ΔH^0	enthalpieverandering onder standaardomstandigheden	J	ΔH van een proces bij $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$
ΔH_f^0	vormingsenthalpie onder standaardomstandigheden	J mol^{-1}	ΔH bij de vorming van een mol stof uitgaande van de elementen: $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$
G	gibbsenergie (vrije enthalpie)	J	
ΔG	verandering van de gibbsenergie	J	
$\Delta G^0(T)$	verandering van de gibbsenergie onder standaardomstandigheden	J	ΔG van een proces bij T en $p = p_0$
S	entropie	J K^{-1}	
S^0	absolute entropie onder standaardomstandigheden	$\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	ΔS bij de verwarming van een mol stof van 0 K tot 298 K bij $p = p_0$
ΔS	entropieverandering	J K^{-1}	
ΔS^0	entropieverandering onder standaardomstandigheden	J K^{-1}	ΔS van een proces bij $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$
e	elementair ladingsquantum	C	$1,6021765 \cdot 10^{-19}\text{ C}$
V	elektrodepotentiaal	V	
V^0	standaardelektrodepotentiaal	V	(tabel 48)
Λ^0	molaire iongeleidbaarheid in oneindig verdunde oplossing	$\Omega^{-1} \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1}$	geleidbaarheid van 1 mol ionen tussen elektroden op 1 m afstand
E	extinctie	–	
ϵ	extinctiecoëfficiënt	$\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$	(tabel 39A)
I	intensiteit van het doorgelaten licht	W m^{-2}	
I_0	intensiteit van het opvallende licht	W m^{-2}	
e^-	elektron		
(aq)			opgelost in water
(s)			in vaste toestand
(l)			in vloeibare toestand
(g)			in gasvormige toestand

■ Grootheden en eenheden in het SI en Eenheden; zie tabellen 3, 4 en 5.

- 1 ► De relatieve atoommassa en de relatieve molecuulmassa zijn dimensieloze grootheden. De atoommassa en de molecuulmassa worden vaak opgegeven in u, waarbij $1\text{ u} = \frac{1}{12}$ van de massa van het koolstofatoom ^{12}C . Dit is $1,66054 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$.
- 2 ► De meest gebruikte eenheden van volume en van massa in de scheikunde zijn de liter en het gram; $1\text{ L} = 10^{-3}\text{ m}^3$ en $1\text{ g} = 10^{-3}\text{ kg}$.
- 3 ► Vaak wordt gesproken van een ‘a molair’ oplossing.
- 4 ► voor een reactie van de orde $(n + 1)$
- 5 ► n is de som van de exponenten in de drukbreuk, de concentratiebreuk of het ionenproduct.
- 6 ► Bij de thermodynamische afleiding van evenwichtsvoorwaarden maakt men gebruik van relatieve grootheden. Evenwichtsconstanten krijgen dan geen eenheden.
- 7 ► Het symbool p geeft hier aan dat $-\log$ genomen moet worden van de getalwaarde van de betrokken grootheid, waarbij die grootheid uitgedrukt wordt in de bijbehorende eenheden. Een p -waarde is daarom steeds dimensieloos.



warmtewisselaar
(condensor)



generator



warmtewisselaar



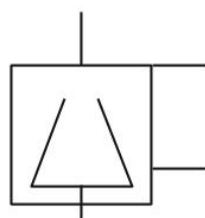
(stoom)turbine



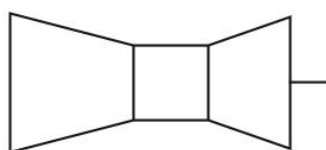
reactor



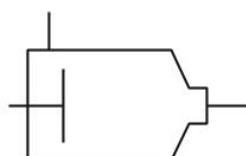
reactor
met katalysator



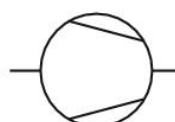
centrifuge



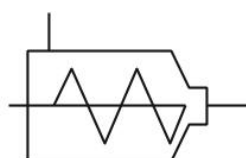
gasturbine



extruder
(algemene notatie)



compressor



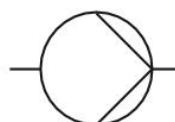
extruder
(met schroef)



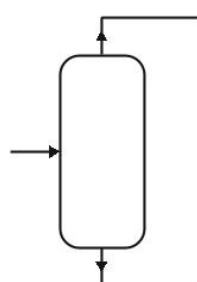
blower, ventilator



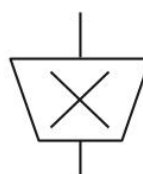
klep, afsluiter



vloeistofpomp

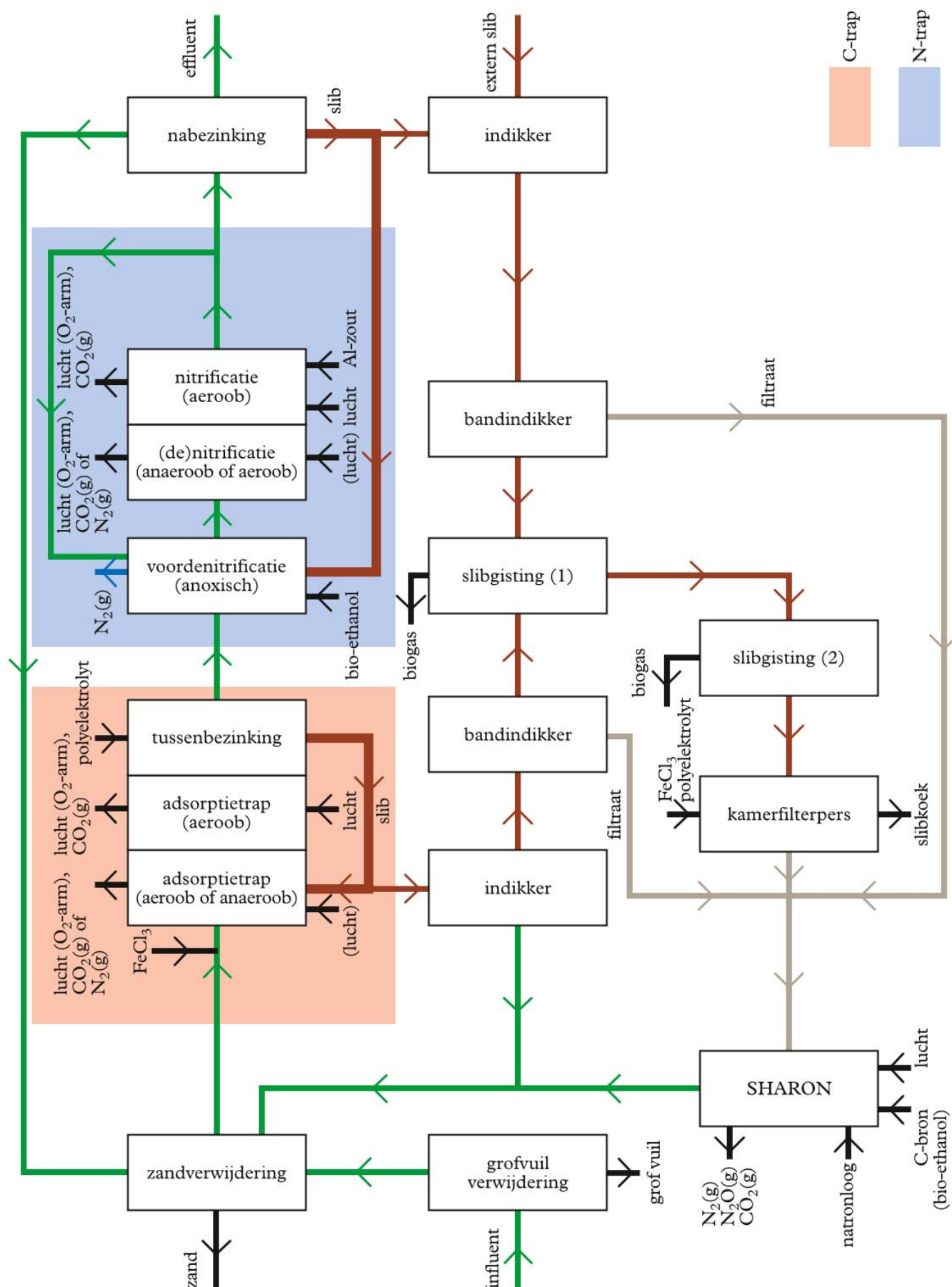


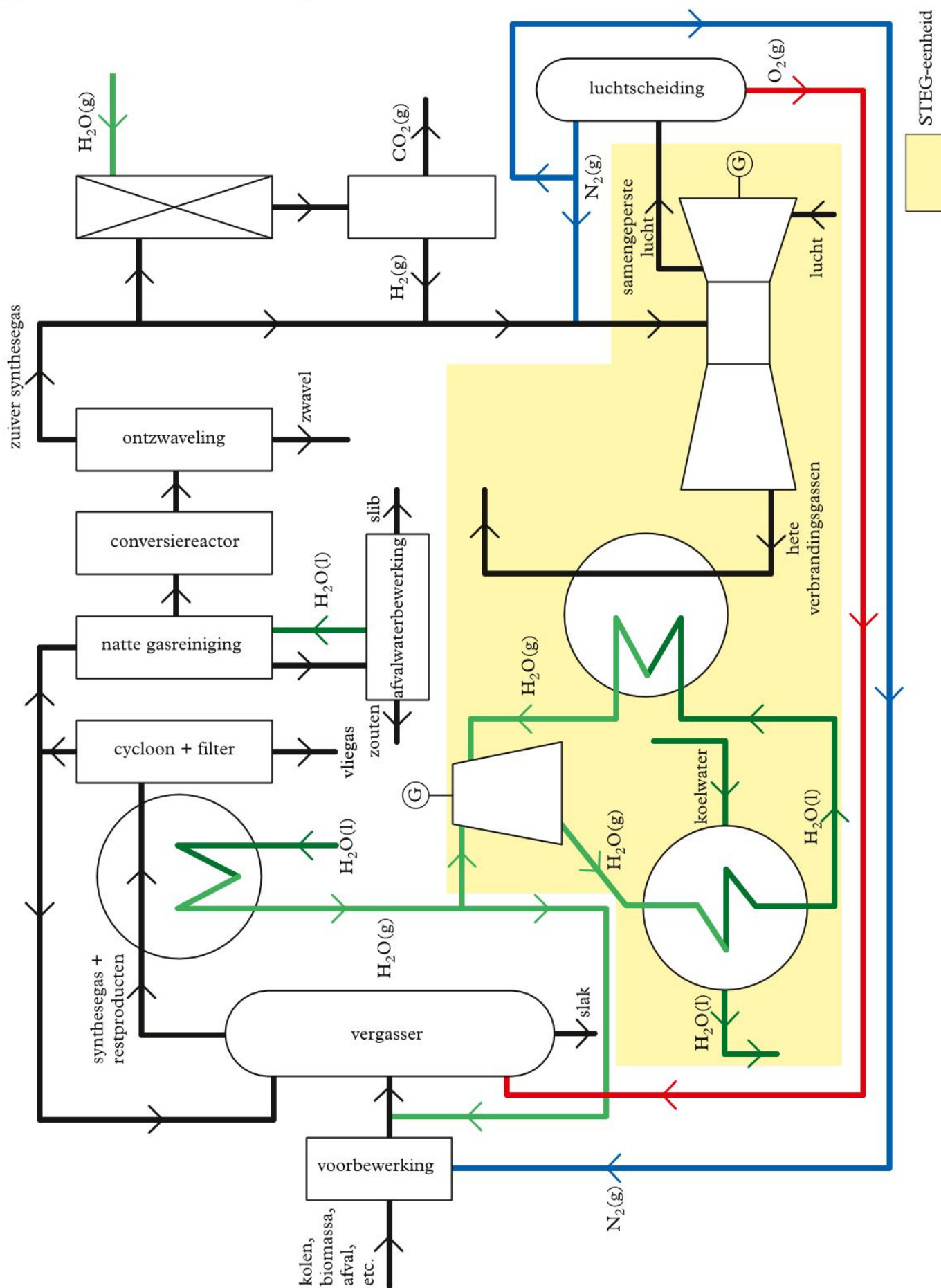
destileerkolom



vermaler,
verbrijzelaar

Stroomschema rioolwaterzuivering (Garmerwolde)



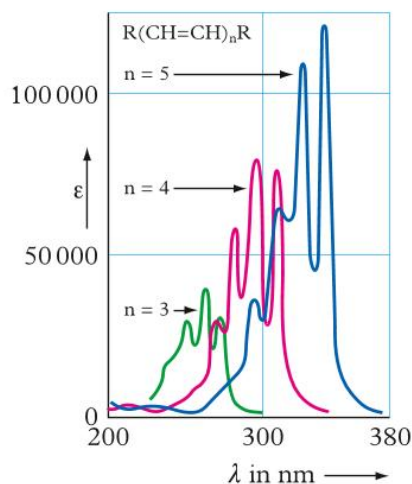
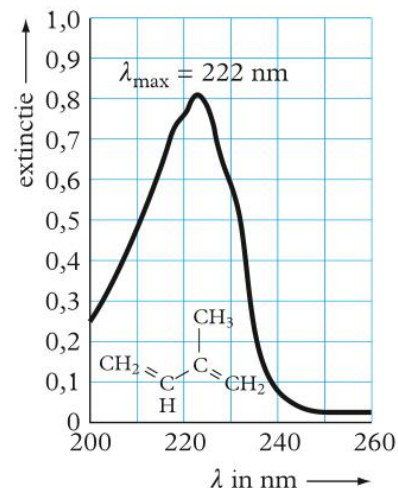
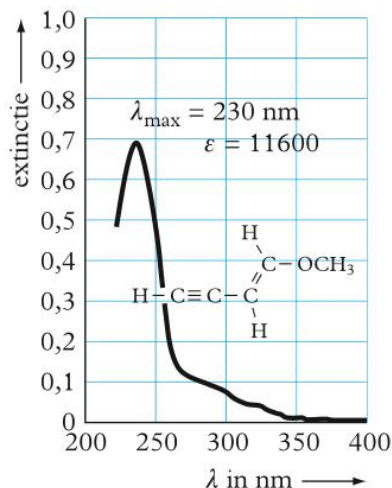
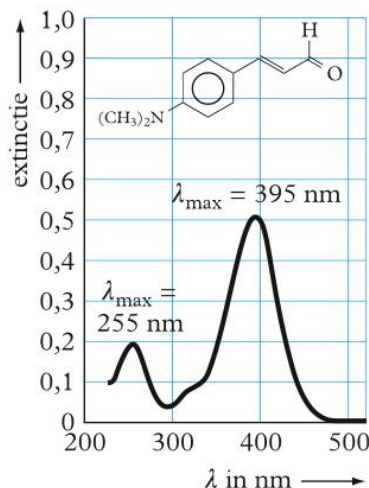


Absorptietoppen en extinctiecoëfficiënten

	absorptietop golflengte in nm	extinctiecoëfficiënt in $\text{L mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$		absorptietop golflengte in nm	extinctiecoëfficiënt in $\text{L mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$
benzeen	256	200	NAD ⁺ , NADP ⁺	260	18000
tolueen [methylbenzeen]	261	300	NADH, NADPH	260	15000
nitrobenzeen	269	7800		334	6000
naftaleen	312	289		340	6220
fenolrood	550	46683		365	3400
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	345	3150		366	3300
CrO_4^{2-}	370	4790	vitamine A1	328	40600
NO_3^-	301	63	β -caroteen	458	117000
NO_2^-	354	29	bilirubine	436	56800
$\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$	394	1		453	60700
$\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$	510	6	hemoglobine	500	9000
CoCl_4^{2-}	600	150	hemoglobinecyanide	540	44000
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$	436	743	oxyhemoglobine	542	14400
FeSCN^{2+}	480	25000	hemoglobine	555	13000
$\text{Fe}(\text{Phen})_3^{2+}$	508	11100	sulfhemoglobine	620	11100
MnO_4^-	525	2000	4-nitrofenol	405	18500
MnO_4^{2-}	603	1600	4-nitroaniline	405	9900
CuCl_4^{2-}	370	80			
$\text{Cu}(\text{NH}_4)^{2+}$	580	20			
$\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$	790	11			

Absorptiespectra

2



Soorten verschuivingen

3

terminologie voor absorptieverschuivingen

soort verschuiving	naam van de verschuiving
naar langere golflengte	bathochroom
naar kortere golflengte	hypsochroom
naar grotere extinctie	hyperchroom
naar lagere extinctie	hypochroom

39

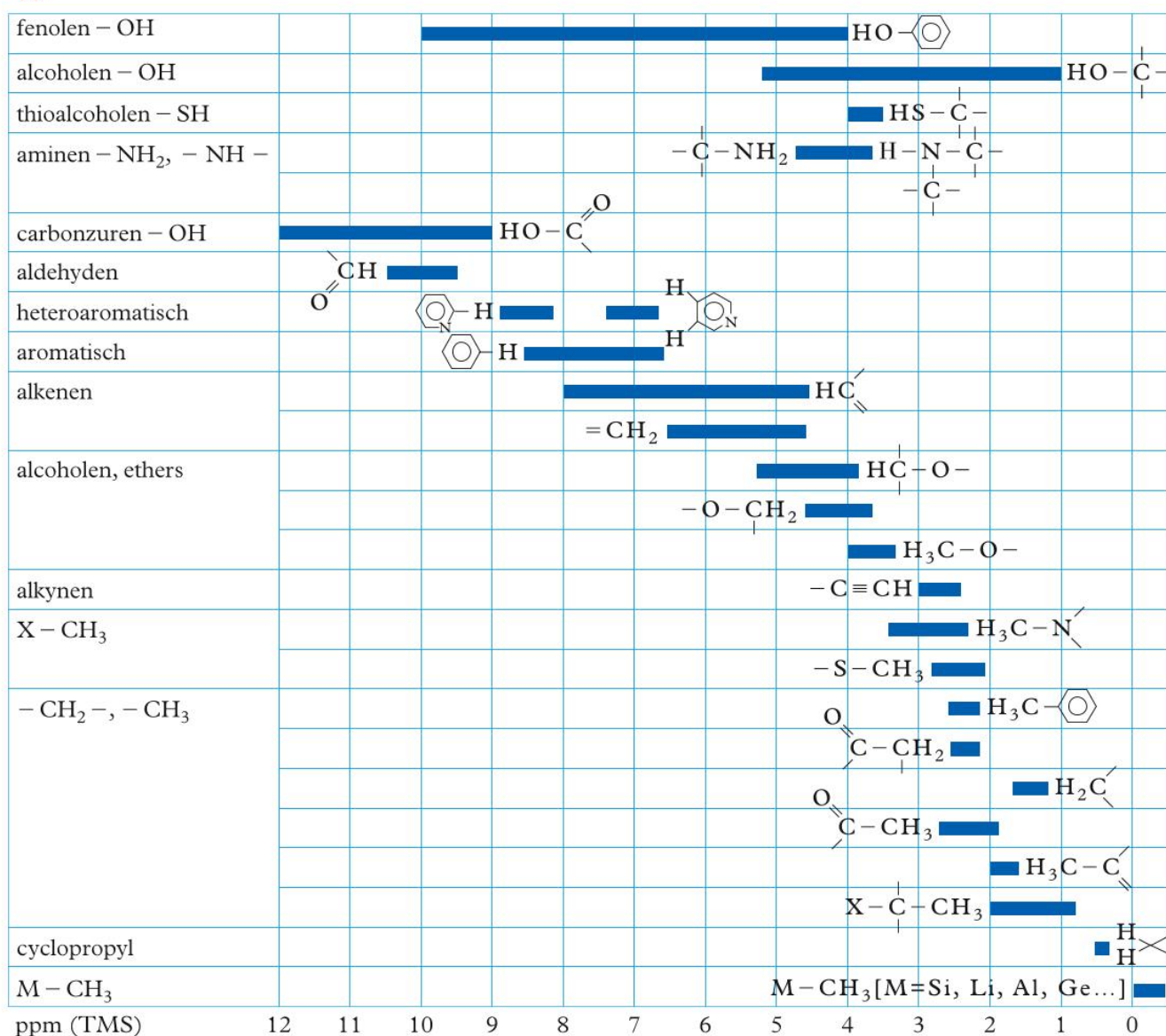
Spectrometrie

B

NMR-spectrometrie

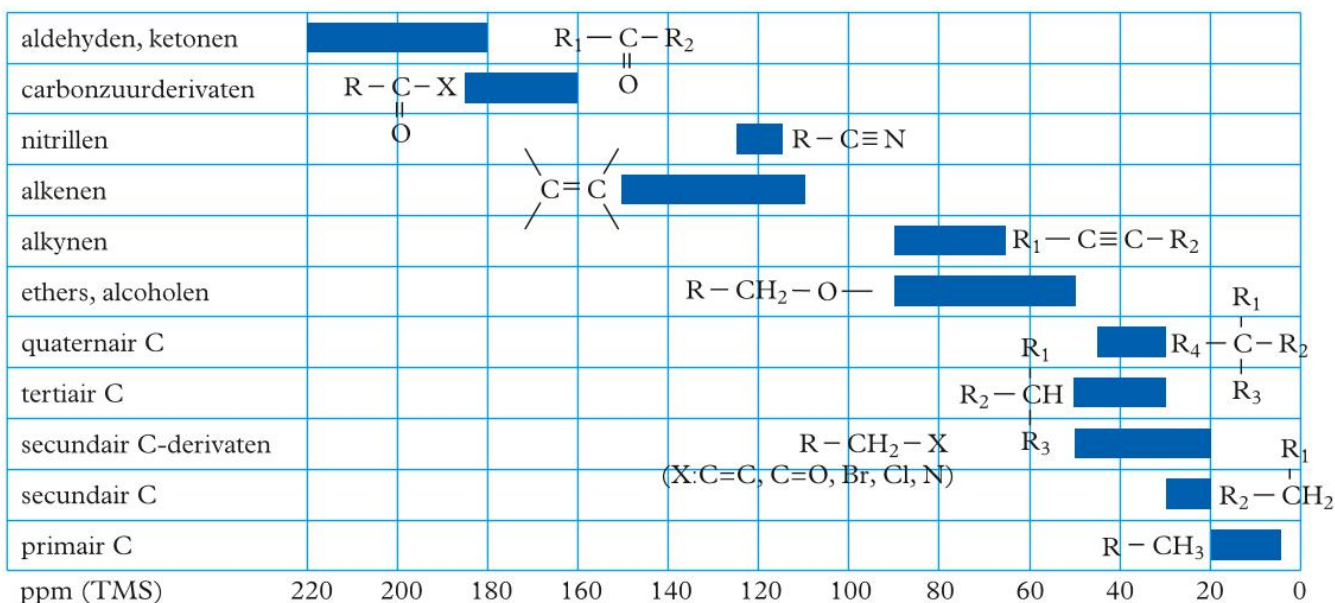
1

^1H



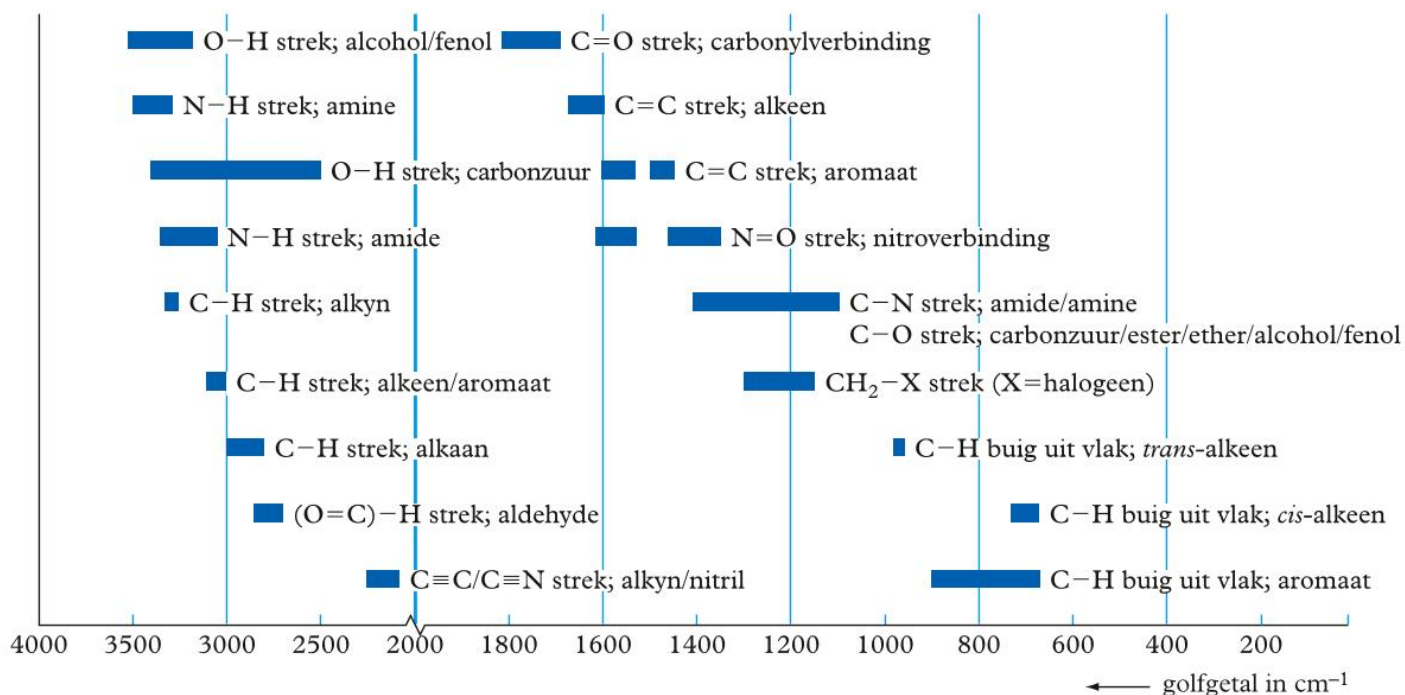
2

^{13}C



Groepsfrequenties (overzicht)

1



Groepsfrequenties

2

S = sterk, M = middel, Z = zwak

vibratie	verbindingen	absorptiegebied (cm^{-1})	intensiteit	opmerkingen
O-H strek	alcohol, fenol	3525-3200	breed, S	H-bruggen
	carbonzuur	3400-2500	breed, M-S	H-bruggen
N-H strek	primair amine	~3500, ~3400	Z-M	twee banden
	secundair amine	3500-3300	Z	een band
	amide	~3350, 3175-3150	M	twee banden
	N-gesubstitueerd amide	3325-3050	M	meer banden (KBr-tablet)
C-H strek	alkyn ($\text{sp}^{\text{-C}}$)	3525-3250	S, scherp	
	alkeen ($\text{sp}^2\text{-C}$)	3100-3000	M-S	meer banden
	aromaat ($\text{sp}^2\text{-C}$)	3100-3000	M-S	meer banden
	alkaan ($\text{sp}^3\text{-C}$)	3000-2800	M-S	meer banden
	aldehyde (O=C)-H	2850-2820, 2750-2700	Z-M, scherp	twee banden
S-H strek	thiol	2600-2550	Z	
N=C=O	isocyanaat	2270-2000	breed, S	
C≡N strek	nitril	2260-2240 ¹	scherp, M	
C≡C strek	alkyn	2260-2100 ¹	Z	ontbreekt vaak bij symmetrische moleculen

<i>vibratie</i>	<i>verbindingen</i>	<i>absorptiegebied (cm⁻¹)</i>	<i>intensiteit</i>	<i>opmerkingen</i>
C=O strek	zuuranhydride	~1815 ¹ , 1755 ¹	S	twee banden, de eerste het meest intens
	zuurchloride	~1800 ¹	S	
	ester	~1745 ¹	S	
	aldehyde	~1730 ¹	S	
	keton	~1715 ¹	S	
	carbonzuur	~1695 ¹	S	
C=N strek	hydrazon	1690-1640	M	zwak of ontbrekend bij symmetrische moleculen/ vaak twee banden in elk gebied
C=C strek	alkeen	1670-1600 ¹	Z-M	
	aromaat	1600-1575, 1500-1450	M	
N-H buig	amide	1655-1610	M	breed, M-Z
	primair amine	1650-1560		
	N-gesubstitueerd amide	1575-1510	Z	
	secundair aromatisch amide	1515-1500	Z	
N=O strek	nitroverbinding	~1560 ¹ - ~1375 ¹	S	twee banden, aromatisch 1300-1200
C-H buig	alkaan	1470-1370	Z-M	twee banden
S=O strek	sulfonzuur	1430-1310, 1225-1125	Z	
C-N strek	amide	~1410	M	meer banden
	alifatisch amine	1250-1010	Z-M	
	aromatisch amine	1370-1250	Z-M	
C-F strek	polyfluoralkaan	1350-1110	S	meer banden
	monofluoraromaat	~1225	S	
	monofluoralkaan	1100-1000	S	
C-O strek	carbonzuur	1320-1210	M	vetzuren twee banden
	ester	1290-1150, 1125-1000	S, M	
	alkylarylether	1280-1200, 1080-1020	S	methylester van vetzuur drie banden: 1250, 1200, 1180
	alcohol, fenol	1255-1000	S	
	dialkylether	1150-1100	S	
CH ₂ -X strek	CH ₂ -Cl	1300-1200	S	
	CH ₂ -Br	1250-1175	S	
	CH ₂ -I	1200-1150	S	
C-H buig uit vlak	trans-alkeen	980-960	S	
	eindstandig =CH ₂	900-880	S	
	aromaat	900-675	S	
	cis-alkeen	730-670	S	
N-H buig uit vlak	amine	910-660	breed	
	amide	800-670	S	

■ De tabelwaarden gelden voor een dunne vloeistoflaag, voor een smelt en voor KBr-tabletten.

■ Absorptiegebieden zijn gegeven in golfgetal $\frac{1}{\lambda}$ met eenheid cm⁻¹.

■ Energieverschillen tussen vibratieniveaus zijn evenredig met het golfgetal: $\Delta E = hc\left(\frac{1}{\lambda}\right)$.

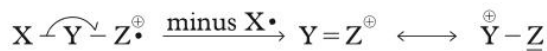
1 ► Picken verschuiven naar lagere waarden naarmate de bindingen meer geconjugeerd zijn (C=C-C=C afwisselend).

Het ionisatieproces: $M + e^- \rightarrow M^{\bullet+} + 2e^-$

Ionisatievolgorde van elektronen: niet-bindende > meervoudige bindingen > enkele bindingen

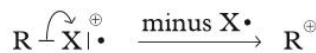
1. Primaire afbraakregels voor molecuulionen

a. homolytische splitsing



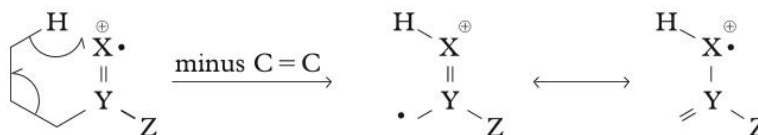
b. heterolytische splitsing

$X = \text{Cl, Br, I}$ of een stabiel radicaal ($R'O$ of $R'S$)

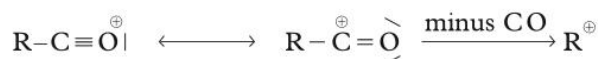


c. McLaffertyomlegging ($XYZ =$

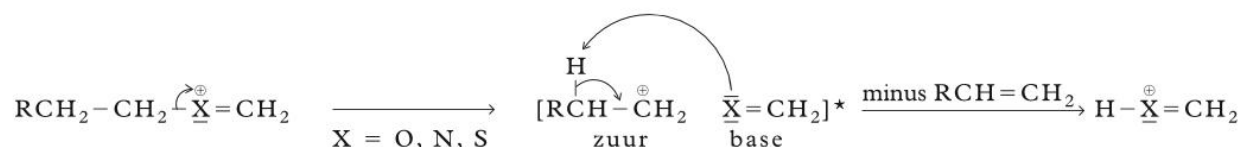
$-\text{CHO}, -\text{COR}, -\text{COOH},$
 $-\text{COOR}, -\text{CONH}_2, -\text{CONR}_1\text{R}_2,$
 $-\text{NO}_2, -\text{CN}, -\text{C}_6\text{H}_5$)



2. Ontledingen van acyliumionen (ontstaan uit aldehyden, ketonen, zuren, esters)



3. Ontledingen van oxonium-, immonium-, etc. -ionen (ontstaan uit ethers, aminen, etc.)



karakteristieke neutrale fragmenten, afgesplitst van molecuulion $M^{\bullet+}$

$M^{\bullet+}$ minus	afgesplitst	type verbinding/groep
1	H	aldehyde (sommige ethers en aminen)
15	CH_3	methylnsubstituent
18	H_2O	alcohol
28	$\text{C}_2\text{H}_4, \text{CO}, \text{N}_2$	C_2H_4 (McLafferty), CO (cyclisch keton)
29	$\text{CHO}, \text{C}_2\text{H}_5$	aldehyde, ethylsubstituent
34	H_2S	thiol
35, 36	Cl, HCl	chloorverbinding
43	$\text{CH}_3\text{CO}, \text{C}_3\text{H}_7$	methylketon, propylsubstituent
45	COOH	carbonzuur
60	CH_3COOH	acetaat

structuur van belangrijke fragmenten

m/z	structuur	type verbindingen
29	$\text{CHO}^{\oplus}$	aldehyde
30	$\text{CH}_2\text{NH}_2^{\oplus}$	primaire amine
43	$\text{CH}_3\text{CO}^{\oplus}, \text{C}_3\text{H}_7^{\oplus}$	methylketon
29, 43, 57, 71, ...	$\text{C}_2\text{H}_5^{\oplus}, \text{C}_3\text{H}_7^{\oplus}, \dots$	onvertakte alkylgroep
39, 51, 53, 65, 77, ...	$\text{C}_3\text{H}_3^{\oplus}, \text{C}_4\text{H}_3^{\oplus}, \dots$	aromatische verbinding
60	$\text{CH}_3\text{COOH}^{\oplus}$	carbonzuur, acetaat, methylester
91	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2^{\oplus}$	benzylnische verbinding
105	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}^{\oplus}$	benzoylverbinding

■ De m/z waarde van een molecuulion is even, tenzij het molecuulion een oneven aantal N-atomen bevat.

■ Fragmenten met even m/z kunnen wijzen op McLafferty.

■ Aromaten zijn herkenbaar aan m/z pieken bij 119, 105, 103, 91, 79, 77, 65, 51, 39.

naam ^{▶1}	symbool formule	atoom- nummer	relatieve atoommassa ^{▶2}	smeltpunt	kookpunt	dichtheid $T = 298\text{ K}$ $\rho = \rho_0$	elektro- negativiteit ^{▶8}	atoom- straal	vander- waals- straal	ionstraal en ionlading
				K	K	10^3 kg m^{-3}		10^{-12} m	10^{-12} m	10^{-12} m
actinium	Ac	89	(227)	1323	3471	10	1,1	188	112 ³⁺	112 ³⁺
aluminium	Al	13	26,9815	933	2792	2,70	1,6	143	45 ³⁺	45 ³⁺
americium	Am	95	(243)	1449	2284	12	1,1	173	98 ³⁺ , 85 ⁴⁺	98 ³⁺ , 85 ⁴⁺
antimoon	Sb ^{▶4} (grijs)	51	121,760	904	1860	6,68	2,0	141	220	245 ³⁻
argon	Ar	18	39,948	84 ^{▶7,69 kPa}	87	$1,633 \cdot 10^{-3}$		192		
arsen	As ^{▶4} (grijs)	33	74,9216	1090 ^{▶7,3,6 MPa}	889 ^{▶5}	5,7	2,2	121	200	222 ³⁻
astaat	At ₂	85	(210)	575	610		2,2	140	62 ⁷⁺	62 ⁷⁺
barium	Ba	56	137,327	1000	2170	3,62	0,9	217	134 ²⁺	134 ²⁺
berkelium	Bk	97	(247)	1259	$2,9 \cdot 10^3$	13,25	1,3	172	96 ³⁺ , 83 ⁴⁺	96 ³⁺ , 83 ⁴⁺
beryllium	Be	4	9,0122	1560	2744	1,85	1,6	112	30 ²⁺	30 ²⁺
bismut	Bi	83	208,980	545	1837	9,79	2,0	170	120 ³⁺ , 76 ⁵⁺	120 ³⁺ , 76 ⁵⁺
bohrium	Bh	107	(270)							
boor	B	5	10,811	2348	4273	2,34	2,0	88	217	16 ³⁺
broom	Br ₂	35	79,904	266	332	3,10	3,0	114	195	196 ¹⁻
cadmium	Cd	48	112,411	594	1040	8,69	1,7	149	97 ²⁺	97 ²⁺
calcium	Ca	20	40,078	1115	1757	1,54	1,0	197	94 ²⁺	94 ²⁺
californium	Cf	98	(251)	1173	$1,7 \cdot 10^3$	15,1	1,3	199	95 ³⁺ , 92 ⁴⁺	95 ³⁺ , 92 ⁴⁺
cerium	Ce	58	140,116	1072	3716	6,77	1,1	183	101 ³⁺ , 87 ⁴⁺	101 ³⁺ , 87 ⁴⁺
cesium	Cs	55	132,905	302	944	1,87	0,8	262	167 ¹⁺	167 ¹⁺
chloor	Cl ₂	17	35,453	172	239	$2,90 \cdot 10^{-3}$	3,2	99	180	181 ¹⁻
chroom	Cr	24	51,996	2180	2944	7,15	1,7	125	63 ³⁺	63 ³⁺
copernicium	Cn	112	(285)							
curium	Cm	96	(247)	1618	$3,4 \cdot 10^3$	13,51	1,3	174	97 ³⁺ , 85 ⁴⁺	97 ³⁺ , 85 ⁴⁺
darmstadtium	Ds	110	(281)							
dubnium	Db	105	(268)							
dysprosium	Dy	66	162,500	1685	2840	8,55	1,2	175	91 ²⁺	91 ²⁺
einsteinium	Es	99	(252)	1133	$1,8 \cdot 10^3$	8,8	1,3	203	93 ³⁺	93 ³⁺
erbium	Er	68	167,259	1802	3141	9,07	1,2	173	89 ³⁺	89 ³⁺
europium	Eu	63	151,964	1099	1802	5,24	1,2	204	95 ³⁺ , 117 ²⁺	95 ³⁺ , 117 ²⁺
fermium	Fm	100	(257)	1800			1,3		91 ³⁺	91 ³⁺
flerovium	Fl	114	(289)							
fluor	F ₂	9	18,9984	54	85	$1,553 \cdot 10^{-3}$	4,0	64 ^{▶3}	135	133 ¹⁻
fosfor	P ₄ (wit)	15	30,9738	317	554	1,82	2,2	110	190	212 ³⁻
francium	Fr	87	(223)	300	950		0,7	270	180 ¹⁺	180 ¹⁺

gadolinium	Gd	64	157,25	1586	3546	7,90	1,2	179	94 ³⁺
gallium	Ga	31	69,723	303	2477	5,91	1,8	141	62 ³⁺
germanium	Ge	32	72,64	1211	3106	5,32	2,0	122	53 ⁴⁺ , 272 ⁴⁻
goud	Au	79	196,967	1337	3129	19,3	2,5	144	137 ¹⁺ , 85 ³⁺
hafnium	Hf	72	178,49	2506	4876	13,3	1,3	157	76 ⁴⁺
hassium	Hs	108	(269)						
helium	He	2	4,0026	1,5 ^{▲6}	4,2	1,64 · 10 ⁻⁴		99	
holmium	Ho	67	164,930	1745	2973	8,80	1,2	174	90 ³⁺
ijzer	Fe	26	55,845	1811	3134	7,87	1,8	126	76 ²⁺ , 64 ³⁺
indium	In	49	114,818	430	2345	7,31	1,8	166	81 ³⁺
iridium	Ir	77	192,217	2719	4701	22,6 ^{▲293K}	2,2	135	63 ⁴⁺ , 68 ³⁺
jood	I ₂	53	126,9045	387	458	4,93	2,7	133	215
kalium	K	19	39,098	337	1032	0,89	0,8	231	133 ¹⁺
kobalt	Co	27	58,9332	1768	3200	8,86	1,9	125	74 ²⁺ , 63 ³⁺
koolstof	C (grafiet)	6	12,01115	3823	4098 ^{▲5}	2,2	2,5	77	260 ⁴⁻
koper	Cu	29	63,546	1358	2835	8,96	1,9	128	96 ¹⁺ , 69 ²⁺
krypton	Kr	36	83,798	116 ^{▲7,72,2 kPa}	120	3,43 · 10 ⁻³		197	
kwik	Hg	80	200,59	234	630	13,5336	2,0	152	127 ¹⁺ , 110 ²⁺
lanthaan	La	57	138,906	1193	3737	6,15	1,1	188	115 ³⁺
lawrencium	Lr	103	(262)	1900			1,3		88 ³⁺
lithium	Li	3	6,941	454	1615	0,534	1,0	152	68 ¹⁺
livermorium	Lv	116	(293)						
lood	Pb	82	207,2	601	2022	11,3	2,3	175	120 ²⁺ , 84 ⁴⁺
lutetium	Lu	71	174,967	1936	3675	9,84	1,3	172	86 ³⁺
magnesium	Mg	12	24,305	923	1363	1,74	1,3	160	65 ²⁺
mangaan	Mn	25	54,938	1519	2334	7,3	1,6	129	80 ²⁺ , 60 ⁴⁺
meitnerium	Mt	109	(278)						
mendelevium	Md	101	(258)	1100					90 ³⁺ , 110 ²⁺
molybdeen	Mo	42	95,94	2896	4912	10,2	2,1	136	68 ⁴⁺
natrium	Na	11	22,9898	371	1156	0,97	0,9	186	98 ¹⁺
neodymium	Nd	60	144,242	1289	3347	7,01	1,1	181	98 ³⁺
neon	Ne	10	20,180	25 ^{▲7,43 kPa}	27	8,25 · 10 ⁻⁴		160	
neptunium	Np	93	(237)	917	4,2 · 10 ³	20,2	1,4	155	75 ⁵⁺ , 101 ³⁺
nikkel	Ni	28	58,693	1728	3186	8,90	1,9	124	72 ²⁺
niobium	Nb	41	92,906	2750	5017	8,57	1,6	141	64 ⁵⁺ , 72 ³⁺
nobelium	No	102	(259)	1100			1,3		110 ²⁺
osmium	Os	76	190,23	3306	5285	22,6 ^{▲293K}	2,2	134	63 ⁴⁺ , 39 ⁸⁺
palladium	Pd	46	106,42	1828	3236	12,0	2,2	138	86 ²⁺ , 62 ⁴⁺

naam ^{▲1}	symbool formule	atoom- nummer	relatieve atoommassa ^{▲2}	smeltpunt K	kookpunt p = p ₀ K	dichtheid T = 298 K p = p ₀ 10 ³ kg m ⁻³	elektro- negativiteit ^{▲8}	atoom- straal 10 ⁻¹² m	vander- waals- straal 10 ⁻¹² m	ionstraal en ionlading
platina	Pt	78	195,084	2041	4098	21,5	2,3	138	138	63 ⁴⁺ , 80 ²⁺
plutonium	Pu	94	(244)	913	3501	19,7	1,3	159	159	86 ⁴⁺ , 100 ³⁺
polonium	Po	84	(209)	527	1235	9,20	2,0	140	140	94 ⁴⁺ , 67 ⁶⁺
praseodymium	Pr	59	140,908	1204	3793	6,77	1,1	182	182	93 ³⁺ , 96 ⁴⁺
promethium	Pm	61	(145)	1315	3273	7,26	1,1	183	183	97 ³⁺
protactinium	Pa	91	(231)	1845	4,4 · 10 ³	15,4	1,5	156	156	78 ⁵⁺ , 94 ⁴⁺
radium	Ra	88	(226)	969	1413	5,5	0,9	220	220	148 ²⁺
radon	Rn	86	(222)	202	211	9,07 · 10 ⁻³				
renium	Re	75	186,207	3458	5869	20,8	1,9	137	137	38 ⁷⁺ , 63 ⁴⁺
rhodium	Rh	45	102,906	2237	3968	12,4	2,3	134	134	67 ³⁺ , 60 ⁴⁺
roentgenium	Rg	111	(281)							
rubidium	Rb	37	85,468	312	961	1,53	0,8	244	244	148 ¹⁺
ruthenium	Ru	44	101,07	2606	4423	12,1	2,2	133	133	68 ³⁺ , 62 ⁴⁺
rutherfordium	Rf	104	(267)							
samarium	Sm	62	150,36	1345	2067	7,52	1,2	180	180	96 ³⁺ , 127 ²⁺
scandium	Sc	21	44,956	1814	3109	2,99	1,4	160	160	81 ³⁺
seaborgium	Sg	106	(269)							
seleen	Se ^{▲4} (grijs)	34	78,96	494	958	4,81	2,5	117	200	202 ²⁻
silicium	Si	14	28,086	1687	3538	2,33	1,9	117	224	42 ⁴⁺ , 271 ⁴⁻
stikstof	N ₂	7	14,0067	63	77	1,145 · 10 ⁻³	3,0	70	150	171 ³⁻
strontium	Sr	38	87,62	1050	1655	2,64	1,0	215	215	110 ²⁺
tantaal	Ta	73	180,948	3290	5731	16,4	1,5	143	143	64 ⁵⁺ , 72 ⁶⁺
technetium	Tc	43	(98)	2430	4538	11,5	1,9	135	135	37 ⁷⁺ , 65 ⁴⁺
telluur	Te ^{▲4}	52	127,60	723	1261	6,232	2,1	137	220	222 ²⁻
terbium	Tb	65	158,925	1632	3503	8,23	1,1	176	176	92 ³⁺ , 76 ⁴⁺
thallium	Tl	81	204,383	577	1746	11,8	1,6	171	171	93 ³⁺ , 150 ¹⁺
thorium	Th	90	232,038	2023	5061	11,7	1,3	180	180	102 ⁴⁺
thulium	Tm	69	168,934	1818	2223	9,32	1,2	172	172	88 ³⁺
tin	Sn (wit)	50	118,710	505	2875	7,287	2,0	162	162	112 ²⁺ , 71 ⁴⁺ , 294 ⁴⁻
titaan	Ti	22	47,867	1941	3560	4,506	1,5	146	146	90 ²⁺ , 68 ⁴⁺
ununtrium	Uut ^{▲4}	113	(286)							
uraan	U	92	238,029	1408	4404	19,1	1,4	138	138	73 ⁶⁺ , 103 ³⁺
vanadium	V	23	50,942	2183	3680	6,0	1,6	131	131	88 ²⁺

waterstof	H ₂	1	1,00795	14	20,4	8,2 · 10 ⁻⁵	2,1	30 ³	120	154 ¹⁻
wolfram	W	74	183,84	3695	5828	19,3	2,4	137		42 ⁶⁺ , 66 ⁴⁺
xenon	Xe	54	131,293	161 ^{7,82 kPa}	165	5,37 · 10 ⁻³			217	
ytterbium	Yb	70	173,04	1097	1469	6,90	1,1	194		87 ³⁺
yttrium	Y	39	88,905	1795	3618	4,47	1,2	180		93 ³⁺
zilver	Ag	47	107,868	1235	2435	10,5	1,9	144		126 ¹⁺
zink	Zn	30	65,38	693	1180	7,134	1,7	133		74 ²⁺
zirkonium	Zr	40	91,224	2128	4682	6,52	1,3	157		80 ⁴⁺
zuurstof	O ₂	8	15,9994	54	90	1,31 · 10 ⁻³	3,5	66	140	146 ²⁻
	O ₃ (ozon)			80	162	1,96 · 10 ⁻³				
zwavel	S ₈ (monoklien)	16	32,065	388	718	2,00	2,6	104	185	190 ²⁻

■ Ionstraal van NH₄⁺: 142 · 10⁻¹² m.

1 ► Nieuwe elementen (met atoomnummer groter dan 112) krijgen vooralsnog systematische namen afgeleid van de volgende numerieke voorvoegsels:

- 0 nil 2 bi 4 quad 6 hex 8 oct
- 1 un 3 tri 5 pent 7 sept 9 enn

Deze voorvoegsels worden vervolgens gecombineerd in de volgorde van het atoomnummer van het element en voorzien van de uitgang -ium.

De uitgang -n van enn wordt weggelaten indien hij voorafgaat aan nil.

De uitgang -i van bi en tri wordt weggelaten voorafgaand aan -ium.

In de naam van het element wordt elk numeriek voorvoegsel apart uitgesproken. Het symbool van de nieuwe elementen bestaat uit de drie beginletters van de numerieke voorvoegsels waaruit de naam is samengesteld.

2 ► De waarden zijn de gewogen gemiddelde relatieve atoommassa's van het natuurlijk voorkomend isotopenmengsel, behalve wanneer een waarde tussen ronde haken staat.

Zo'n waarde is het massagetal van de isotoop met de langste halveringstijd; zie ook tabel 25 voor de afzonderlijke isotopen.

3 ► In H₂ is de atoomstraal 37 · 10⁻¹² m en in F₂ is deze 71 · 10⁻¹² m.

4 ► Bij het kookpunt bestaat arsendamp uit moleculen As₄, seleendamp uit moleculen Se₂ en grotere moleculen, antimoondamp uit moleculen Sb₂ en Sb₄ en telluurdamp uit moleculen Te₂.

5 ► sublimatiepunt

6 ► bij 2,6 · 10⁶ Pa, smelttraject

7 ► tripelpunt bij ... Pa

8 ► elektronegativiteit volgens Pauling

<i>naam</i>	<i>jaartal en ontdekker</i>	<i>herkomst van de naam</i>	<i>komt voor in ... /bereiding</i>	<i>% in lithosfeer</i>
actinium	1899 Debiere; 1902 Giesel	gr. <i>aktinos</i> = stralen: radioactieve straling	uraanertsen	$5,5 \cdot 10^{-14}$
aluminium	1825 Oersted; 1827 Wöhler	la. <i>alumen</i> = bitter/aluin	bauxiet, veldspaten	8,3
americium	1944 Seaborg e.a. Chicago	naar Amerika (analoog aan iso-elektronisch Eu)	^{239}Pu (2n, γ) $^{241}\text{Pu} \rightarrow ^{241}\text{Am}$	
antimoon	oudheid	la. stibium, ar. al-uthmud = spiesglans	gedegen, antimooniet	$2,0 \cdot 10^{-5}$
argon	1894 Ramsay/Rayleigh	gr. <i>argos</i> = inactief	lucht, bronwater	$3,5 \cdot 10^{-4}$
arsen	1250 Albertus Magnus	gr. <i>arsenikon</i> = geel operment	operment, arsenopyriet	$1,8 \cdot 10^{-4}$
astaat	1940 Corson/McKenzie/Segre	gr. <i>astatos</i> = onstabiel	U- en Th-ertsen	$3 \cdot 10^{-24}$
barium	1774 Scheele; 1808 Davy	gr. <i>barus</i> = zwaar	bariet/zwaarspaat	0,042
berkelium	1949 Thompson e.a., Berkeley	naar Berkeley, Californië	^{241}Am (α , 2n) ^{243}Bk	
beryllium	1798 Vauquelin; 1828 Wöhler, Bussy	gr. <i>beryllos</i> = zeegroen (vgl. bril)	beril (smaragd/aquamarijn)	$2,8 \cdot 10^{-4}$
bismut	oudheid; 1739 Pott/Bergman	du. <i>Wismut</i> = weisse Masse = witte massa	gedegen, bismutiet	$1,7 \cdot 10^{-5}$
bohrium	1976 Flerov e.a., Dubna	naar Niels Bohr	^{209}Bi (^{54}Cr , n) ^{265}Bh	
boor	oudheid; 1807 Davy; 1892 Moissan	en. <i>boron</i> = samentrekking borax en carbon	borax	$1,0 \cdot 10^{-3}$
broom	1825 Balard/Löwig	gr. <i>bromos</i> = stank	zeewater, zoutlagen	$2,5 \cdot 10^{-4}$
cadmium	1817 Stromeyer	naar Kadmeia, streek in stroomgebied Nijl	zinkmineralen o.a. cadmia/galmei	$2,0 \cdot 10^{-5}$
calcium	1755 Black; 1808 Davy	la. <i>calx</i> = kalk	kalksteen (diverse vormen), schelpen	4,2
californium	1950 Thompson e.a., Berkeley	naar Californië	^{242}Cm (α , n) ^{245}Cf	
cerium	1803 Klaproth; Berzelius/Hisinger; 1825 Mosander	naar planetoid Ceres: ontdekt in 1801	cerietaarden o.a. monaziet	$6,0 \cdot 10^{-3}$
cesium	1861 Bunsen/Kirchhoff; 1882 Setterberg	la. <i>caesius</i> = hemelsblauw: spectraallijn	polluciet (een silicaat), mineraalwater	$1,0 \cdot 10^{-4}$
chloor	1774 Scheele; 1807 Davy	gr. <i>chloros</i> = geelgroen	zeewater, sylvien, (steen)zout	0,013
chroom	1798 Vauquelin	gr. <i>chroma</i> = kleur	chromiet, chroomoker, roodlooderts	0,010
copernicium	1996 Hofmann e.a. Darmstadt	naar Nicolaas Copernicus	^{208}Pb (^{70}Zn , n) ^{277}Cn	
curium	1944 Seaborg e.a., Chicago	naar Marie en Pierre Curie	^{239}Pu (α , n) ^{242}Cm	
darmstadtium	1944 Armbruster e.a. Darmstadt	naar Darmstadt, Duitsland	^{208}Pb (^{62}Ni , n) ^{269}Ds	
dubnium	1967 Flerov e.a. Dubna; 1970 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Dubna, Rusland	^{243}Am (^{22}Ne , 4n) ^{261}Db / ^{249}Cf (^{15}N , 4n) ^{260}Db	
dysprosium	1886 Boisbaudran	gr. <i>dysprositos</i> = moeilijk te verkrijgen	monaziettaarde	$3,0 \cdot 10^{-4}$
einsteinium	1952 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Albert Einstein	^{238}U (15n, γ) $^{253}\text{U} \rightarrow ^{253}\text{Es}$	
erbium	1842 Mosander; 1934 Klemen/Bommer	naar Ytterby, Zweden	monaziettaarde	$2,8 \cdot 10^{-4}$
europium	1896 Demarcay; 1897 Boisbaudran	myth. Europa en Zeus: Eu in spectrum van ruw Sm	monaziettaarde	$1,2 \cdot 10^{-4}$
fermium	1952 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Enrico Fermi	^{238}U (17n, γ) $^{255}\text{U} \rightarrow ^{255}\text{Fm}$	
flerovium	1999 team Flerov laboratoria, Dubna	naar Georgy Flerov	^{244}Pu (^{48}Ca , 3n) ^{289}Fl	
fluor	1771 Scheele; 1886 Moisson	la. <i>fluere</i> = vloeien	been, zeewater, vloeispaat	0,063
fosfor	1669 Brand; 1690 Boyle	gr. <i>fosforus</i> = lichtdragend	fosforiet, apatieten, beenderen	0,10
francium	1939 Marguerite Perey	naar la. <i>Francia</i> = Frankrijk	vervalproduct Ac	$3 \cdot 10^{-21}$
gadolinium	1880 de Marignac; Boisbaudran	naar Johan Gadolin	monaziettaarde, gadolinit	$5,4 \cdot 10^{-4}$
gallium	1875 Boisbaudran	naar la. <i>Gallia</i> = Frankrijk	steenkoolsoorten, galliet, aardolie	$1,5 \cdot 10^{-3}$
germanium	1886 Winkler	naar la. <i>Germania</i> = Duitsland	vliegstof Zn-bereiding, germaniet	$5,4 \cdot 10^{-4}$
goud	oudheid	la. <i>aurum</i> = goud; os. Gold = geel	gedegen in alliage met Ag, Cu, Fe	$4 \cdot 10^{-7}$
hafnium	1923 Coster/von Hevesy/Jantzen	naar la. <i>Hafnia</i> = Kopenhagen	zirkoonertsen, hafnon	$3,5 \cdot 10^{-4}$
hassium	1984 Armbruster e.a., Darmstadt	naar la. <i>Hassium</i> = Hessen, Duitsland	^{208}Bi (^{58}Fe , n) ^{267}Hs	

helium	1868 Lockyer/Janssen; 1895 Ramsay/Travers	gr. <i>helios</i> = zon	lucht, aardgasvelden	$8 \cdot 10^{-7}$
holmium	1878 Delafontaine/Soret; 1879 Cleve	naar la. <i>Holmia</i> = Stockholm	monazietaarde	$1,2 \cdot 10^{-4}$
ijzer	oudheid	kt. <i>isarno</i> = kracht; la. <i>ferrum</i>	ijzerertsen	5,6
indium	1863 Reich/Richter; 1867 Winkler	indigo: spectraallijn	zinkblende, indiet, aardolie	$1,0 \cdot 10^{-5}$
iridium	1804 Tennant	gr. <i>iris</i> = regenboog	iridosmium, osmiridium	$1 \cdot 10^{-7}$
jood	1811 Courtois	gr. <i>ioeides</i> = violet/vioolkleurig	zeewater, planten, jodyriet	$5,0 \cdot 10^{-5}$
kalium	1736 Duhamel du Monceau; 1807 Davy; Gay Lussac/Thenard	ar. <i>kali</i> = K_2CO_3 , <i>alkali</i> = de as	veldspaat, silicaten, slakken	2,1
kobalt	1735 Brandt	Kobold = berggeest	kobaltertsen, mangaanknollen	$2,5 \cdot 10^{-3}$
koolstof	oudheid	la. <i>carbonium</i> = steenkool	diamant, grafiet, organische verbindingen	0,020
koper	oudheid	naar gr. <i>Kypros</i> = Cyprus	gedegen, koperertsen	$5,5 \cdot 10^{-3}$
krypton	1898 Ramsay/Travers	gr. <i>kryptos</i> = verborgen	lucht	$1 \cdot 10^{-8}$
kwik	oudheid	en. <i>quick silver</i> = gr. <i>hydrargyrum</i> = watervlug zilver	gedegen, kwikertsen	$8,0 \cdot 10^{-6}$
lanthaan	1839 Mosander	gr. <i>lanthanon</i> = verborgen	monazietaarde, lanthaniet	$3,0 \cdot 10^{-3}$
lawrencium	1959 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Ernest O. Lawrence	^{250}Cf (^{10}B , 2n) ^{238}Lr	
lithium	1817 Arfvedson; 1818 Brande/Davy	gr. <i>lithos</i> = steen	minerale wateren, as van tabak	$2,0 \cdot 10^{-3}$
livermorium	2000 team van het JINR, Dubna	naar Lawrence Livermore, National Laboratory Californië	^{248}Cm (^{48}Ca , 3n) ^{293}Lv	
lood	oudheid	kt. <i>lud</i> = roodachtig; la. <i>plumbum</i>	loodertsen, menie	$1,3 \cdot 10^{-3}$
lutetium	1907 Urbain/Auer von Welsbach/James	naar la. <i>Lutetia</i> = Parijs	monazietaarde	$5,0 \cdot 10^{-5}$
magnesium	oudheid; 1755 Black; 1808 Davy	naar Magnesia, Thessalië	zeewater, planten, bitteraarde	2,3
mangaan	1740 Pott; 1774 Scheele/Bergman/Gahn	gr. <i>magnes</i> = magneet	mangaanertsen	0,095
meitnerium	1982 Armbruster e.a., Darmstadt	naar Lise Meitner	^{209}Bi (^{36}Fe , n) ^{266}Mt	
mendelevium	1955 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Dmitri Ivanovitsj Mendelejev	^{253}Es (α , n) ^{256}Md	
molybdeen	1778 Scheele; 1781 Hjelm	gr. <i>molybdaina</i> = op lood gelijkend erts	molybdeenglans, wulfeniet	$1,5 \cdot 10^{-4}$
natrium	oudheid; 1807 Davy	ar. <i>natron</i> = (element in) soda	zeewater, steenzout, albiet	2,4
neodymium	1841 Mosander; 1885 Auer von Welsbach	gr. <i>neos didymos</i> = nieuwe tweeling	monazietaarde	$2,8 \cdot 10^{-3}$
neon	1898 Ramsay/Travers	gr. <i>neos</i> = nieuw	lucht	$5 \cdot 10^{-7}$
neptunium	1940 McMillan/Abelson	naar de planeet Neptunus	^{238}U (n, γ) $^{239}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Np}$	
nikkel	oudheid; 1751 Cronstedt; 1775 Bergman	du. <i>Nickel</i> = berggeest	nikkelertsen, nikkelien, Mn-knollen	$7,5 \cdot 10^{-3}$
niobium	1801 Hatchett; 1866 Blomstrand	naar Niobe, dochter van Tantalus	columbiet, tantalieten	$2,0 \cdot 10^{-3}$
nobelium	1958 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Alfred Nobel	^{246}Cm (^{12}C , 4n) ^{254}No	
osmium	1804 Tennant	gr. <i>osme</i> = reuk/stank	gedegen, in erts van Pt-metalen en Au	$1,5 \cdot 10^{-7}$
palladium	1803 Wollaston	naar de planetoiden Pallas, ontdekt in 1802	gedegen, nikkelertsen	$1,0 \cdot 10^{-6}$
platina	1735 de Ulloa; 1750 Watson; 1803 Wollaston	sp. <i>plata</i> = zilver, geld, rijkdom	gedegen, nikkelertsen	$5 \cdot 10^{-7}$
plutonium	1940 Seaborg e.a., Berkeley	naar de planeet Pluto	^{238}U (^2H , 2n) $^{238}\text{Np} \rightarrow ^{238}\text{Pu}$	
polonium	1898 Marie Curie-Sklodowska	naar la. <i>Polonia</i> = Polen	uraanertsen, pekblende	$2 \cdot 10^{-14}$
praseodymium	1885 Auer von Welsbach	gr. <i>prasodidimos</i> = groene tweeling	monazietaarde	$8,2 \cdot 10^{-4}$
promethium	1942 Wu/Segrè/Bethe	naar de titaan Prometheus	uraanertsen	
protactinium	1913 Fajans/Gahring; 1917 Russell; Hahn/Lise Meitner	gr. <i>protactinium</i> = stamvader van actinium	uraanertsen	$1,4 \cdot 10^{-10}$
radium	1898 Becquerel/Marie en Pierre Curie	la. <i>radius</i> = straal	uraanertsen	$9 \cdot 10^{-11}$
radon	1900 Dorn; 1902 Rutherford/Soddy; 1910 Ramsay	gr. <i>radon</i> = straal	uraanertsen	$4 \cdot 10^{-17}$

<i>naam</i>	<i>jaartal en ontdekker</i>	<i>herkomst van de naam</i>	<i>komt voor in ... /bereiding</i>	<i>% in lithosfeer</i>
renium	1925 Walther en Ida Noddack/Berg	naar la. <i>Rhenus</i> = Rijn	platinaertsen	$5 \cdot 10^{-7}$
rhodium	1803 Wollaston	gr. <i>rhodoëis</i> = rooskleurig	Pt- en Ni-ertsen	$1 \cdot 10^{-7}$
roentgenium	1994 Hofmann, Darmstadt	naar Wilhelm Röntgen	^{209}Bi (^{64}Ni , n) ^{272}Rg	
rubidium	1860 Bunsen/Kirchhoff	la. <i>rubidus</i> = donkerrood: spectraallijn (vgl. robijn)	zeewater, lithiumertsen, polluciet	$9,0 \cdot 10^{-3}$
ruthenium	1828 Osann; 1844 Klaus	naar la. <i>Ruthenia</i> = Rusland	gedegen met Pt, Pt-ertsen	$1 \cdot 10^{-7}$
rutherfordium	1964 Flerov e.a.; 1969 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Ernest Rutherford	^{242}Pu (^{22}Ne , 4n) ^{260}Rf ^{249}Cf (^{12}C , 4n) ^{257}Rf	
samarium	1879 Boisbaudran; 1901 Demarcay	naar Samarski	monazietaarde, samarskiet	$6,0 \cdot 10^{-4}$
scandium	1879 Nilson; 1881 Cleve	naar la. <i>Scandia</i> = Scandinavië	monazietaarde	$2,2 \cdot 10^{-3}$
seaborgium	1974 Ghiorso e.a., Berkeley; Flerov e.a., Dubna	naar Glenn T. Seaborg	^{249}Cf (^{18}O , 4n) ^{263}Sg ^{206}Pb (^{24}Cr) ^{260}Sg	
seleen	1817 Berzelius/Gahn	gr. <i>Selene</i> = maan	pyriet, berzelianiet	$5,0 \cdot 10^{-6}$
silicium	oudheid; 1823 Berzelius; 1854 Sainte ClaireDeville	la. <i>silex</i> = kiezel/vuursteen	zand, kwarts, kiezel	28
stikstof	1772 Rutherford; 1850 Lavoisier e.a.	la. <i>nitrogenium</i> = salpetervormer; 'stik'stof'	lucht, salpeter, eiwitten	$2,0 \cdot 10^{-4}$
strontium	1790 Crawford; 1793 Klaproth; 1808 Davy	naar Strontian, Schotland	strontianiet, coelestien	0,037
tantal	1802 Ekeberg; 1866 de Marignac	naar Tantalus: zoutvorming bleek 'kwelling'	in ertsen samen met Nb	$2,0 \cdot 10^{-4}$
technetium	1937 Perrier/Segrè	gr. <i>technetos</i> = kunstmatig	spijtingsproduct van U, S-sterren	
telluur	1782 Müller v. Reichenstein; 1798 Klaproth	naar Tellus, godin van de aarde	als element, pyriet, telluriet	$1 \cdot 10^{-7}$
terbium	1843 Mosander	naar Ytterby, Zweden	monazietaarde	$9,0 \cdot 10^{-5}$
thallium	1861 Crookes/Lang; 1862 Lamy	gr. <i>thallos</i> = spectraallijn	vliegass bij roosten van ZnS en PbS	$4,5 \cdot 10^{-5}$
thorium	1828 Berzelius	naar Thor, Scandinavische god van de oorlog	uraanertsen, thorianiet, thoriët	$9,6 \cdot 10^{-4}$
thulium	1879 Cleve	naar la. <i>Thule</i> = Noorderland, Scandinavië	monazietaarde	$4,8 \cdot 10^{-5}$
tin	oudheid	od. <i>Zin</i> = staafje; la. <i>stannum</i> = Ag/Pb-alliage	stanniet en andere ertsen	$2,0 \cdot 10^{-4}$
titaan	1791 Gregory; 1795 Klaproth; 1825 Berzelius	naar de Titanen	silicaten, titaniet	0,57
ununtrium	2009 Dubra Livermore	► zie voetnoot tabel 40A	^{243}Am (^{48}Ca , 3n) ^{288}Uup → ^{284}Uut + α	
uraan	1789 Klaproth; 1841 Pélitot	naar de planeet Uranus, ontdekt in 1781	uraanertsen, pekblende	$2,7 \cdot 10^{-4}$
vanadium	1801 del Rio; 1831 Sefström	naar Vanadis: godin van schoonheid	vanadiniet	0,014
waterstof	1766 Cavendish; 1789 Paets v. Troostwijk	la. <i>hydrogenium</i> = watervormer	water, organische verbindingen	0,14
wolfram	1779 Woulfe; 1781 Scheele/Bergman	Wolf Rahm = wolfschuim; <i>tungsten</i> = zware steen	wolframertsen	$1,5 \cdot 10^{-4}$
xenon	1898 Ramsay/Travers	gr. <i>xenos</i> = gast	lucht	$3 \cdot 10^{-9}$
ytterbium	1878 de Marignac/Auer von Welsbach	naar Ytterby, Zweden	monazietaarde	$3,0 \cdot 10^{-4}$
yttrium	1843 Mosander; 1935 West/Hopkins	naar Ytterby, Zweden	monazietaarde, yttriumspaat	$3,3 \cdot 10^{-3}$
zilver	oudheid	la. <i>argentum</i> = helder wit = od. <i>silbar</i>	gedegen, zilvertsen	$7,0 \cdot 10^{-6}$
zink	13e eeuw, China; 1746 Marggraf	od. <i>Zinke</i> = scherpe punt: kristalvorm	zinkblende, galmei	$7,0 \cdot 10^{-3}$
zirkonium	1789 Klaproth; 1824 Berzelius	ar. <i>zargun</i> = goudkleurig	zirkoon, zirkoonnaarde	0,017
zuurstof	1598 Drebbe; 1774 Priestley; Scheele	la. <i>oxygenium</i> = zuurvormer	lucht (ook ozon), silicaten, carbonaten	46
zwavel	oudheid	la. <i>sulfur</i> ss. <i>shulbari</i> os. <i>saeval</i> = koper'vijand'	vulkanafzettingen, zoutkoepels, gips	0,026

■ Gebruikte afkortingen

od oud-Duits	la	Latijn	en	Engels	os	Saksisch	zw	Zweeds	ss	Sanskriet
ar Arabisch	gr	Grieks	sp	Spaans	du	Duits	fr	Frans	kt	Keltisch

in $10^{-3} \Omega^{-1} \text{m}^2 \text{mol}^{-1}$ bij $T = 298 \text{ K}$; in waterige oplossing

H^+	34,965
Li^+	3,866
Na^+	5,008
K^+	7,348
NH_4^+	7,35
Ag^+	6,19
$\frac{1}{2} \text{Mg}^{2+}$	5,30
$\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+}$	5,947
$\frac{1}{2} \text{Sr}^{2+}$	5,94
$\frac{1}{2} \text{Ba}^{2+}$	6,36
$\frac{1}{2} \text{Pb}^{2+}$	7,1

OH^-	19,8
F^-	5,54
Cl^-	7,631
Br^-	7,81
I^-	7,68
NO_3^-	7,142
CH_3COO^-	4,09
ClO_4^-	6,73
$\frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$	8,00

in K bij $p = p_0$

	<i>smeltpunt</i>	<i>kookpunt</i>
AgBr	703	1775
Ag ₂ CO ₃	491 ▶ ²	
AgCl	728	1820
AgI	831	1779
AgNO ₃	483	713 ▶ ²
Ag ₂ O	473 ▶ ²	
AlBr ₃	371	528
AlCl ₃	466	
AlF ₃		1549 ▶ ¹
Al ₂ O ₃	2327	3250
Al ₂ (SO ₄) ₃	1313 ▶ ²	
BaCO ₃	1653 ▶ ²	
BaCl ₂	1234	1833
Ba(NO ₃) ₂	863 ▶ ²	
BaO	2246	
BaSO ₄	1853	
CO	68	82
CO ₂		195 ▶ ¹
COCl ₂	145	281
CS ₂	161	319
CaCO ₃	973-1173 ▶ ²	
CaC ₂	2573	
CaCl ₂	1048	2208
CaF ₂	1691	2773
CaO	2886	
Ca(OH) ₂	853 ▶ ²	
CaS	2797	
CaSO ₄	1733	
Cl ₂ O	153	275 ▶ ³
CoCl ₂	1010	1322
CrCl ₃	1425	1573 ▶ ²
Cr ₂ O ₃	2593	3273
CuBr ₂	771	1173
CuCl ₂	871	1266 ▶ ²
CuO	1500	
Cu ₂ O	1517	2073 ▶ ²
Cu(OH) ₂	▶ ²	
CuS	780	
CuSO ₄	833 ▶ ²	
FeCO ₃	▶ ²	
FeCl ₂	950	1296
FeCl ₃	581	589
FeO	1650	
Fe ₂ O ₃	1812	
Fe(OH) ₂	▶ ²	

	<i>smeltpunt</i>	<i>kookpunt</i>
FeS	1461	▶ ²
HBr	186	207
HCN	260	299
HCl	159	188
HF	190	293
HI	222	238
HNO ₃	232	356
H ₂ O	273	373
H ₂ O ₂	273	423
H ₃ PO ₄	316	680
H ₂ S	188	214
H ₂ SO ₄	283	610
HgCl ₂	550	577
HgO	773 ▶ ²	
KBr	1007	1708
KBrO ₃	707 ▶ ²	
KCN	895	
K ₂ CO ₃	1172	▶ ²
KCl	1044	
KClO ₃	630	▶ ²
K ₂ CrO ₄	1247	
K ₂ Cr ₂ O ₇	671	773 ▶ ²
KF	1131	1775
KHCO ₃	373 ▶ ²	
KHSO ₄	473	▶ ²
KI	954	1596
KIO ₃	833 ▶ ²	
KMnO ₄	▶ ²	
KNO ₂	711	810 ▶ ³
KNO ₃	607	673 ▶ ²
K ₂ O	1013	
KOH	679	1600
KSCN	446	773 ▶ ²
K ₂ S	1221	
K ₂ SO ₄	1342	
MgBr ₂	984	
MgCO ₃	1263 ▶ ²	
MgCl ₂	987	1685
MgO	3098	3873
Mg(OH) ₂	1263 ▶ ²	
MgS	2499	
MgSO ₄	1410	
MnCO ₃	>473 ▶ ²	
MnSO ₄	973	1123 ▶ ²
MnS	1883	

	<i>smeltpunt</i>	<i>kookpunt</i>
NH ₃	195	240
NH ₄ Br		669 ▶ ¹
NH ₄ Cl		611 ▶ ¹
NH ₄ NO ₃	443	▶ ³
(NH ₄) ₂ SO ₄	553 ▶ ²	
NO	110	121
NO ₂	264	294
N ₂ O	182	185
N ₂ O ₄	264	294
NaBr	1020	1663
Na ₂ CO ₃	1129	▶ ²
NaCl	1074	1738
NaF	1269	1977
NaHCO ₃	323 ▶ ²	
NaI	934	1577
NaNO ₂	557	593 ▶ ²
NaNO ₃	580	
NaN ₃	573 ▶ ²	
Na ₂ O	1407	
NaOH	596	1661
Na ₃ PO ₄	1856	
Na ₂ S	1445	
Na ₂ SO ₄	1157	
PCl ₃	180	349
PCl ₅		433 ▶ ¹
PH ₃	139	185
P ₂ O ₃	297	446

	<i>smeltpunt</i>	<i>kookpunt</i>
P ₂ O ₅	835	878
PbCO ₃	588 ▶ ²	
PbCl ₂	774	1224
PbCrO ₄	1117	
Pb(NO ₃) ₂	743	
PbI ₂	683	1145 ▶ ²
PbO	1160	
PbO ₂	563 ▶ ²	
Pb ₃ O ₄	1103 ▶ ²	
PbSO ₄	1360	
SO ₂	198	263
SO ₃	335	
SOCl ₂	172	349
SiC	3103	
SiH ₄	88	161
SiO ₂	846-1995	3223
SnCl ₂	520	896
SnCl ₄	239	387
SnO	1353 ▶ ²	
SnO ₂	1903	
SnS	1154	1483
SnS ₂	873 ▶ ²	
ZnBr ₂	675	943
ZnCO ₃	413 ▶ ²	
ZnCl ₂	563	1005
ZnO	2247	
ZnSO ₄	953 ▶ ²	

1 ▶ sublimatiepunt

2 ▶ ontleedt

3 ▶ explodeert

in K bij $p = p_0$

	smeltpunt	kookpunt
• <i>alkanen</i>		
methaan	91	112
ethaan	90	185
propaan	86	231
butaan (<i>n</i> -butaan)	135	273
2-methylpropaan (isobutaan)	114	261
pentaan (<i>n</i> -pentaan)	143	309
2-methylbutaan	113	301
2,2-dimethylpropaan	257	283
hexaan (<i>n</i> -hexaan)	178	342
2-methylpentaan	120	333
3-methylpentaan	110	336
2,2-dimethylbutaan	174	323
2,3-dimethylbutaan	145	331
heptaan (<i>n</i> -heptaan)	183	372
• <i>cycloalkanen</i>		
cyclopropaan	146	240
cyclobutaan	182	286
cyclopentaan	180	322
cyclohexaan	280	354
• <i>alkenen</i>		
etheen	104	169
propeen	88	225
but-1-een	88	267
<i>cis</i> -but-2-een	134	277
<i>trans</i> -but-2-een	168	274
<i>cis</i> -1,2-dichlooretheen	193	333
<i>trans</i> -1,2-dichlooretheen	223	322
pent-1-een	108	303
hex-1-een	133	337
• <i>alkynen</i>		
ethyn (acetyleen)		188 ▶ ¹
propyn	170	250
but-1-yn	147	281
but-2-yn	241	300
pent-1-yn	183	313
hex-1-yn	141	344
• <i>aromatische koolwaterstoffen</i>		
benzeen	279	353
tolueen [methylbenzeen]	178	384
ethylbenzeen	178	409
1,2-dimethylbenzeen	248	418
1,3-dimethylbenzeen	225	412
1,4-dimethylbenzeen	286	411

	smeltpunt	kookpunt
• <i>alcoholen en fenolen</i>		
methanol	176	338
ethanol (alcohol)	159	351
propaan-1-ol	149	370
propaan-2-ol	185	355
butaan-1-ol	185	391
butaan-2-ol	185	373
2-methylpropaan-1-ol	171	381
2-methylpropaan-2-ol	299	356
pentaan-1-ol	196	411
2-methylbutaan-1-ol		401
2-methylbutaan-2-ol	264	376
3-methylbutaan-1-ol	156	404
3-methylbutaan-2-ol		386
hexaan-1-ol	226	431
ethaan-1,2-diol (glycol)	260	470
propaan-1,2,3-triol (glycerol)	291	563
fenol [benzenol]	314	455
2-methylfenol	304	464
3-methylfenol	285	475
4-methylfenol	308	475
fenylmethanol	258	478
• <i>ethers</i>		
methoxymethaan	132	248
methoxyethaan	160	281
ethoxyethaan (ether)	157	308
1-methoxybutaan	157	343
methoxybenzeen (anisol)	236	427
• <i>aldehyden en ketonen</i>		
methanal	181	254
ethanal	150	293
propanal	193	321
butanal	176	348
2-methylpropanal	207	338
fenylmethanal	247	452
propanon (aceton)	178	329
butanon	187	353
pentaan-3-on	234	375
• <i>carbonzuren</i>		
methaanzuur (mierenzuur)	281	374
ethaanzuur (azijnzuur)	290	391
propaanzuur	253	414
butaanzuur (boterzuur)	268	437
2-methylpropaanzuur	227	428
[mono]chloorethaanzuur	336	462

	<i>smeltpunt</i>	<i>kookpunt</i>
dichloorethaanzuur	287	467
trichloorethaanzuur	331	470
aminoethaanzuur (glycine)	563 ^{▶2}	
2-hydroxypropaanzuur (melkzuur)	326	376
hexadecaanzuur (palmitinezuur)	336	625
octadecaanzuur (stearinezuur)	342	623 ^{▶2}
<i>cis</i> -octadec-9-eenzuur (oliezuur)	287	633
<i>cis,cis</i> -octadeca-9,12-dieenzuur (linolzuur)	266	502
benzeencarbonzuur (benzoëzuur)	396	522
ethaandizuur (oxaalzuur)	430 ^{▶1}	463 ^{▶2}
• <i>esters</i>		
methylmethanoaat	174	305
methylethanoaat	175	330
methylpropanoaat	186	353
ethylethanoaat (ethylacetaat)	189	350
ethylpropanoaat	199	372
ethylbutanoaat	175	394
• <i>nitrillen</i>		
ethaannitril	229	355
propaannitril	180	370
butaannitril	161	391
• <i>aminen en ammoniumzouten</i>		
methaanamine [methylamine]	180	267
ethaanamine [ethylamine]	193	290
propaan-1-amine	188	320
propaan-2-amine (isopropylamine)	178	305
butaan-1-amine	224	350
butaan-2-amine	201	336
dimethylamine [N-methylmethaanamine]	181	280
trimethylamine [N,N-dimethylmethaanamine]	156	276

	<i>smeltpunt</i>	<i>kookpunt</i>
benzeenamine (aniline)	267	457
methaanaminiumchloride [methylammoniumchloride]	501	
ethaanaminiumchloride [ethylammoniumchloride]	383	
benzeenaminiumchloride	474	518
• <i>nitroverbindingen</i>		
nitromethaan	245	374
nitroëthaan	184	387
nitrobenzeen	279	484
• <i>halogeenverbindingen</i>		
chloormethaan	175	249
broommethaan	179	277
joodmethaan	207	316
chloorethaan	135	285
broomethaan	155	312
joodethaan	162	345
1-chloorpropaan	150	320
2-chloorpropaan	156	309
1-broompropaan	163	344
2-broompropaan	184	333
1-joodpropaan	172	376
2-joodpropaan	183	363
1-chloorbutaan	150	352
1-broombutaan	161	375
dichloormethaan	176	313
dibroommethaan	221	370
trichloormethaan (chloroform)	210	334
tribroommethaan	282	422
tetrachloormethaan (tetra)	251	350
tetrabroommethaan	365	463
dichloordifluormethaan (freon-12)	116	243
chloorbenzeen	228	405
broombenzeen	242	429

1 ▶ sublimatiepunt

2 ▶ ontleedt

bij 298 K

	<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>
	%	kg L ⁻¹	mol L ⁻¹
zwavelzuur- oplossing	98,0	1,832	18,32
	17,5	1,118	2,00
	9,26	1,059	1,00
	4,77	1,029	0,500
	0,976	1,0047	0,100
	0,490	1,0016	0,0500
zoutzuur	36,0	1,178	11,63
	13,7	1,065	4,00
	7,06	1,032	2,00
	3,60	1,015	1,00
	0,364	1,002	0,100
salpeterzuur- oplossing	65,0	1,385	14,29
	22,4	1,127	4,00
	11,9	1,064	2,00
	6,12	1,030	1,00
	0,628	1,003	0,100
azijnzuur- oplossing	100	1,044	17,39
	85,0	1,063	15,05
	23,4	1,028	4,00
	5,97	1,006	1,00
	0,601	0,999	0,100

	<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>
	%	kg L ⁻¹	mol L ⁻¹
ammonia	32,0	0,883	16,6
	25,0	0,904	13,3
	7,04	0,968	4,00
	3,47	0,982	2,00
	0,171	0,997	0,100
natronloog	13,9	1,150	4,00
	7,42	1,079	2,00
	3,85	1,040	1,00
	0,398	1,005	0,100
kaliloog	19,1	1,179	4,00
	10,3	1,092	2,00
	5,36	1,046	1,00
	0,558	1,005	0,100

bij 293 K

	<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>
	%	kg L ⁻¹	mol L ⁻¹
geconcentreerd zwavelzuur	95–98	1,8	18
geconcentreerd zoutzuur	36–38	1,2	12
geconcentreerd salpeterzuur	65–70	1,4	15
azijnzuur (ijsazijn)	99–100	1,0	17
geconcentreerde ammonia	25	0,90	13
geconcentreerd fosforzuur	85	1,7	15
verzaadigd kalkwater	0,15	1,0	0,020
geconcentreerd natronloog	7,5	1,1	2,0

oplosbaarheid in mol per liter water bij $p = p_0$

tempe- ratuur	H ₂	N ₂	CO	O ₂	CO ₂	Cl ₂	H ₂ S	SO ₂	HCl	HBr	NH ₃
K	10 ⁻³ molL ⁻¹	10 ⁻³ molL ⁻¹	10 ⁻³ molL ⁻¹	10 ⁻³ molL ⁻¹	10 ⁻³ molL ⁻¹	10 ⁻³ molL ⁻¹	10 ⁻³ molL ⁻¹	molL ⁻¹	molL ⁻¹	molL ⁻¹	molL ⁻¹
273	0,960	1,05	1,58	2,18	76,3	206	208	3,56	22,6	27,4	52,5
283	0,879	0,830	1,26	1,70	53,1	141	152	2,53	21,1	26,0	40,0
293	0,817	0,688	1,04	1,38	38,8	103	115	1,76	19,7	24,4	31,3
298	0,790	0,638	0,955	1,26	33,5	90,2	102	1,46	19,0	23,9	27,8
303	0,759	0,598	0,893	1,16	29,5	80,4	91,1	1,18	18,3	23,0	25,1
313	0,732	0,527	0,790	1,03	23,2	64,3	74,1	0,84	17,2	22,0	21,5
323	0,719	0,487	0,719	0,933	19,2	54,5	62,1	0,66	16,0	21,2	19,5
333	0,714	0,455	0,665	0,871	15,6	45,5	53,1	0,54	15,1	20,4	18,5
343		0,438	0,643	0,817		38,4	45,5	0,53	14,3	18,5	17,5
353		0,429	0,638	0,786		30,4	41,1		13,6	17,6	
363		0,424	0,634	0,768		17,4	37,5		13,3		
373		0,424	0,629	0,759		0,0	36,2				

■ De concentratie van het opgeloste gas is evenredig met de partiële druk van het gas (wet van Henry). Dit geldt voor gassen die geen reactie geven met het oplosmiddel.

Zuurstof in chloridehoudend water

B

oplosbaarheid in 10⁻³ L O₂(g) per liter water; $p = p_0$

concentratie Cl ⁻ g L ⁻¹	temperatuur in K						
	273	278	283	288	293	298	303
0	49	43	38	34	31	28	26
5	46	41	36	32	29	26	24
10	43	38	34	31	28	25	23
15	41	36	32	29	26	24	22
20	38	34	30	27	25	23	21

■ Gemiddelde samenstelling van onvervuild zeewater: zie tabel 64A.

45 Oplosbaarheid van vaste stoffen en vloeistoffen

A Zouten in water: schematisch overzicht

bij kamertemperatuur

positieve ionen	negatieve ionen												
	NO_3^-	CH_3COO^-	Cl^-	Br^-	I^-	SO_4^{2-}	F^-	S^{2-}	OH^-	SO_3^{2-}	CO_3^{2-}	PO_4^{3-}	O^{2-}
Na^+	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	r
K^+	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	r
NH_4^+	g	g	g	g	g	g	g	r	i	g	r	r	i
Mg^{2+}	g	g	g	g	g	g	s	m	s	m	m	s	s
Al^{3+}	g	g	g	g	g	g	g	r	s	r	r	s	s
Fe^{2+}	g	g	g	g	g	g	m	s	s	s	s	s	s
Zn^{2+}	g	g	g	g	g	g	g	s	s	s	s	s	s
Fe^{3+}	g	g	g	g	r	g	m	r	s	r	r	s	s
Cu^{2+}	g	g	g	g	r	g	g	s	s	s	s	s	s
Ca^{2+}	g	g	g	g	g	m	s	m	m	s	s	s	r
Ba^{2+}	g	g	g	g	g	s	m	m	g	s	s	s	r
Hg^{2+}	g	g	g	m	s	r	r	s	i	r	s	s	s
Pb^{2+}	g	g	m	m	s	s	m	s	s	s	s	s	s
$\text{Hg}^+(\text{Hg}_2^{2+})$	g	m	s	s	s	s	r	s	i	s	s	s	s
Ag^+	g	m	s	s	s	m	g	s	i	s	s	s	s

■ De waterstofzouten zijn in het algemeen goed in water oplosbaar;

veel hydroxidezouten zijn slecht oplosbaar;

de zwaar-metaalhydroxiden zijn instabiel (splitsen water af).

■ Betekenis der symbolen:

g = goed oplosbaar in water (meer dan ca. $0,1 \text{ mol L}^{-1}$)m = matig oplosbaar in water (minder dan ca. $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ en meer dan ca. $0,01 \text{ mol L}^{-1}$)s = slecht oplosbaar in water (minder dan ca. $0,01 \text{ mol L}^{-1}$)

i = instabiel

r = reageert in water

■ Opgelost S^{2-} reageert aflopend tot HS^-

B Zouten in water: kwantitatieve gegevens

bij 298 K

	$\frac{\text{mol}}{\text{kg water}}$	$\frac{\text{g}}{\text{kg water}}$
AgNO_3	$1,38 \cdot 10^1$	$2,34 \cdot 10^3$
$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2,48	$5,98 \cdot 10^2$
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1,13	$3,85 \cdot 10^2$
BaCl_2	1,78	$3,70 \cdot 10^2$
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$3,92 \cdot 10^{-1}$	$1,03 \cdot 10^2$
$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	$2,75 \cdot 10^{-1}$	$8,68 \cdot 10^1$
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1,22	$3,06 \cdot 10^2$
$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	3,76	$7,44 \cdot 10^2$
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,56	$4,34 \cdot 10^2$
HgCl_2	$2,69 \cdot 10^{-1}$	$7,31 \cdot 10^1$
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$3,81 \cdot 10^{-1}$	$1,81 \cdot 10^2$

	$\frac{\text{mol}}{\text{kg water}}$	$\frac{\text{g}}{\text{kg water}}$
KBr	5,70	$6,78 \cdot 10^2$
KCN	$1,10 \cdot 10^1$	$7,18 \cdot 10^2$
K_2CO_3	8,06	$1,11 \cdot 10^3$
KCl	4,77	$3,55 \cdot 10^2$
KClO_3	$7,03 \cdot 10^{-1}$	$8,61 \cdot 10^1$
KF	$1,75 \cdot 10^1$	$1,02 \cdot 10^3$
$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	1,48	$4,88 \cdot 10^2$
$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$8,31 \cdot 10^{-1}$	$3,51 \cdot 10^2$
KHCO_3	3,62	$3,62 \cdot 10^2$
KHSO_4	3,72	$5,06 \cdot 10^2$
KI	8,92	$1,48 \cdot 10^3$

	$\frac{\text{mol}}{\text{kg water}}$	$\frac{\text{g}}{\text{kg water}}$
KNO ₃	3,79	$3,83 \cdot 10^2$
KOH	$2,15 \cdot 10^1$	$1,21 \cdot 10^3$
KSCN	$2,45 \cdot 10^1$	$2,38 \cdot 10^3$
K ₂ SO ₄	$6,88 \cdot 10^{-1}$	$1,20 \cdot 10^2$
MgCl ₂ · 6H ₂ O	3,60	$7,31 \cdot 10^2$
MgSO ₄ · 7H ₂ O	2,16	$5,32 \cdot 10^2$
NH ₄ Cl	7,39	$3,96 \cdot 10^2$
NH ₄ NO ₃	$2,65 \cdot 10^1$	$2,13 \cdot 10^3$
(NH ₄) ₂ SO ₄	5,78	$7,64 \cdot 10^2$
NaBr	9,19	$9,46 \cdot 10^2$
Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O	1,90	$8,29 \cdot 10^2$
NaCl	6,15	$3,60 \cdot 10^2$

	$\frac{\text{mol}}{\text{kg water}}$	$\frac{\text{g}}{\text{kg water}}$
NaHCO ₃	1,22	$1,03 \cdot 10^2$
NaHSO ₄	5,26	$6,32 \cdot 10^2$
NaI	$1,23 \cdot 10^1$	$1,84 \cdot 10^3$
NaNO ₂	$1,23 \cdot 10^1$	$8,48 \cdot 10^2$
NaNO ₃	$1,07 \cdot 10^1$	$9,12 \cdot 10^2$
NaOH	$2,50 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^3$
Na ₂ S	2,64	$2,06 \cdot 10^2$
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	1,46	$4,70 \cdot 10^2$
Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O	3,37	$8,35 \cdot 10^2$
Pb(NO ₃) ₂	1,80	$5,97 \cdot 10^2$
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	2,46	$7,09 \cdot 10^2$

■ De gegeven waarden betreffen de oplosbaarheid per totale hoeveelheid water.

Bij een hydraat moet de som van het kristalwater en het toegevoegde oploswater worden genomen.

bij kamertemperatuur

	<i>water</i>	<i>propanon (aceton)</i>	<i>ethanol (alcohol)</i>	<i>ethoxyethaan (ether)</i>	<i>koolstof- disulfide</i>
propanon (aceton)	∞		∞	∞	∞
ethanol (alcohol)	∞	∞		∞	m
ethoxyethaan (ether)	m	∞	∞		∞
fosfor rood	—	—	—	—	—
fosfor wit	s	s	s	m	g ¹
jood	s ²	g	g ¹	g	g
koolstofdissulfide	s	∞	m	∞	
paraffine	—	s	s	m	g ¹
octadecaanzuur (stearinezuur)	—	g	g	g ¹	m
zwavel (rombisch)	—	s	s	s	g ¹

■ betekenis der symbolen:

- onoplosbaar
- s slecht oplosbaar
- m matig oplosbaar
- g goed oplosbaar
- ∞ in alle verhoudingen mengbaar

1 ► meest gebruikte oplosmiddel(en)

2 ► goed oplosbaar in een kaliumjodideoplossing onder vorming van I₃⁻-ionen

bij 298 K

	<i>oplosbaarheids- product</i>	
	K_s	pK_s
AgBr	$5,4 \cdot 10^{-13}$	12,27
AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$	9,74
Ag ₂ CO ₃	$8,5 \cdot 10^{-12}$	11,07
Ag ₂ CrO ₄	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,96
AgI	$8,5 \cdot 10^{-17}$	16,07
Ag ₃ PO ₄	$8,9 \cdot 10^{-17}$	16,05
Ag ₂ S	$8 \cdot 10^{-51}$	50,1
AgSCN	$1,0 \cdot 10^{-12}$	12,00
Ag ₂ SO ₄	$1,2 \cdot 10^{-5}$	4,92
Al(OH) ₃	$3 \cdot 10^{-34}$	33,50
AlPO ₄	$9,8 \cdot 10^{-21}$	20,01
BaCO ₃	$2,6 \cdot 10^{-9}$	8,59
BaCrO ₄	$1,2 \cdot 10^{-10}$	9,92
BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96
CaCO ₃	$4,7 \cdot 10^{-9}$	8,33
CaC ₂ O ₄	$2,3 \cdot 10^{-9}$	8,64
CaF ₂	$3,5 \cdot 10^{-11}$	10,46
Ca(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-6}$	5,30
CaSO ₄	$4,9 \cdot 10^{-5}$	4,31
Cr(OH) ₃	$6 \cdot 10^{-31}$	30,2
CuI	$1,3 \cdot 10^{-12}$	11,89
Cu(OH) ₂	$1,6 \cdot 10^{-19}$	18,80

	<i>oplosbaarheids- product</i>	
	K_s	pK_s
Cu ₂ O	$2 \cdot 10^{-15}$	14,7
CuS	$8 \cdot 10^{-37}$	36,1
Fe(OH) ₂	$4,9 \cdot 10^{-17}$	16,31
Fe(OH) ₃	$2,8 \cdot 10^{-39}$	38,55
FeS	$8 \cdot 10^{-19}$	18,1
HgS	$1 \cdot 10^{-53}$	53,0
MgCO ₃	$6,8 \cdot 10^{-6}$	5,17
Mg(OH) ₂	$5,6 \cdot 10^{-12}$	11,25
MnS	$3 \cdot 10^{-14}$	13,50
PbBr ₂	$6,6 \cdot 10^{-6}$	5,18
PbCl ₂	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,77
PbCO ₃	$7,4 \cdot 10^{-14}$	13,13
PbCrO ₄	$3 \cdot 10^{-13}$	12,5
PbI ₂	$9,8 \cdot 10^{-9}$	8,01
Pb(OH) ₂	$1,4 \cdot 10^{-20}$	19,85
PbS	$3 \cdot 10^{-28}$	27,5
PbSO ₄	$2,5 \cdot 10^{-8}$	7,60
SnS	$1 \cdot 10^{-25}$	25,0
SrSO ₄	$3,4 \cdot 10^{-7}$	6,47
ZnCO ₃	$1,5 \cdot 10^{-10}$	9,82
Zn(OH) ₂	$3 \cdot 10^{-17}$	16,5
ZnS	$3 \cdot 10^{-23}$	22,5

bij 298 K

Bij deeltjes zonder toestandsaanduiding moet steeds (aq) worden gelezen.

evenwichtsreactie ¹		dissociatieconstante	
		K_d	pK_d
$\text{Ag}(\text{CN})_2^-$	$\rightleftharpoons \text{AgCN(s)} + \text{CN}^-$	$4 \cdot 10^{-6}$	5,4
AgCl_2^-	$\rightleftharpoons \text{AgCl(s)} + \text{Cl}^-$	$2 \cdot 10^{-4}$	-4,3
$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$	$\rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3$	$5,9 \cdot 10^{-8}$	7,23
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$	$\rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$1 \cdot 10^{-13}$	13,0
$\text{Al}(\text{OH})_4^-$	$\rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{OH}^-$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	1,60
AlF_6^{3-}	$\rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 6 \text{F}^-$	$2 \cdot 10^{-20}$	19,7
$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + 6 \text{NH}_3$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,89
$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$	$\rightleftharpoons \text{Co}^{3+} + 6 \text{NH}_3$	10^{-33}	33
CuCl_4^{2-}	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4 \text{Cl}^-$	$2,4 \cdot 10^{-6}$	5,62
$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4 \text{NH}_3$	$7,1 \cdot 10^{-14}$	13,15
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 6 \text{CN}^-$	10^{-24}	24
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 6 \text{CN}^-$	10^{-31}	31
FeSCN^{2+}	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^-$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,96
HgI_4^{2-}	$\rightleftharpoons \text{HgI}_2(\text{s}) + 2 \text{I}^-$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	6,00
I_3^-	$\rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{I}^-$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,85
$\text{Pb}(\text{OH})_4^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Pb}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{OH}^-$	$1 \cdot 10^{-1}$	-1,0
$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 4 \text{NH}_3$	$2,6 \cdot 10^{-10}$	9,59
$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{OH}^-$	$1 \cdot 10^{-1}$	1,0

EDTA-complexen

$\text{Y}^{4-} = \text{EDTA} = \text{ethyleendiaminetetraäcetaat}$ [ethyleendinitrilotetraëthanoaat]

AgY^{3-}	$\rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Y}^{4-}$	$4,8 \cdot 10^{-8}$	7,32
AlY^-	$\rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + \text{Y}^{4-}$	$7,4 \cdot 10^{-17}$	16,13
BaY^{2-}	$\rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	7,76
CaY^{2-}	$\rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$2,0 \cdot 10^{-11}$	10,70
CuY^{2-}	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$	18,80
FeY^{2-}	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$4,7 \cdot 10^{-15}$	14,33
FeY^-	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{Y}^{4-}$	$7,9 \cdot 10^{-26}$	25,10
MgY^{2-}	$\rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	8,69
PbY^{2-}	$\rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$9,1 \cdot 10^{-19}$	18,04
ZnY^{2-}	$\rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{Y}^{4-}$	$3,2 \cdot 10^{-17}$	16,50

1 ► In deze reactievergelijkingen zijn de eventuele H_2O -liganden steeds weggelaten.

in V bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$

De reacties vinden plaats in oplossing; alle ionen zijn gehydrateerd. De concentraties van de opgeloste deeltjes zijn steeds $1,00 \text{ mol L}^{-1}$.

Bij deeltjes zonder toestandsaanduiding moet steeds (aq) worden gelezen.

<i>oxidator</i>		<i>reductor</i>	<i>standaard- elektrodepotentiaal</i>
$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	2F^-	+2,87
$\text{O}_3(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$	+2,08
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,78
$\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,77
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	Ce^{3+}	+1,72
$\text{PbO}_2(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,69
$2 \text{HClO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,61
$2 \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,59
$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,51
$\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}(\text{s})$	+1,50
$\text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{Mn}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,49
$\text{PbO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,46
$\text{ClO}_3^- + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cl}^- + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,45
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	2Cl^-	+1,36
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,36
$\text{O}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{OH}^- + \text{O}_2(\text{g})$	+1,24
$\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,23
$\text{MnO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,22
$\text{Br}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	2Br^-	+1,09
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	2Br^-	+1,07
$\text{AuCl}_4^- + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}(\text{s}) + 4 \text{Cl}^-$	+1,00
$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{NO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,98
$\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{NO}(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,96
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	2OH^-	+0,95
$\text{NO}_3^- + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,93
$\text{Hg}^{2+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Hg}^+ \blacktriangleright^1$	+0,92
$\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{CuI}(\text{s})$	+0,85
$\text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Hg}(\text{l})$	+0,85
$\text{Ag}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ag}(\text{s})$	+0,80
$\text{Hg}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Hg}(\text{l}) \blacktriangleright^3$	+0,80
$\text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{NO}_2(\text{g}) \blacktriangleright^2 + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,80
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	Fe^{2+}	+0,77
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	H_2O_2	+0,70
$\text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{MnO}_2(\text{s}) + 4 \text{OH}^-$	+0,60
$\text{MnO}_4^- + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	MnO_4^{2-}	+0,56
$\text{I}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	2I^-	+0,54
$\text{I}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	2I^-	+0,54
$\text{I}_3^- + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	3I^-	+0,54
$\text{Cu}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}(\text{s})$	+0,52
$\text{NiO}(\text{OH})(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{OH}^-$	+0,52
$\text{NiO}_2(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{OH}^-$	+0,49
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	4OH^-	+0,40
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	+0,36
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}(\text{s})$	+0,34

<i>oxidator</i>	<i>reductor</i>	<i>standaard- elektrodepotentiaal</i>
$\text{HgCl(s)} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Hg(l)} + \text{Cl}^-$ ¹	+0,27
$\text{AgCl(s)} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ag(s)} + \text{Cl}^-$	+0,22
$\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O(l)}$ ⁵	+0,17
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^+$	+0,15
$\text{Mn(OH)}_3\text{(s)} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Mn(OH)}_2\text{(s)} + \text{OH}^-$	+0,15
$\text{MnO}_2\text{(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{MnO(OH)(s)} + \text{OH}^-$	+0,15
$2 \text{NO}_2^- + 3 \text{H}_2\text{O(l)} + 4 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{N}_2\text{O(g)} + 6 \text{OH}^-$	+0,15
$\text{Sn}^{4+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	+0,15
$\text{S(s)} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{S(g)}$	+0,14
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0,10
$\text{N}_2\text{(g)} + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$	+0,09
$\text{HCOOH} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O(l)}$	+0,08
$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{NO}_2^- + 2 \text{OH}^-$	+0,01
$2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)}$	0
$\text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O(l)}$ ⁵	-0,09
$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Pb(s)}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Sn(s)}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ni(s)}$	-0,26
$\text{Co}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Co(s)}$	-0,28
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,28
$\text{PbSO}_4\text{(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Pb(s)} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,36
$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cd(s)}$	-0,40
$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Fe(s)}$	-0,45
$\text{S(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{S}^{2-}$	-0,48
$2 \text{CO}_2\text{(g)} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-0,49
$\text{Ni(OH)}_2\text{(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ni(s)} + 2 \text{OH}^-$	-0,72
$\text{Cr}^{3+} + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cr(s)}$	-0,74
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Zn(s)}$	-0,76
$\text{Cd(OH)}_2\text{(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cd(s)} + 2 \text{OH}^-$	-0,81
$2 \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + 2 \text{OH}^-$	-0,83
$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + 2 \text{OH}^-$ ⁵	-0,93
$\text{Zn(OH)}_4^{2-} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Zn(s)} + 4 \text{OH}^-$	-1,20
$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Al(s)}$	-1,66
$\text{Al(OH)}_4^- + 3 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Al(s)} + 4 \text{OH}^-$	-2,33
$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Mg(s)}$	-2,37
$\text{Mg(OH)}_2\text{(s)} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Mg(s)} + 2 \text{OH}^-$	-2,69
$\text{Na}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Na(s)}$	-2,71
$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ca(s)}$	-2,87
$\text{Ba}^{2+} + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ba(s)}$	-2,91
$\text{K}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{K(s)}$	-2,93
$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Li(s)}$	-3,04

- De vermelde waarden kunnen in enkele gevallen vrij sterk afwijken van gegevens uit andere bronnen.
Meestal is de keuze van het milieu de oorzaak.

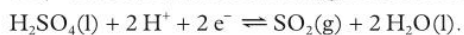
1 ► eigenlijk: $2 \text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$

2 ► Er stelt zich een evenwicht in: $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2\text{(g)}$.

3 ► eigenlijk: $\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Hg(l)}$

4 ► eigenlijk: $\text{Hg}_2\text{Cl}_2\text{(s)} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Hg(l)} + 2 \text{Cl}^-$

5 ► SO_4^{2-} is alléén oxidator in warm, geconcentreerd H_2SO_4 volgens:



in water als oplosmiddel; $T = 298\text{ K}$

zuur	zuurconstante		base	baseconstante	
	K_z	pK_z		K_b	pK_b
HClO ₄	$\gg 1$	< 0	ClO ₄ ⁻	$\ll 10^{-14}$	> 14
HI	$\gg 1$	< 0	I ⁻	$\ll 10^{-14}$	> 14
HBr	$\gg 1$	< 0	Br ⁻	$\ll 10^{-14}$	> 14
HCl	$\gg 1$	< 0	Cl ⁻	$\ll 10^{-14}$	> 14
H ₂ SO ₄	$\gg 1$	< 0	HSO ₄ ⁻	$\ll 10^{-14}$	> 14
HNO ₃	$\gg 1$	< 0	NO ₃ ⁻	$\ll 10^{-14}$	> 14
HClO ₃	$\gg 1$	< 0	ClO ₃ ⁻	$\ll 10^{-14}$	> 14
H ₃ O ⁺			H ₂ O		
CCl ₃ -COOH	$2,2 \cdot 10^{-1}$	0,66	CCl ₃ -COO ⁻	$4,6 \cdot 10^{-14}$	13,34
H ₂ CrO ₄	$1,8 \cdot 10^{-1}$	0,74	HCrO ₄ ⁻	$5,5 \cdot 10^{-14}$	13,26
HIO ₃	$1,7 \cdot 10^{-1}$	0,78	IO ₃ ⁻	$6,0 \cdot 10^{-14}$	13,22
H ₂ C ₂ O ₄	$5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25	HC ₂ O ₄ ⁻	$1,8 \cdot 10^{-13}$	12,75
CHCl ₂ -COOH	$4,4 \cdot 10^{-2}$	1,35	CHCl ₂ -COO ⁻	$2,2 \cdot 10^{-13}$	12,65
H ₃ PO ₃	$1,6 \cdot 10^{-2}$	1,80	H ₂ PO ₃ ⁻	$6,3 \cdot 10^{-13}$	12,20
SO ₂ + H ₂ O (H ₂ SO ₃)	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85	HSO ₃ ⁻	$7,1 \cdot 10^{-13}$	12,15
HOOCCH=CHCOOH (<i>cis</i>)	$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,92	HOOCCH=CHCOO ⁻ (<i>cis</i>)	$8,3 \cdot 10^{-13}$	12,08
HClO ₂	$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,94	ClO ₂ ⁻	$8,7 \cdot 10^{-13}$	12,06
HSO ₄ ⁻	$1,0 \cdot 10^{-2}$	1,98	SO ₄ ²⁻	$9,5 \cdot 10^{-13}$	12,02
H ₃ PO ₄	$6,9 \cdot 10^{-3}$	2,16	H ₂ PO ₄ ⁻	$1,4 \cdot 10^{-12}$	11,84
H ₃ AsO ₄	$5,5 \cdot 10^{-3}$	2,26	H ₂ AsO ₄ ⁻	$1,8 \cdot 10^{-12}$	11,74
NH ₃ ⁺ -CH ₂ -COOH	$4,5 \cdot 10^{-3}$	2,35	NH ₃ ⁺ -CH ₂ -COO ⁻	$2,2 \cdot 10^{-12}$	11,65
H ₂ Te	$2,3 \cdot 10^{-3}$	2,64	HTe ⁻	$4,4 \cdot 10^{-12}$	11,36
CH ₃ -CHCl-COOH	$1,5 \cdot 10^{-3}$	2,83	CH ₃ -CHCl-COO ⁻	$6,8 \cdot 10^{-12}$	11,17
Fe(H ₂ O) ₆ ³⁺	$1,5 \cdot 10^{-3}$	2,83	FeOH(H ₂ O) ₅ ²⁺	$6,8 \cdot 10^{-12}$	11,17
HOOCCH ₂ COOH	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,85	HOOCCH ₂ COO ⁻	$7,1 \cdot 10^{-12}$	11,15
CH ₂ Cl-COOH	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,87	CH ₂ Cl-COO ⁻	$7,4 \cdot 10^{-12}$	11,13
HOOCCH=CHCOOH (<i>trans</i>)	$9,6 \cdot 10^{-4}$	3,02	HOOCCH=CHCOO ⁻ (<i>trans</i>)	$1,1 \cdot 10^{-11}$	10,98
H ₃ C ₆ H ₅ O ₇ (citroenzuur, H ₃ Cz)	$7,4 \cdot 10^{-4}$	3,13	H ₂ C ₆ H ₅ O ₇ ⁻ (H ₂ Cz ⁻)	$1,3 \cdot 10^{-11}$	10,87
HF	$6,3 \cdot 10^{-4}$	3,20	F ⁻	$1,6 \cdot 10^{-11}$	10,80
HNO ₂	$5,6 \cdot 10^{-4}$	3,25	NO ₂ ⁻	$1,8 \cdot 10^{-11}$	10,75
HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75	HCOO ⁻	$5,6 \cdot 10^{-11}$	10,25
HC ₂ O ₄ ⁻	$1,6 \cdot 10^{-4}$	3,81	C ₂ O ₄ ²⁻	$6,3 \cdot 10^{-11}$	10,19
Cr(H ₂ O) ₆ ³⁺	$1,5 \cdot 10^{-4}$	3,82	CrOH(H ₂ O) ₅ ²⁺	$6,6 \cdot 10^{-11}$	10,18
CH ₃ CHOHCOOH	$1,4 \cdot 10^{-4}$	3,86	CH ₃ CHOHCOO ⁻	$7,2 \cdot 10^{-11}$	10,14
H ₂ Se	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89	HSe ⁻	$7,8 \cdot 10^{-11}$	10,11
CH ₂ Cl-CH ₂ -COOH	$1,0 \cdot 10^{-4}$	3,98	CH ₂ Cl-CH ₂ -COO ⁻	$9,5 \cdot 10^{-11}$	10,02
H ₂ C ₆ H ₆ O ₆ (ascorbinezuur, H ₂ Az)	$9,1 \cdot 10^{-5}$	4,04	HC ₆ H ₆ O ₆ ⁻ (HAz ⁻)	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96
C ₆ H ₅ -COOH	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20	C ₆ H ₅ -COO ⁻	$1,6 \cdot 10^{-10}$	9,80
CH ₂ =CH-COOH	$5,6 \cdot 10^{-5}$	4,25	CH ₂ =CH-COO ⁻	$1,8 \cdot 10^{-10}$	9,75
HOOCCH=CHCOO ⁻ (<i>trans</i>)	$4,2 \cdot 10^{-5}$	4,38	⁻ OOCCH=CHCOO ⁻ (<i>trans</i>)	$2,4 \cdot 10^{-10}$	9,62
CH ₃ -COOH	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,76	CH ₃ -COO ⁻	$5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
H ₂ C ₆ H ₅ O ₇ ⁻ (H ₂ Cz ⁻)	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,76	HC ₆ H ₅ O ₇ ²⁻ (HCz ²⁻)	$5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	$1,5 \cdot 10^{-5}$	4,83	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COO ⁻	$6,8 \cdot 10^{-10}$	9,17
CH ₃ -CH ₂ -COOH	$1,4 \cdot 10^{-5}$	4,87	CH ₃ -CH ₂ -COO ⁻	$7,4 \cdot 10^{-10}$	9,13
C ₆ H ₅ -NH ₃ ⁺	$1,4 \cdot 10^{-5}$	4,87	C ₆ H ₅ -NH ₂	$7,4 \cdot 10^{-10}$	9,13
Al(H ₂ O) ₆ ³⁺	$9,8 \cdot 10^{-6}$	5,01	AlOH(H ₂ O) ₅ ²⁺	$1,0 \cdot 10^{-9}$	8,99
HOOCCH ₂ COO ⁻	$2,0 \cdot 10^{-6}$	5,70	⁻ OOCCH ₂ COO ⁻	$5,0 \cdot 10^{-9}$	8,30
HOOCCH=CHCOO ⁻ (<i>cis</i>)	$5,9 \cdot 10^{-7}$	6,23	⁻ OOCCH=CHCOO ⁻ (<i>cis</i>)	$1,7 \cdot 10^{-8}$	7,77
CO ₂ + H ₂ O (H ₂ CO ₃)	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35	HCO ₃ ⁻	$2,2 \cdot 10^{-8}$	7,65
HC ₆ H ₅ O ₇ ²⁻ (HCz ²⁻)	$4,0 \cdot 10^{-7}$	6,40	C ₆ H ₅ O ₇ ³⁻ (Cz ³⁻)	$2,5 \cdot 10^{-8}$	7,60
HCrO ₄ ⁻	$3,2 \cdot 10^{-7}$	6,49	CrO ₄ ²⁻	$3,1 \cdot 10^{-8}$	7,51

zuur	zuurconstante		base	baseconstante	
	K_z	pK_z		K_b	pK_b
$\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$	$1,8 \cdot 10^{-7}$	6,74	$\text{FeOH}(\text{H}_2\text{O})_5^+$	$5,5 \cdot 10^{-8}$	7,26
H_2AsO_4^-	$1,7 \cdot 10^{-7}$	6,76	HAsO_4^{2-}	$5,8 \cdot 10^{-8}$	7,24
H_2S	$8,9 \cdot 10^{-8}$	7,05	HS^-	$1,1 \cdot 10^{-7}$	6,95
H_2PO_4^-	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21	HPO_4^{2-}	$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
HSO_3^-	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21	SO_3^{2-}	$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
HClO	$4,0 \cdot 10^{-8}$	7,40	ClO^-	$2,5 \cdot 10^{-7}$	6,60
$\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_n^{2+}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	7,80	$\text{PbOH}(\text{H}_2\text{O})_{n-1}^+$	$6,3 \cdot 10^{-7}$	6,20
$\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	8,00	$\text{CuOH}(\text{H}_2\text{O})_5^+$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	6,00
HBrO	$2,8 \cdot 10^{-9}$	8,55	BrO^-	$3,5 \cdot 10^{-6}$	5,45
$\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	8,96	$\text{ZnOH}(\text{H}_2\text{O})_5^+$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	5,04
HCN	$6,1 \cdot 10^{-10}$	9,21	CN^-	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,79
H_3AsO_3	$6,0 \cdot 10^{-10}$	9,22	H_2AsO_3^-	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,78
NH_4^+	$5,6 \cdot 10^{-10}$	9,25	NH_3	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
H_3BO_3	$5,4 \cdot 10^{-10}$	9,27	H_2BO_3^-	$1,9 \cdot 10^{-5}$	4,73
$\text{NH}_3^+ - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$	$1,7 \cdot 10^{-10}$	9,78	$\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$	$6,0 \cdot 10^{-5}$	4,22
$(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$	$1,6 \cdot 10^{-10}$	9,80	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$	9,99	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$	$9,8 \cdot 10^{-5}$	4,01
HCO_3^-	$4,7 \cdot 10^{-11}$	10,33	CO_3^{2-}	$2,1 \cdot 10^{-4}$	3,67
HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$	10,64	IO^-	$4,4 \cdot 10^{-4}$	3,36
$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+$	$2,2 \cdot 10^{-11}$	10,65	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	3,35
$\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+$	$2,2 \cdot 10^{-11}$	10,66	$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	3,34
$(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+$	$1,9 \cdot 10^{-11}$	10,73	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	3,27
HAsO_4^{2-}	$5,1 \cdot 10^{-12}$	11,29	AsO_4^{3-}	$1,9 \cdot 10^{-3}$	2,71
H_2O_2	$2,4 \cdot 10^{-12}$	11,62	HO_2^-	$4,2 \cdot 10^{-3}$	2,38
$\text{HC}_6\text{H}_6\text{O}_6^- (\text{HAz}^-)$	$1,8 \cdot 10^{-12}$	11,75	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6^{2-} (\text{Az}^{2-})$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	2,25
HPO_4^{2-}	$4,8 \cdot 10^{-13}$	12,32	PO_4^{3-}	$2,1 \cdot 10^{-2}$	1,68
H_2O			OH^-		
HS^-	$\ll 10^{-14}$	> 14	S^{2-}	$\gg 1$	< 0
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$	$\ll 10^{-14}$	> 14	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{O}^-$	$\gg 1$	< 0
H_2	$\ll 10^{-14}$	> 14	H^-	$\gg 1$	< 0
NH_3	$\ll 10^{-14}$	> 14	NH_2^-	$\gg 1$	< 0
OH^-	$\ll 10^{-14}$	> 14	O^{2-}	$\gg 1$	< 0

50

Ionisatieconstanten van zuivere vloeistoffen

A

Water bij verschillende temperaturen

	<i>temperatuur in K</i>	<i>waterconstante</i> K_w	pK_w
water (oxidaan)	273	$0,11 \cdot 10^{-14}$	14,94
	288	$0,45 \cdot 10^{-14}$	14,35
	293	$0,68 \cdot 10^{-14}$	14,17
	298	$1,0 \cdot 10^{-14}$	14,00
	303	$1,5 \cdot 10^{-14}$	13,83
	323	$5,5 \cdot 10^{-14}$	13,26
	373	$5,1 \cdot 10^{-13}$	12,29

B

Andere vloeistoffen

	<i>temperatuur in K</i>	<i>ionisatieconstante</i> K_{solv}	pK_{solv}
zwavelzuur	298	$2 \cdot 10^{-4}$	3,7
methaanzuur (mierenzuur)	298	$6 \cdot 10^{-7}$	6,2
ethaanzuur (azijnzuur)	298	$1 \cdot 10^{-13}$	13,0
methanol	298	$2 \cdot 10^{-17}$	16,7
ethanol (alcohol)	298	$3 \cdot 10^{-20}$	19,5
ammoniak (aiaan)	240	10^{-33}	33

■ Vaak wordt nog de term autoprotolyseconstante in plaats van ionisatieconstante gebruikt.

berekend met behulp van de formules van tabel 37C

	T = 298 K		T = 500 K		T = 750 K		T = 1000 K	
	log K	K	log K	K	log K	K	log K	K
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HCl}(\text{g})$	+33,38	$2,4 \cdot 10^{33}$	+20,32	$2,1 \cdot 10^{20}$	+13,89	$7,8 \cdot 10^{13}$	+10,68	$4,7 \cdot 10^{10}$
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$	+2,94	$8,7 \cdot 10^2$	+2,21	$1,6 \cdot 10^2$	+1,85	$7,0 \cdot 10^1$	+1,66	$4,6 \cdot 10^1$
$2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	+80,10	$1,3 \cdot 10^{80}$	+45,89	$7,8 \cdot 10^{45}$	+29,05	$1,1 \cdot 10^{29}$	+20,63	$4,3 \cdot 10^{20}$
$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$	+5,83	$6,8 \cdot 10^5$	-0,70	$2,0 \cdot 10^{-1}$	-3,92	$1,2 \cdot 10^{-4}$	-5,53	$3,0 \cdot 10^{-6}$
$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g})$	-30,73	$4,2 \cdot 10^{-31}$	-17,59	$2,6 \cdot 10^{-18}$	-11,30	$5,0 \cdot 10^{-12}$	-8,15	$7,1 \cdot 10^{-9}$
$2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$	+12,21	$1,6 \cdot 10^{12}$	+4,22	$1,6 \cdot 10^4$	+0,28	1,9	-1,69	$2,0 \cdot 10^{-2}$
$2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	+0,95	8,9	-3,16	$6,9 \cdot 10^{-4}$	-5,18	$6,6 \cdot 10^{-6}$	-6,19	$6,5 \cdot 10^{-7}$
$\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$	+16,13	$1,4 \cdot 10^{16}$	+3,62	$4,2 \cdot 10^3$	-2,54	$2,9 \cdot 10^{-3}$	-5,62	$2,4 \cdot 10^{-6}$
$2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$	+24,53	$3,4 \cdot 10^{24}$	+10,63	$4,3 \cdot 10^{10}$	+3,79	$6,2 \cdot 10^3$	+0,36	2,3
$\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(\text{g})$	-21,00	$1,0 \cdot 10^{-21}$	-8,80	$1,6 \cdot 10^{-9}$	-2,79	$1,6 \cdot 10^{-3}$	+0,21	1,6
$\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$	+5,00	$9,9 \cdot 10^4$	+2,08	$1,2 \cdot 10^2$	+0,65	4,5	-0,065	$8,6 \cdot 10^{-1}$
$\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$	-22,60	$2,6 \cdot 10^{-23}$	-10,00	$9,9 \cdot 10^{-11}$	-3,81	$1,6 \cdot 10^{-4}$	-0,71	$2,0 \cdot 10^{-1}$
$2 \text{HgO}(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{Hg}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$	-20,51	$3,1 \cdot 10^{-21}$	-7,68	$2,1 \cdot 10^{-8}$	-1,36	$4,4 \cdot 10^{-2}$	+1,80	$6,3 \cdot 10^1$
$3 \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{O}_3(\text{g})$	-57,20	$6,4 \cdot 10^{-58}$	-37,02	$9,5 \cdot 10^{-38}$	-27,11	$7,7 \cdot 10^{-28}$	-22,16	$6,9 \cdot 10^{-23}$

Voor gasevenwicht: $m \text{A} + n \text{B} \rightleftharpoons q \text{C} + r \text{D}$ geldt:

$$K_p = K'_p p_R^{(q+r-m-n)} \text{ met } K'_p = \frac{p'^q_{\text{C}} p'^r_{\text{D}}}{p'^m_{\text{A}} p'^n_{\text{B}}}$$

Hierin is K_p de drukevenwichtsconstante en $p'_X = \frac{p_X}{p_R}$ (X = A, B, C of D)

met p_X als de *partiële* evenwichtsdruk van gas X, in de regel in bar en p_R als een referentiedruk, in de regel 1 bar.

De gegevens in deze tabel zijn berekend volgens: $R \ln K = \Delta S^0 - \frac{\Delta H^0}{T}$

Hierin is de thermodynamische evenwichtsconstante K in goede benadering gelijk aan K'_p en als men p_X in bar uitdrukt en voor p_R 1 bar neemt, zijn de waarden van K_p en K dus aan elkaar gelijk.

	<i>kleur bij lagere pH-waarden</i>	<i>omslagtraject in pH bij 298 K</i>	<i>kleur bij hogere pH-waarden</i>
hematoxyline	rood	0,0 – 1,0	geel
kresolrood ¹	rood	0,0 – 1,0	geel
kristalviolet	geel	0,0 – 1,8	blauw
thymolblauw ¹	rood	1,2 – 2,8	geel
dimethylgeel	rood	2,9 – 4,0	geel
congorood	violet	3,0 – 5,0	oranjerood
methyloranje	rood	3,2 – 4,4	oranjegeel
broomkresolgroen	geel	3,8 – 5,4	blauw
methylrood	rood	4,8 – 6,0	geel
broomfenolrood	geel	5,2 – 6,8	paarsrood
lakmoes ²	rood	5,5 – 8,0	blauw
broomthymolblauw	geel	6,0 – 7,6	blauw
fenolrood	geel	6,6 – 8,0	rood
neutraalrood	rood	6,8 – 8,0	oranjegeel
kresolrood ¹	geel	7,0 – 8,8	rood
thymolblauw ¹	geel	8,0 – 9,6	blauw
fenolftaleïen	kleurloos	8,2 – 10,0	paarsrood ³
thymolftaleïen	kleurloos	9,4 – 10,6	blauw
alizariengeel-R	lichtgeel	10,1 – 12,0	rood
1,3,5-trinitrobenzeen	kleurloos	12,0 – 14,0	oranje

1 ► twee omslagtrajecten

2 ► vaag omslagtraject

3 ► In sterk basisch milieu (pH > 13,0) ontkleurt fenolftaleïen na korte tijd.

	<i>kleur van de gereduceerde vorm</i>	<i>kleur van de geoxideerde vorm</i>	<i>milieu</i>	<i>overgangs- potentiaal in V</i>
nitrofenantroline-ijzer(II)complex (nitroferroïne)	rood	lichtblauw	1 M H ₂ SO ₄ opl.	1,25
porfyrindine-leucoporfyrindine	blauw	kleurloos	pH = 0,0	1,20
<i>o</i> -fenantroline-ijzer(II)complex (ferroïne)	rood	lichtblauw	1 M H ₂ SO ₄ opl.	1,08
difenylaminesulfonzuur	kleurloos	roodviolet	verdund zuur	0,87
difenylamine	kleurloos	roodviolet	verdund zuur	0,76
methyleenblauw	kleurloos	blauw	1 M zuur	0,53
fenosafranine	kleurloos	rood	1 M zuur	0,28
methylrood (niet omkeerbaar)	rood	kleurloos-lichtgeel		
methyloranje (niet omkeerbaar)	rood	kleurloos-lichtgeel		
erionine (niet omkeerbaar)	groen	rood		
neutraalrood	kleurloos	rood		-0,32
thionine	kleurloos	violet		0,06

in 10^{-12} m

H-H	74
F-F	141
Cl-Cl	199
Br-Br	228
I-I	267
O-O(H ₂ O ₂)	148
O $\equiv$ O (O ₃)	128
O=O	121
N-N(N ₂ H ₄)	145
N $\equiv$ N	113
C-C	153
C $\equiv$ C (benzeen)	140
C=C	134
C $\equiv$ C	120

H-F	92
H-Cl	127
H-Br	141
H-I	161
H-O	96
H-S	134
N-H	101
P-H	142
C-H	108
Si-H	148
C-F	139
C-Cl	179
C-Br	194
C-I	213

C-O	142
C-O (HCOOH)	136
C $\equiv$ O (CO ₃ ²⁻)	131
C $\equiv$ O (HCOO ⁻)	125
C=O (HCOOH)	121
C=O (aldehyde, keton)	121
C=O (CO ₂)	116
C $\equiv$ O (CO)	113
C-N	146
C $\equiv$ N (benzeenamine)	135
C=N	121
C $\equiv$ N	116
N $\equiv$ O (NO ₂)	119
N=O (NO)	115
S $\equiv$ O (SO ₂)	143

in graden

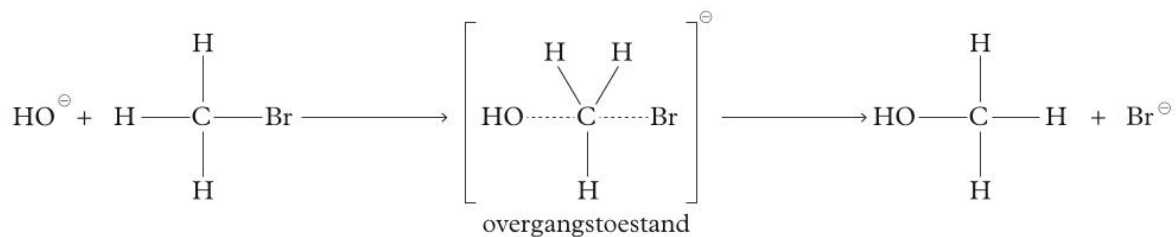
molecuul of ion	hoek	grootte
CH ₄	HCH	109,5
CH ₃ Cl	HCH	110,8
CH ₂ Cl ₂	HCH	111,5
idem	ClCCl	112,0
CHCl ₃	ClCCl	111,3
CCl ₄	ClCCl	109,5
NH ₃	HNH	106,7
PH ₃	HPH	93,3
H ₂ O	HOH	104,5
H ₂ S	HSH	92,1
SO ₂	OSO	119,3
O ₃	OOO	117,5
ClO ₃ ⁻	OCIO	106,7

molecuul of ion	hoek	grootte
ClO ₂ ⁻	OCIO	110,5
SO ₃	OSO	120
CO ₂	OCO	180
CO ₃ ²⁻	OCO	120
NO ₃ ⁻	ONO	120
NO ₂ ⁻	ONO	115
C ₂ H ₄	HCH	117
C ₂ H ₂	HCC	180
C ₆ H ₆	CCC	120
idem	CCH	120
H ₃ C-O-CH ₃	COC	114
H ₂ CO	HCH	117

54

Reactiemechanismen

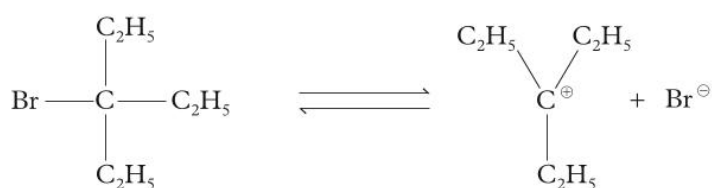
A

Nucleofiele substitutie volgens S_N2 

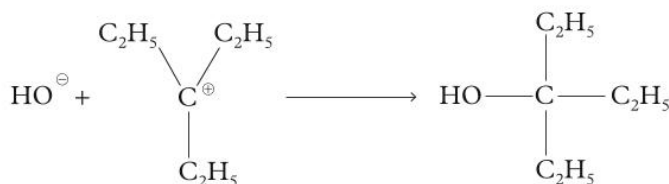
B

Nucleofiele substitutie volgens S_N1

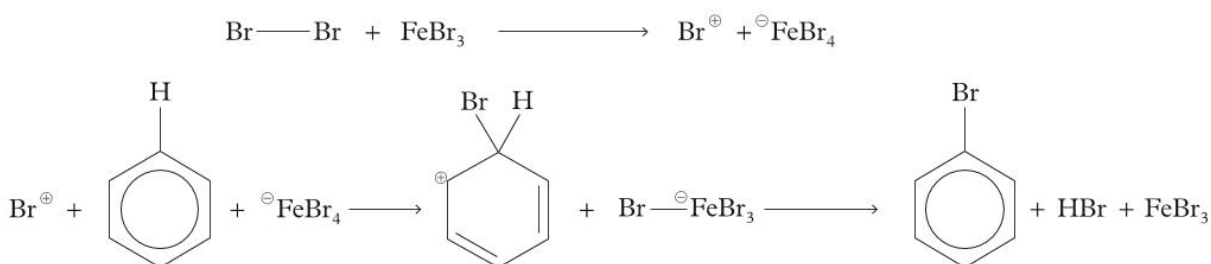
Stap 1



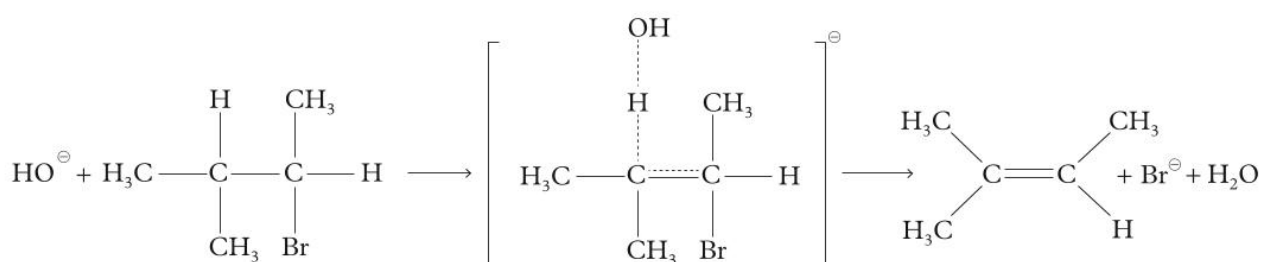
Stap 2



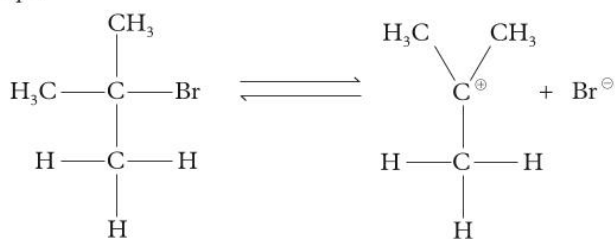
C

Elektrofile aromatische substitutie $S_E\text{Ar}$ (Friedel-Crafts bromering)

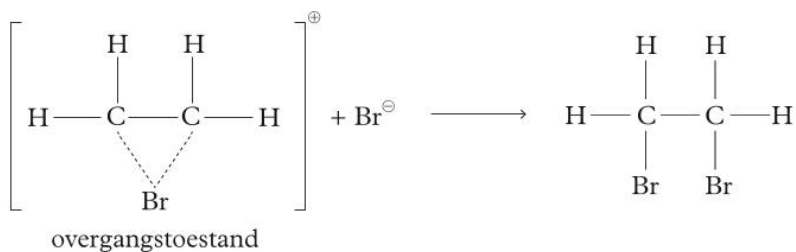
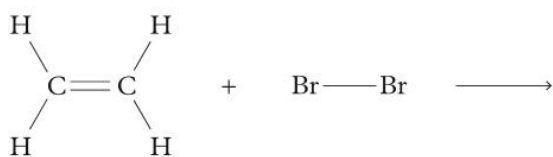
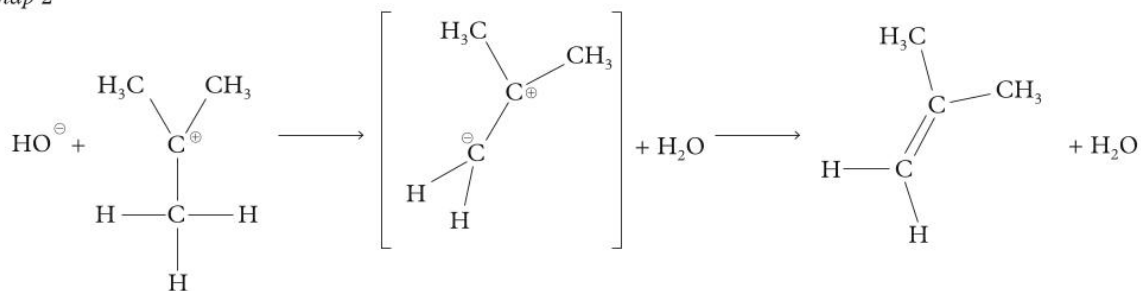
D

Eliminatiereactie volgens $E2$ 

Stap 1



Stap 2



in 10^{-30} C m

AsH ₃	0,72	HCl	3,7	NH ₃	4,9	PH ₃	1,9
CO	0,37	HF	6,1	NO	0,53	SO ₂	5,4
CO ₂	0	HI	1,5	NO ₂	1,1	SO ₃	0
CS ₂	0	H ₂ O	6,2	N ₂ O	0,54	SbH ₃	0,40
HBr	2,8	H ₂ O ₂	5,2	O ₃	1,8	SiH ₄	0
HCN	10	H ₂ S	3,3	PCl ₃	1,9		

in 10^{-30} C m

methaan	0	1,1-dichloorethaan	6,9
ethaan	0	1,2-dichloorethaan	4,0
andere alkanen	≈ 0	<i>cis</i> -1,2-dichlooretheen	6,3
etheen	0	<i>trans</i> -1,2-dichlooretheen	0
propeen	1,2	chloorbenzeen	5,6
but-1-een	1,3	1,2-dichloorbenzeen	8,3
<i>cis</i> -but-2-een	0,84	1,3-dichloorbenzeen	5,7
<i>trans</i> -but-2-een	0	1,4-dichloorbenzeen	0
ethyn (acetyleen)	0	methanol	5,7
propyn	2,6	ethanol (alcohol)	5,6
cyclopropaan	0	propaan-1-ol	5,2
benzeen	0	propaan-2-ol	5,3
tolueen [methylbenzeen]	1,3	fenol [benzenol]	4,1
ethylbenzeen	2,0	methoxymethaan	4,3
1,2-dimethylbenzeen	2,1	ethoxyethaan (ether)	3,7
1,4-dimethylbenzeen	0	methanal	7,8
fluormethaan	6,2	ethanal	9,2
chloormethaan	6,3	propanal	9,1
broommethaan	6,1	propanon	9,6
joodmethaan	5,5	methaanzuur (mierenzuur)	4,8
dichloormethaan	5,3	ethaanzuur (azijnzuur)	5,7
trichloormethaan	3,5	methaanamine [methylazaan]	4,4
tetrachloormethaan	0	ethaanamine [ethylazaan]	4,1
chloorethaan	6,8		

in 10^5 J mol^{-1} bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$, het gevormde water komt vrij als vloeistof

methaan(g)	-8,90
ethaan(g)	-15,59
propaan(g)	-22,19
butaan(g) (<i>n</i> -butaan)	-28,75
2-methylpropaan(g) (isobutaan)	-28,67
cyclopropaan(g)	-20,77
etheen(g)	-14,10
propeen(g)	-20,57
but-1-een(g)	-27,15
<i>cis</i> -but-2-een(g)	-27,08
<i>trans</i> -but-2-een(g)	-27,00
buta-1,3-dieen(g)	-25,40
benzeen(l)	-32,70
tolueen(l) [methylbenzeen]	-39,07
ethyn(g) (acetyleen)	-12,99
propyn(g)	-19,37
methanol(l)	-7,26
ethanol(l) (alcohol)	-13,66
propaan-1,2,3-triol(l) (glycerol)	-16,61

methanal(g)	-5,50
ethanal(g)	-11,66
methoxymethaan(g)	-14,53
ethoxyethaan(l) (ether)	-27,25
methaanzuur(l) (mierenzuur)	-2,70
ethaanzuur(l) (azijnzuur)	-8,72
propaanzuur(l) (propionzuur)	-15,75
ethaandizuur(s) (oxaalzuur)	-2,46
fumaarzuur(s)	-13,39
melkzuur(s)	-13,64
citroenzuur(s)	-19,85
alanine(s)	-16,22
ureum(s)	-6,34
ribose(s)	-23,49
glucose(s)	-28,16
galactose(s)	-28,06
maltose(s)	-56,49
sacharose(s)	-56,47

■ Warmte betekent hier warmte-inhoud (enthalpie). Vrijgekomen warmte wordt dan met een minteken (–) aangeduid.

■ Stookwaarden: zie tabel 28B.

in 10^5 J mol^{-1} bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$

AgBr(s)	-1,00
AgCl(s)	-1,27
AgF(s)	-2,05
AgI(s)	-0,618
Ag ₂ O(s)	-0,311
AlCl ₃ (s)	-7,04
Al ₂ O ₃ (s)	-16,76
BaBr ₂ (s)	-7,57
BaCl ₂ (s)	-8,55
BaCO ₃ (s)	-12,13
BaI ₂ (s)	-6,02
BaO(s)	-5,48
Ba(OH) ₂ (s)	-9,45
BaSO ₄ (s)	-14,73
C(s) diamant	+0,019
CaBr ₂ (s)	-6,83
CaCl ₂ (s)	-7,95
CaCO ₃ (s)	-12,08
CaI ₂ (s)	-5,34
CaO(s)	-6,35
Ca(OH) ₂ (s)	-9,85
CaSO ₄ (s)	-14,35
CO(g)	-1,105
CO ₂ (g)	-3,935
CS ₂ (l)	+0,890
CuO(s)	-1,57
CuS(s)	-0,531
CuSO ₄ (s)	-7,71
CuSO ₄ · 5H ₂ O(s)	-22,78
FeCl ₂ (s)	-3,42
FeCl ₃ (s)	-4,00
FeO(s)	-2,72
Fe ₂ O ₃ (s)	-8,24

HBr(g)	-0,363
HCl(g)	-0,923
HF(g)	-2,73
HI(g)	+0,265
HNO ₃ (l)	-1,74
H ₂ O(l)	-2,86
H ₂ O(g)	-2,42
H ₂ O ₂ (l)	-1,88
H ₂ S(g)	-0,206
H ₂ SO ₄ (l)	-8,14
KBr(s)	-3,94
KCl(s)	-4,37
KClO ₃ (s)	-3,98
KF(s)	-5,67
K ₂ O(s)	-3,62
KOH(s)	-4,25
KI(s)	-3,28
LiBr(s)	-3,51
LiCl(s)	-4,09
LiF(s)	-6,16
Li ₂ O(s)	-5,98
LiI(s)	-2,70
MgBr ₂ (s)	-5,24
MgCl ₂ (s)	-6,41
MgCO ₃ (s)	-10,96
MgO(s)	-6,02
MgI ₂ (s)	-3,64
MgSO ₄ (s)	-12,85

NaBr(s)	-3,61
NaCl(s)	-4,11
Na ₂ CO ₃ (s)	-11,31
NaF(s)	-5,77
NaI(s)	-2,88
Na ₂ O(s)	-4,14
NaOH(s)	-4,26
Na ₂ SO ₄ (s)	-13,87
NH ₃ (g)	-0,459
NH ₄ Cl(s)	-3,14
NH ₄ NO ₃ (s)	-3,66
NO(g)	+0,913
NO ₂ (g)	+0,332
N ₂ O(g)	+0,816
N ₂ O ₄ (g)	+0,111
O ₃ (g)	+1,43
P _x (s) rood	-0,18
PCl ₃ (l)	-3,20
PCl ₅ (s)	-4,44
PbCl ₂ (s)	-3,59
PbO(s)	-2,19
PbO ₂ (s)	-2,77
SiO ₂ (s)	-9,11
SnCl ₂ (s)	-3,25
SnCl ₄ (l)	-5,11
SO ₂ (g)	-2,97
SO ₃ (g)	-3,96
ZnCl ₂ (s)	-4,15
ZnO(s)	-3,51
ZnS(s, wurtziet)	-1,93
ZnS(s, sphaleriet)	-2,06

■ Bij koolstof wordt grafiet, bij fosfor witte fosfor en bij zwavel rombische zwavel als uitgangsstof genomen.

■ Warmte betekent hier warmte-inhoud (enthalpie). Vrijgekomen warmte wordt dan met een minteken (-) aangeduid.

in 10^5 J mol^{-1} bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$

methaan(g)	-0,75
ethaan(g)	-0,84
propaan(g)	-1,04
butaan(g) (<i>n</i> -butaan)	-1,26
2-methylpropaan(g) (isobutaan)	-1,34
cyclopropaan(g)	+0,53
etheen(g)	+0,52
propeen(g)	+0,20
but-1-een(g)	+0,01
<i>cis</i> -but-2-een(g)	-0,07
<i>trans</i> -but-2-een(g)	-0,11
buta-1,3-dieen(g)	+1,10
benzeen(l)	+0,49
tolueen(l) [methylbenzeen]	+0,12
ethyn(g) (acetyleen)	+2,27
propyn(g)	+1,85

methanol(l)	-2,39
ethanol(l)	-2,78
methanal(g)	-1,09
ethanal(g)	-1,92
methoxymethaan(g)	-1,84
ethoxyethaan(l) (ether)	-2,80
methaanzuur(l) (mierenzuur)	-4,25
ethaanzuur(l) (azijnzuur)	-4,84
methaanamine(g) [methylazaan]	-0,23
ethaanamine(g) [ethylazaan]	-0,48
chloormethaan(g)	-0,82
broommethaan(g)	-0,35
joodmethaan(l)	-0,14
dichloormethaan(l)	-1,24
trichloormethaan(l) (chloroform)	-1,34
tetrachloormethaan(l) (tetra)	-1,28

■ Bij koolstof wordt grafiet als uitgangsstof genomen.

■ Warmte betekent hier warmte-inhoud (enthalpie). Vrijgekomen warmte wordt dan met een minteken (–) aangeduid.

in 10^5 J mol^{-1} bij $T = 298 \text{ K}$; de opgegeven waarden gelden per mol binding

H–H	-4,36
F–F	-1,53
Cl–Cl	-2,43
Br–Br	-1,93
I–I	-1,51
O=O	-4,98
O–O (H_2O_2)	-2,13
S–S	-2,64
$\text{N}\equiv\text{N}$	-9,45
$\text{N}-\text{N}$	-0,85
H–F	-5,63
H–Cl	-4,32
H–Br	-3,66
H–I	-2,99

H...O (H-brug)	-0,22 ¹
H–O (H_2O)	-4,635
H–O (alcohol)	-4,5 ¹
H–S (H_2S)	-3,44
H–Se (H_2Se)	-2,77
H–Te (H_2Te)	-2,44
N–H (NH_3)	-3,91
N–H (amine)	-3,9 ¹
P–H (PH_3)	-3,22
As–H (AsH_3)	-2,45
P–Cl (PCl_3)	-3,32
P–Br (PBr_3)	-2,78
P–I (PI_3)	-2,14

C–F	-4,4 ¹
C–Cl	-3,3 ¹
C–Br	-2,8 ¹
C–I	-2,4 ¹
$\text{C}\equiv\text{O}$ (fenol)	-3,7
$\text{C}=\text{O}$ (CO_2)	-8,04
$\text{C}=\text{O}$ (overige)	-8,0 ¹
C–O	-3,5 ¹
C–S	-2,6 ¹
C–N	-2,8 ¹
$\text{C}\equiv\text{N}$ (benzeen-amine)	-4,5
$\text{C}=\text{N}$	-6,2 ¹
$\text{C}\equiv\text{N}$	-8,9 ¹

C–H (aldehyde)	-3,6 ¹
C–H (overige)	-4,1 ¹
C–C	-3,5 ¹
$\text{C}=\text{C}$	-6,1 ¹
$\text{C}\equiv\text{C}$	-8,3 ¹
$\text{C}\equiv\text{C}$ (benzeen)	-5,05
C–Si	-3,0 ¹

1 ¹ gemiddelde waarde

in 10^5 J mol^{-1} bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$

Li	+1,61	Mg	+1,49	Al	+3,24
Na	+1,08	Ca	+1,77	C (grafiet)	+7,15
K	+0,90	Ba	+1,75	I ₂	+0,62
Rb	+0,82	Fe	+4,18	P ₄ (wit)	+0,55
Cs	+0,78	Cu	+3,39	S ₈	+0,93
Ag	+2,86	Pb	+1,96		
		Zn	+1,30		

■ Warmte betekent hier warmte-inhoud (enthalpie). Vrijgekomen warmte wordt dan met een minteken (–) aangeduid.

in 10^5 J mol^{-1} bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$

Hg	+0,61	H ₂ O	+0,44	CH ₃ –CH ₂ OH	+0,42
Br ₂	+0,31	C ₆ H ₆	+0,34	C ₃ H ₆ O (aceton)	+0,31
		CH ₃ OH	+0,37	C ₆ H ₅ –CH ₃	+0,38

■ Warmte betekent hier warmte-inhoud (enthalpie). Vrijgekomen warmte wordt dan met een minteken (–) aangeduid.

in 10^5 J mol^{-1} bij $T = 298 \text{ K}$

LiF	–10,4	RbF	–7,8	MgF ₂	–29,3	Na ₂ O	–25,3
LiCl	–8,5	RbCl	–6,8	MgCl ₂	–25,0	K ₂ O	–22,8
LiBr	–8,0	RbBr	–6,5	MgBr ₂	–24,0	MgO	–38,4
LiI	–7,6	RbI	–6,2	MgI ₂	–23,1	CaO	–34,5
NaF	–9,2	CsF	–7,4	CaF ₂	–26,2	BaO	–31,0
NaCl	–7,8	CsCl	–6,5	CaCl ₂	–22,3	ZnO	–40,2
NaBr	–7,4	CsBr	–6,3	CaBr ₂	–21,3	FeO	–39,0
NaI	–7,0	CsI	–6,0	CaI ₂	–20,6	Fe ₂ O ₃	–150
KF	–8,2	AgF	–9,7	BaCl ₂	–20,2	Al ₂ O ₃	–153
KCl	–7,1	AgCl	–9,1				
KBr	–6,8	AgBr	–8,9				
KI	–6,4	AgI	–8,9				

■ Deze waarden zijn berekend volgens de born-habercyclus.

in 10^5 J mol^{-1} bij $T = 298 \text{ K}$

H^+	-10,8	Mg^{2+}	-18,9	Al^{3+}	-46,1	OH^-	-5,4
Li^+	-5,0	Ca^{2+}	-15,6	Fe^{3+}	-43,3	F^-	-5,2
Na^+	-3,9	Ba^{2+}	-12,7			Cl^-	-3,8
K^+	-3,1	Zn^{2+}	-20,1			Br^-	-3,5
Rb^+	-2,8	Cu^{2+}	-20,7			I^-	-3,1
Cs^+	-2,5	Fe^{2+}	-18,9				
Ag^+	-4,6						
NH_4^+	-2,8						

Ionisatie-energieën en elektronenaffiniteiten

62

Ionisatie-energieën

A

in 10^5 J mol^{-1}

H/H^+	+13,1	Mg/Mg^{2+}	+21,9	Al/Al^{3+}	+51,4
Li/Li^+	+5,2	Ca/Ca^{2+}	+17,4	Fe/Fe^{3+}	+52,8
Na/Na^+	+5,0	Ba/Ba^{2+}	+14,7		
K/K^+	+4,2	Zn/Zn^{2+}	+26,4		
Rb/Rb^+	+4,0	Cu/Cu^{2+}	+27,0		
Cs/Cs^+	+3,8	Fe/Fe^{2+}	+23,2		
Ag/Ag^+	+7,3				

Elektronenaffiniteiten

B

in 10^5 J mol^{-1}

H/H^-	-0,73	OH/OH^-	-1,8	O/O^-	-1,4	O/O^{2-}	+6,5
F/F^-	-3,3	SH/SH^-	-2,2	S/S^-	-2,0	S/S^{2-}	+4,5
Cl/Cl^-	-3,5						
Br/Br^-	-3,2						
I/I^-	-3,0						

63

Absolute entropieën

A

Elementen

in $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$

Ag(s)	43	Cu(s)	33	Na(s)	51
Al(s)	28	F ₂ (g)	203	N ₂ (g)	192
Ba(s)	63	Fe(s)	27	O ₂ (g)	205
Br ₂ (l)	152	H ₂ (g)	131	O ₃ (g)	239
C(s) (grafiet)	5,7	Hg(l)	76	P ₄ (s) (wit)	164
C(s) (diamant)	2,4	I ₂ (s)	116	S ₈ (s) (rombisch)	257
Ca(s)	42	K(s)	65	Zn(s)	42
Cl ₂ (g)	223	Mg(s)	33		

B

Anorganische stoffen

in $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$

AgBr(s)	107	CO(g)	198	MgCO ₃ (s)	66
AgCl(s)	96	CO ₂ (g)	214	NH ₃ (g)	193
AgI(s)	116	CuO(s)	43	N ₂ O(g)	220
BaCl ₂ (s)	124	Fe ₂ O ₃ (s)	87	NO(g)	211
BaCO ₃ (s)	112	HBr(g)	199	NO ₂ (g)	240
BaO(s)	72	HCl(g)	187	N ₂ O ₄ (g)	304
BaSO ₄ (s)	132	HI(g)	207	SiO ₂ (s)	42
CaCl ₂ (s)	108	H ₂ O(l)	70	SO ₂ (g)	248
CaCO ₃ (s)	92	H ₂ O(g)	189	SO ₃ (g)	257
CaO(s)	38	H ₂ O ₂ (l)	110	ZnO(s)	44
Ca(OH) ₂ (s)	83	H ₂ S(g)	206	ZnS(s)	58
		KCl(s)	83		

C

Organische stoffen

in $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$

methaan(g)	186	methanol(l)	127
ethaan(g)	229	ethanol(l) (alcohol)	161
propaan(g)	270	methanal(g)	219
butaan(g) (<i>n</i> -butaan)	310	methaanzuur(l) (mierenzuur)	129
etheen(g)	219	ethaanzuur(l) (azijnzuur)	160
propeen(g)	267	chloormethaan(g)	235
but-1-een(g)	306	broommethaan(g)	246
buta-1,3-dieen(g)	279	joodmethaan(l)	163
benzeen(l)	173	dichloormethaan(l)	178
ethyn(g) (acetyleen)	201	trichloormethaan(l) (chloroform)	202
propyn(g)	248	tetrachloormethaan(l) (tetra)	216

Gemiddelde samenstelling van onvervuild zeewater

A

<i>voornaamste bestanddelen</i>	<i>g L⁻¹</i>	<i>% droge massa</i>	<i>voornaamste bestanddelen</i>	<i>g L⁻¹</i>	<i>% droge massa</i>
boorzuur	0,027	0,075	magnesiumionen	1,304	3,689
bromide-ionen	0,067	0,189	natriumionen	10,820	30,613
calciumionen	0,410	1,160	strontiumionen	0,013	0,038
chloride-ionen	19,455	55,044	sulfaationen	2,715	7,682
fluoride-ionen	0,001	0,003	waterstofcarbonaationen	0,144	0,406
kaliumionen	0,390	1,102	kwikionen	$30 \cdot 10^{-9}$	–

■ Aanwezig zijn sporen van: argon, aluminiumionen, jodide-ionen, kobaltionen, koolstof-14, loodionen, nikkelionen, radiumionen, ijzerionen en zinkionen.

Verbranding in lucht

B

<i>brandstof</i>	<i>vrijkomende stoffen</i>		<i>producten bij onvolledige verbranding</i>		<i>luchtverontreinigende producten</i>				<i>andere verontreinigende producten</i>
	<i>CO₂</i>	<i>H₂O</i>	<i>CO</i>	<i>roet</i>	<i>as</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO</i>	<i>NO₂</i>	
bruinkool, steenkool	•	•	•	•	•	•	•	•	diverse (w.o. zware metalen)
turf	•	•	•				•		polycyclische koolwaterstoffen
hout	•	•	•	•	•		•		
stookolie	•	•	•	•	•	•	•	•	(polycyclische) koolwaterstoffen, diverse (w.o. zware metalen)
gasolie	•	•	•	•		•	•	•	(polycyclische) koolwaterstoffen
benzine	•	•	•	•			•	•	
butagas, butaan	•	•	•				•	•	
aardgas, methaan									
alcohol	•	•	•				•		
ethyleen [etheen], acetyleen [ethyn]	•	•	•	•			•	•	
koolstofmonoïoxide	•						•		

■ CO en roet ontstaan vooral bij een tekort aan lucht.

Eigenschappen van chemicaliën

65

Vlamkleuringen

A

Vluchtige verbindingen (onder andere chloriden) kunnen een kleurloze vlam een karakteristieke kleur geven. De te onderzoeken stof wordt daartoe gemengd met geconcentreerd zoutzuur en op een platinadraad in de vlam gebracht. Men kan dan onderstaande vlamkleuringen waarnemen:

natrium	geel	calcium	steenrood	tin	blauw
kalium	zwak violet	barium	geelgroen	lood	zwak blauw
lithium	wijnrood	koper	groen	bismut	zwak blauwgrijs
strontium	wijnrood				

	wit	licht-geel	geel	geel-groen	licht-groen	groen	oranje	rose	rood	bruin	blauw	donker-blauw	paars-violet	grijs-zwart	zwart
AgBr(s)		■													
Ag ₂ CrO ₄ (s)									■						
AgI(s)			■												
Ag ₂ O(s)										■					
Ag ₃ PO ₄ (s)			■												
BaCrO ₄ (s)			■												
Br ₂ (l)/Br ₂ (aq)			■				■		■	■					
C(grafiet)															■
Cl ₂ (g)/Cl ₂ (aq)					■										
Co ²⁺ (aq)								■							
CoCl ₂ (s)											■				
CoCl ₂ ·6H ₂ O(s)									■						
Cr ³⁺ (aq)						■					■				
CrCl ₃ ·6H ₂ O(s)						■									
Cr ₂ O ₃ (s)						■									
CrO ₃ (s)									■						
Cr(OH) ₃ (gel)						■									
CrO ₄ ²⁻ (aq)			■												
Cr ₂ O ₇ ²⁻ (aq)							■								
Cu(s)									■						
Cu ²⁺ (aq)											■				
CuCl ₄ ²⁻						■									
Cu ₂ Fe(CN) ₆ (gel)										■					
Cu(NH ₃) ₄ ²⁺ (aq)												■			
Cu ₂ O(s)									■						
CuO(s)															■
Cu(OH) ₂ (gel)											■				
CuSO ₄ (s)	■														
CuSO ₄ ·5H ₂ O(s)											■				
F ₂ (g)					■										
Fe ²⁺ (aq)					■										
Fe ³⁺ (aq)		■													
Fe(CN) ₆ ³⁻ (aq)									■						
Fe(CN) ₆ ⁴⁻ (aq)		■													
FeCl ₃ ·6H ₂ O(s)										■					
FeNO ²⁺ (aq)										■					
FeO(s)															■
Fe ₂ O ₃ (s)										■					
Fe ₃ O ₄ (s)															■
Fe(OH) ₂ (gel)						■									
Fe(OH) ₃ (gel)										■					
FeS(s)															■
Fe ₂ S ₃ (s)				■											■
FeSCN ²⁺ (aq)									■						

	wit	licht- geel	geel	geel- groen	licht- groen	groen	oranje	rose	rood	bruin	blauw	donker- blauw	paars- violet	grijs- zwart	zwart
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}(\text{s})$						■									
$\text{HgI}_2(\text{s})$ ▶ ¹			■						■						
$\text{HgO}(\text{s})$ ▶ ¹			■						■						
$\text{HgS}(\text{s})$ ▶ ¹	■								■						■
$\text{I}_2(\text{s})$														■	
$\text{I}_2(\text{g})$													■		
I_2 (in apolaire oplos- middelen) ▶ ⁴										■			■		
$\text{I}_3^-(\text{aq})$			■							■					
I_2 -zetmeel(aq) ▶ ²						■				■	■	■	■		■
$\text{K}_2\text{CrO}_4(\text{s})$			■												
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{s})$							■								
$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6(\text{s})$									■						
$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s})$			■												
$\text{KFeFe}(\text{CN})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s})$												■			
$\text{KMnO}_4(\text{s})$													■		
$\text{K}_2\text{MnO}_4(\text{s})$						■									
$\text{MnO}_2(\text{s})$										■					■
$\text{MnO}_4^-(\text{aq})$													■		
$\text{MnO}_4^{2-}(\text{aq})$						■									
$\text{NO}_2(\text{g})$										■					
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$						■									
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{s})$						■									
$\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{gel})$						■									
P_4 ▶ ³	■	■													
P_x ▶ ³									■				■		
$\text{PbCrO}_4(\text{s})$			■												
$\text{PbI}_2(\text{s})$			■												
$\text{PbO}(\text{s})$ ▶ ¹		■							■						
$\text{PbO}_2(\text{s})$										■					
$\text{Pb}_3\text{O}_4(\text{s})$									■						
$\text{PbS}(\text{s})$															■
$\text{S}_8(\text{s})$		■													
$\text{SnS}(\text{s})$										■					

■ De hierboven vermelde kleuren zijn niet altijd objectief. Bepaalde kleuren worden door verschillende waarnemers wel eens verschillend geïnterpreteerd. Bovendien hangt de kleur van oplossingen af van de concentratie.

1 ▶ Deze stof kan in diverse modificaties met verschillende kleuren voorkomen.

2 ▶ De kleur hangt af van de samenstelling. Naarmate het I_2 -gehalte toeneemt, wordt de kleur donkerder (van lichtblauw tot zwart).

3 ▶ Witte en gele fosfor zijn twee verschillende namen voor dezelfde stof, evenals rode en violette fosfor.

4 ▶ Indien de moleculen van het oplosmiddel een zuurstofatoom bevatten, lost I_2 op met een bruine kleur.

<i>triviale naam</i>	<i>rationele naam</i>
aardgas	methaan ^{▶1}
accu zuur	zwavelzuur
aceetaldehyde	ethanal
acetaat	ethanoaat of zuurrest van ethaanzuur
aceton	propanon
acetonitril	ethaannitril
acetyleen	ethyn
acrylonitril	propeennitril
acrylzuur	propeen zuur
adipinezuur	hexaandizuur
alanine	2-aminopropaanzuur
alcohol	ethanol
aluin	aluminiumkaliumsulfaat-dodecahydraat
ammonia	oplossing van ammoniak in water
ammoniakale zilveroplossing	oplossing van diammine-zilver(I)ionen
amylalcoholen	pentanolen
amylum	mengsel van amylose en amylopectine
aniline	benzeenamine
appelzuur	2-hydroxybutaandizuur
arachidonzuur	icosa-5,8,11,14-tetraeen zuur
asparagine	2-amino-3-carbamoyl-propaanzuur
asparaginezuur	2-aminobutaandizuur
azijnzuur	ethaanzuur
barietwater	oplossing van bariumhydroxide in water
barnsteen zuur	butaandizuur
benzaldehyde	fenylmethanal
benzoëzuur	benzeencarbonzuur
benzol	benzeen
benzylalcohol	fenylmethanol
benzylamine	fenylmethaanamine
berlijnsblauw	kaliumijzer(III)hexacyanoferraat(II)monohydraat
-bicarbonaat	-waterstofcarbonaat
-bichromaat	-dichromaat
bietsuiker	sacharose ^{▶4}
-bisulfaat	-waterstofsulfaat
-bisulfiet	-waterstofsulfiet
bitterzout	magnesiumsulfaat-heptahydraat
blauwzuur	waterstofcyanide
boterzuur	butaanzuur
broomwater	oplossing van broom in water
broomwaterstof	waterstofbromide [bromaan]
bruinsteen	mangaan(IV)oxide ^{▶1}
butagas	butaan ^{▶1}

<i>triviale naam</i>	<i>rationele naam</i>
butyraat	butanoaat of zuurrest van butaanzuur
calciet	calciumcarbonaat ^{▶1}
capronzuur	hexaanzuur
carbid	calciumacetylide ^{▶1}
carbolzuur	fenol [benzenol]
carborundum	siliciumcarbide
caustische soda	natriumhydroxide
celstof	cellulose ^{▶4}
CFK ^{▶2}	chloorfluorkoolwaterstof
chilisalpeter	natriumnitraat ^{▶1}
chloorkalk	calciumchloridehypochloriet
chloorwater	oplossing van chloor in water
chloorwaterstof	waterstofchloride [chloraan]
chloroform	trichloormethaan
chroomaluin	chroom(III)kaliumsulfaat-dodecahydraat
citroenzuur	2-hydroxypropaan-1,2,3-tricarbonzuur
cupri-	koper(II)-
cupro	koper(I)-
cyaankali	kaliumcyanide
cysteïne	2-amino-3-sulfanyl-propaanzuur
druivensuiker, dextrose	glucose ^{▶4}
druivenzuur	racemisch mengsel van (+)- en (-)-2,3-dihydroxybutaandizuur
dubbelkoolzure soda	natriumwaterstofcarbonaat
ether	ethoxyethaan
ethylalcohol	ethanol
ethylchloride	chloorethaan
ethyleen	etheen
ethyleenglycol	ethaan-1,2-diol
fenol	benzenol
fenylalanine	2-amino-3-fenylpropaanzuur
ferri-	ijzer(III)-
ferro-	ijzer(II)-
fluoriet	calciumfluoride ^{▶1}
fluorwaterstof	waterstoffluoride [fluoraan]
formaldehyde	methanal
formaline, formol	oplossing van methanal
formiaat	methanoaat of zuurrest van methaanzuur
freon-12	dichloordifluormethaan
fructose	1,3,4,5,6-pentahydroxyhexaan-2-on ^{▶4}
fumaarzuur	trans-buteendizuur
gebluste kalk	calciumhydroxide ^{▶1}
geel bloedloogzout	kaliumhexacyanoferraat(II)-trihydraat

<i>triviale naam</i>	<i>rationele naam</i>
gips	calciumsulfaatdihydraat
glauberzout	natriumsulfaatdecahydraat
glucose	2,3,4,5,6-pentahydroxy-hexanal ▶ ⁴
glutaarzuur	pentaandizuur
glutamine	2-amino-4-carbamoyl-butaanzuur
glutaminezuur	2-aminopentaandizuur
glycerine	propaan-1,2,3-triol
glycerol	propaan-1,2,3-triol
glycine	aminoethaanzuur
glycol	ethaan-1,2-diol
halon	broomchloorfluorkoolwaterstof ▶ ³
helse steen	zilvernitraat
houtgeest	methanol
hypo	natriumthiosulfaatpentahydraat
invertsuiker	mengsel van gelijke hoeveelheden fructose en glucose
isoamylalcohol	3-methyl-1-butanol
isoboterzuur	2-methylpropaanzuur
isobutyl-	(2-methylpropyl)-
isoleucine	2-amino-3-methylpentaanzuur
isopreen	2-methyl-buta-1,3-dieen
isopropyl-	(1-methylethyl)-
jodium	jood
jodoform	trijoodmethaan
joodwaterstof	waterstofjodide [jodaan]
kali	kaliumchloride
kaliloog	oplossing van kaliumhydroxide in water
kaliumferri-cyanide	kaliumhexacyano-ferraat(III)
kaliumferro-cyanide	kaliumhexacyano-ferraat(II)
kalkspaat	calciumcarbonaat ▶ ¹
kalksteen	calciumcarbonaat ▶ ¹
kalkwater	oplossing van calciumhydroxide in water
kalomel	kwik(I)chloride
keukenzout	natriumchloride
knalgas	mengsel van twee volumedelen waterstofgas en een volumedeel zuurstofgas
kolendamp	koolstofmonoïoxide
koningswater	mengsel van geconcentreerd salpeterzuur en geconcentreerd zoutzuur
koolzuurgas	koolstofdioxide
koolzuursneeuw	vast koolstofdioxide
kopergroen	mengsel van koper(II)-hydroxidecarbonaat en koper(II)hydroxidesulfaat ▶ ¹

<i>triviale naam</i>	<i>rationele naam</i>
kopervitriool	koper(II)sulfaatpentahydraat
kresol	methylfenol
kwarts	siliciumdioxide ▶ ¹
lachgas	distikstofmonoïoxide
laurinezuur	dodecaanzuur
leucine	2-amino-4-methylpentaanzuur
linoleenzuur	octadeca-9,12,15-trieenzuur
linolzuur	octadeca-9,12-dieenzuur
loodperoxide, loodsuperoxide	lood(IV)oxide
lysine	2,6-diaminohexaanzuur
magnesia	magnesiumoxide ▶ ¹
magnetiet	ijzer(II) di ijzer(III)oxide
maleïnezuur	cis-buteendizuur
malonzuur	propaandizuur
margarinezuur	heptadecaanzuur
marmer	calciumcarbonaat ▶ ¹
melksuiker	lactose ▶ ⁴
melkzuur	2-hydroxypropaanzuur
menie	dilood(II)lood(IV)oxide
mercuri-	kwik(II)-
mercuro-	kwik(I)-
methacrylzuur	2-methylpropeenzuur
methionine	2-amino-4-(methylsulfanyl)-butaanzuur
methylalcohol	methanol
methylchloride	chloormethaan
mierenzuur	methaanzuur
moerasgas	methaan ▶ ¹
Mohr's zout	ammoniumijzer(II)sulfaat-hexahydraat
mosterdgas	bis(2-chloorethyl)sulfide
moutsuiker	maltose ▶ ⁴
mijngas	methaan ▶ ¹
n-alkaan	alkaan met een niet-vertakte koolstofketen
natronkalk	mengsel van natriumhydroxide, calciumoxide en calciumhydroxide
natronloog	oplossing van natriumhydroxide in water
nitreerzuur	mengsel van geconcentreerd salpeterzuur en geconcentreerd zwavelzuur
nitreuze damp	mengsel van stikstofoxiden
norit	koolstof ▶ ¹
oliezuur	cis-octadec-9-eenzuur
ongebliste kalk	calciumoxide ▶ ¹
oxaalzuur	ethaandizuur
palmitinezuur	hexadecaanzuur
patina	(zie kopergroen)
petroleumether	mengsel van laag kokende alkanen
pikrinezuur	2,4,6-trinitrofenol

<i>triviale naam</i>	<i>rationele naam</i>
plumbi-	lood(IV)-
plumbo-	lood(II)-
potas	kaliumcarbonaat
propionaat	propanoaat of zuurrest van propaanzuur
propionzuur	propaanzuur
pyrodruivenzuur	2-oxopropaanzuur
rattenkruit	diarseentrioxide
-rodanide	-thiocyanaat
ribose	2,3,4,5-tetrahydroxypentanal ▶ ⁴
rietsuiker	sacharose ▶ ⁴
rood bloed-loogzout	kaliumhexacyanoferraat(III)
salicylzuur	2-hydroxybenzeencarbonzuur
salmiak	ammoniumchloride
salpeter	kaliumnitraat
sebacinezuur	decaandizuur
seignettezout	Na,K-zout van 2,3-dihydroxybutaandizuur
serine	2-amino-3-hydroxypropaanzuur
silica	siliciumdioxide ▶ ¹
soda	natriumcarbonaatdecahydraat
spiritus	ethanol ▶ ¹
stanni-	tin(IV)-
stanno-	tin(II)-
stearinezuur	octadecaanzuur
steen-zout	natriumchloride ▶ ¹
sterk water	ethanol ▶ ¹ of methanal-oplossing
styreen	fenyletheen
sublimaat	kwik(II)chloride
sucrose,	sacharose ▶ ⁴

<i>triviale naam</i>	<i>rationele naam</i>
suiker	
teflon	polytetrafluoretheen
tetra	tetrachloormethaan
thio	natriumthiosulfaat-pentahydraat
tolueen, toluol	methylbenzeen
threonine	2-amino-3-hydroxybutaanzuur
tri	trichlooretheen
ureum	diamide van koolzuur
valeriaanzuur	pentaanzuur
valeriaat	pentanoaat of zuurrest van pentaanzuur
valine	2-amino-3-methylbutaanzuur
vinylchloride	chlooretheen
vitriool	zwavelzuur
vulg-zout	ammoniumcarbonaat
vruchtensuiker	fructose ▶ ⁴
waterglas	oplossing van natriumsilicaat
wijnsteen-zuur	2,3-dihydroxybutaandizuur
xyleen, xylol	dimethylbenzeen
ijsazijn	ethaanzuur
ijzerhamerslag	ijzer(II)di-ijzer(III)oxide
zand	siliciumdioxide ▶ ¹
zetmeel	mengsel van amylose en amylopectine ▶ ⁴
zoutzuur	oplossing van waterstofchloride in water
zuiveringszout	natriumwaterstofcarbonaat
zwavelkoolstof	koolstofdisulfide
zwavelwaterstof	diwaterstofsulfide [sulfaan]
zwavelijzer	ijzer(II)sulfide

1 ▶ belangrijkste bestanddeel

2 ▶ Freonen (CFK's) worden vaak weergegeven met een code die uit twee of drie cijfers bestaat:

- het laatste van deze cijfers geeft het aantal fluoratomen in zo'n molecuul,
- het voorlaatste cijfer geeft het aantal waterstofatomen plus 1,
- bij een driecijferige code geeft het eerste cijfer het aantal koolstofatomen minus 1; als het eerste cijfer 0 is, dan wordt dat in de code niet vermeld.

3 ▶ Halonen worden vaak weergegeven met een code die uit vier cijfers bestaat (bijv. 1301):

- het eerste cijfer geeft het aantal koolstofatomen in zo'n molecuul,
- het tweede, derde en vierde cijfer stellen respectievelijk het aantal fluor-, chloor- en broomatomen voor.

4 ▶ Structuurformules (cyclovorm): zie tabel 67F.

NH_3	ammoniak [aasaan]	NH_4^+	ammonium [azanium]
H_2SO_4	zwavelzuur	SO_4^{2-}	sulfaat
$\text{H}_2\text{SO}_3 (\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O})$	zwaveligzuur	SO_3^{2-}	sulfiet
$\text{H}_2\text{CO}_3 (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$	koolzuur	HCO_3^-	waterstofcarbonaat
		CO_3^{2-}	carbonaat
		SiO_3^{2-}	silicaat
		SiO_4^{4-}	silicaat
HNO_3	salpeterzuur	NO_3^-	nitraat
$\text{HNO}_2 (\text{NO}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O})$	salpeterigzuur	NO_2^-	nitriet
H_3PO_4	fosforzuur	H_2PO_4^-	diwaterstoffosfaat
		HPO_4^{2-}	monowaterstoffosfaat
		PO_4^{3-}	fosfaat
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	oxaalzuur	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	oxalaat
HClO_4	perchloorzuur	ClO_4^-	perchloraat
HClO_3	chloorzuur	ClO_3^-	chloraat
HClO_2	chloorigzuur	ClO_2^-	chloriet
HClO	onderchloorigzuur	ClO^-	hypochloriet
H_2O_2	waterstofperoxide [dioxidaan]	CrO_4^{2-}	chromaat
CH_4	methaan	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	dichromaat
C_2H_6	ethaan	MnO_4^{2-}	manganaat
C_3H_8	propaan	MnO_4^-	permanganaat
C_4H_{10}	butaan	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	thiosulfaat
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$	pyrodruivenzuur [2-oxopropaanzuur]	CH_3COO^-	acetaat [ethanoaat]
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	melkzuur [2-hydroxypropaanzuur]		
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	glucose/druivensuiker/dextrose		
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	rietsuiker/bietsuiker/sacharose		

<i>factor</i>	<i>naam</i>	<i>factor</i>	<i>naam</i>	<i>factor</i>	<i>naam</i>	<i>factor</i>	<i>naam</i>
1	mono- of hen- ▶ ¹	10	deca-	20	icosa- ▶ ²	100	hecta-
2	di- of do- ▶ ¹	11	undeca-	30	triaconta-	200	dicta-
3	tri-	12	dodeca-	40	tetraconta-	300	tricta-
4	tetra-	13	trideca-	50	pentaconta-	400	tetracta-
5	penta-	14	tetradeca-	60	hexaconta-	500	pentacta-
6	hexa-	15	pentadeca-	70	heptaconta-		
7	hepta-	16	hexadeca-	80	octaconta-	1000	kilia-
8	octa-	17	heptadeca-	90	nonaconta-	2000	dilia-
9	nona-	18	octadeca-			3000	trilia-
		19	nonadeca-			4000	tetralia-
						5000	pentalia-

1 ▶ In voorvoegsels groter dan 11 wordt het cijfer 1 weergegeven met hen- en het cijfer 2 met do-;
bijv. hencosa-(21), dononacontahexacta-(692).

2 ▶ De beginletter 'i' van icosa- wordt weggelaten na een numerieke term, die op een klinker eindigt;
bijv. docosa-(22), tricosa-(23).

<i>klasse</i>	<i>kenmerkende groep</i>	<i>voorvoegsel</i>	<i>achtervoegsel</i> ▶ ¹	↑ prioriteit
carbonzuren	–COOH	(carboxy-)	-zuur ▶ ³	
sulfonzuren	–SO ₃ H	(sulfo-)	-sulfonzuur	
zuuranhydriden	–COOCO–		-zuuranhydride	
esters	–COO–	(alkoxycarbonyl-)	-oat ▶ ³	
zuurchloriden	–COCl	(chloorcarbonyl-)	-oylchloride	
amiden	–CONH ₂ , –CONH–, –CON<	(carbamoyle-)	-amide	
nitrillen	–CN	cyaan-	-nitril ▶ ³	
aldehyden	–CHO	oxo-	-al	
ketonen	>CO	oxo-	-on	
alcoholen	–OH	hydroxy-	-ol	
fenolen	–OH	hydroxy-	-ol	
thiolen	–SH	sulfanyl-	-thiol	
aminen	–NH ₂ , –NH–, –N<	amino- N-alkylamino- N-alkyl-N-alkyl' amino-	-amine ▶ ⁴ N-alkyl... amine ▶ ⁴ N-alkyl-N-alkyl'... amine ▶ ⁴	
ethers	–O–	alkoxy-	geen	
halogeen- verbindingen	–F, –Cl, –Br, –I	halogeen-	geen	
nitroverbindingen	–NO ₂	nitro-	geen	

- 1 ► De ‘ruggengraat’ van een koolstofverbinding is de stamverbinding gevormd door de langste keten van C-atomen. De stamnaam, gebaseerd op het aantal C-atomen in deze keten, bestaat uit stam + uitgang (zie tabel hieronder).

aantal C	1	2	3	4	5	6	...
stam	meth	eth	prop	but	pent	hex	...

<i>uitgang</i>	<i>koolstofverbinding heeft</i>
-aan	geen dubbele of drievoudige bindingen
-een	één dubbele binding (-adien: twee dubbele bindingen)
-yn	één drievoudige binding (-adiyn: twee drievoudige bindingen)
-enyn	één dubbele en één drievoudige binding

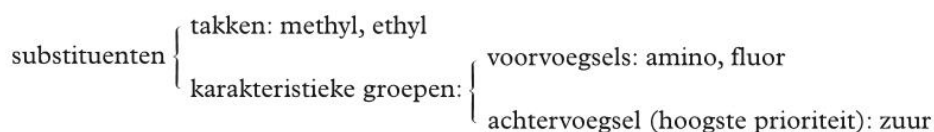
- Een H-atoom van de stamverbinding/stamhydride (een niet vertakte keten van C- of andere atomen met het maximum aantal H-atomen eraan vast; het kan ook een alifatische of aromatische ring zijn) kan vervangen worden door een ander atoom of een atoomgroep: een substituent. Bevat de substituent minstens één heteroatoom (een niet-C- of niet-H-atoom) dan noemt men de substituent een karakteristieke groep. Een substituent zonder heteroatomen heet tak, met een taknaam die bestaat uit een stam (zie boven) + yl. Zie voorbeeld 1.
Een tak kan vertakt zijn en bestaat dan uit een hoofdtak, de langste C-keten gezien vanuit de stam, met één of meer zijtakken. Zo’n vertakte tak zet men tussen haakjes. Zie voorbeeld 2.
Als bij een koolstofverbinding de keten op meer manieren gekozen kan worden, kiest men als langste keten de keten met de meeste takken (dus met het kleinste aantal vertakte takken). Zie voorbeeld 3.
- Bij een koolstofverbinding met één soort karakteristieke groep wordt deze groep, indien mogelijk, als achtervoegsel aangeduid (tabel 66D); bevat deze ‘achtervoegsel’ groep een C-atoom, dan rekent men dat C-atoom bij de stam.
- Wanneer een molecuul verschillende karakteristieke groepen bevat, dan is de hoofdgroep de groep die het hoogst in de tabel staat. Deze wordt in de naam met een achtervoegsel aangegeven; de groepen met een lagere prioriteit worden als voorvoegsel aangeduid (ook de groepen die geen achtervoegselnaam hebben). Zie voorbeeld 1.
De hoofdgroep krijgt een zo laag mogelijk plaatsnummer. Bij afwezigheid van een karakteristieke groep die in de naam met een achtervoegsel kan worden aangeduid, wordt een eventuele dubbele/drievoudige binding als hoofdgroep beschouwd. Zie voorbeeld 4.
- Bij een koolstofverbinding met meer karakteristieke groepen kiest men de stam zó dat zoveel mogelijk van deze groepen direct aan de stam vastzitten (ook als de ketenlengte daarbij korter wordt). Zie voorbeeld 3.
- Bij een koolstofverbinding met meer dubbele/drievoudige bindingen, soorten takken/voorvoegsels/karakteristieke groepen geeft men steeds het aantal ervan aan met een numeriek voorvoegsel (zie tabel 66C).
- Wanneer in de naam van een molecuul meer voorvoegsels/takken voorkomen, is de volgorde daarvan alfabetisch. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de numerieke voorvoegsels, uitgezonderd bij vertakte takken.^{►2}
- Als dubbele/drievoudige bindingen, voor-/achtervoegsels/takken meer plaatsingsmogelijkheden hebben, worden deze voorafgegaan door een plaatsnummer te beginnen bij een uiteinde van de stamverbinding. Een achtervoegsel heeft een zo laag mogelijk plaatsnummer. Zie voorbeeld 4.
Bij ontbreken van een achtervoegsel of een uitgang wordt de hoofdketen (stamverbinding) vanaf die kant genummerd die het laagste stel plaatsnummers oplevert. Het laagste stel plaatsnummers is het stel dat het laagste nummer heeft, waar het eerste verschil in nummering optreedt, dus het stel plaatsnummers 2, 3, 6, 8 is lager dan het stel 3, 4, 6, 8 of 2, 4, 5, 7. Zie voorbeeld 4a.
Bij -enynen krijgt ‘-een’ het laagste plaatsnummer als de regel over het laagste stel plaatsnummers geen uitsluitel geeft. Zie voorbeeld 4.
- Een koolstofverbinding die een derivaat is van benzeen, noemt men een aromatische verbinding. Andere koolstofverbindingen noemt men alifatische verbindingen. Een alifatische ringverbinding wordt met het prefix cyclo- aangeduid.
- In de stamnaam van heterocyclische ringsystemen beschouwt men de heteroatomen als vervangers van bepaalde koolstofatomen. De heteroatomen worden met de volgende voorvoegsels aangeduid (zie voorbeeld 5):

heteroatoom	O	S	N	P	Si
voorvoegsel	oxa	thia	aza	fosfa	sila

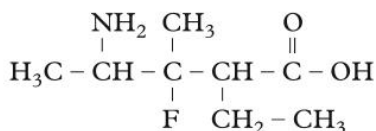
- Bij alkyl-gesubstitueerde aromatische verbindingen wordt het aromatisch gedeelte beschouwd als stamverbinding.
Als karakteristieke groepen in de zijketen voorkomen dan wordt de zijketen de stamverbinding en krijgt benzeen de taknaam fenyl.
 - Bij aromatische verbindingen is de triviale naam toluen voor methylbenzeen toegestaan en heeft de triviale naam fenol voor benzenol de voorkeur.
- 2 ► De naam van een vertakte tak – tussen ronde haakjes – ziet men als een geheel. Daarom komt bijvoorbeeld (1,1-dimethylethyl) alfabetisch vóór ethyl (zie onderstreping). Zijtakken in vertakte takken worden voorafgegaan door plaatsnummers: het koolstofatoom dat direct aan de stam zit, heeft plaatsnummer 1.
Enkele vertakte takken hebben een veel gebruikte triviale naam. Zie voorbeeld 7. Voor hun alfabetische rangschikking worden de voorvoegsels 'iso' en 'neo' als een geheel gezien met de alkylnaam. Dus isopropyl vóór methyl. Dit geldt niet voor de voorvoegsels 'sec-' en 'tert-'. Dus tert-butyl vóór ethyl.
- 3 ► Wanneer een molecuul drie of meer –COOH groepen, –COO– groepen of –CN groepen heeft, of wanneer deze groepen zich bevinden aan een ringsysteem, dan worden de achtervoegsels -carbonzuur, -carboxylaat en -carbonitril gebruikt, waarbij C-atomen in deze karakteristieke groepen niet meer meegeteld worden in de stamnaam. Zie voorbeeld 6.
- 4 ► Aminen met eenvoudige alkylgroepen kunnen ook beschouwd worden als derivaten van ammoniak, bijv. $N(C_2H_5)_3$: triethylamine in plaats van N,N-diethylethaanamine.
- 5 ► Een volledig overzicht is te vinden in: *Gids voor de IUPAC-nomenclatuur van organische verbindingen*, uitgegeven door de KNCV en de KVCV, 2010.

Voorbeelden

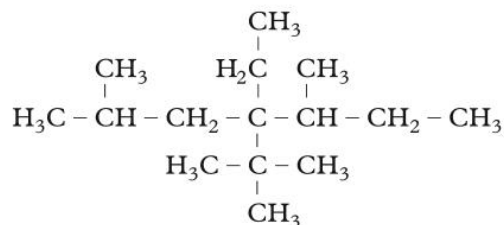
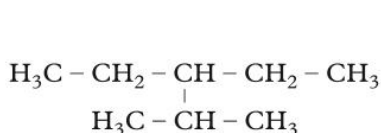
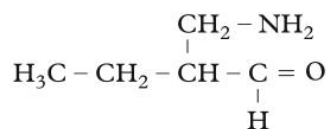
1 4-amino-2-ethyl-3-fluor-3-methylpentaanzuur



stam + uitgang: pentaan



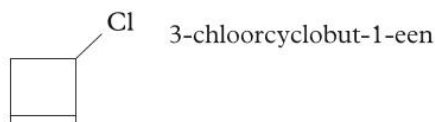
2 4-(1,1-dimethylethyl)-4-ethyl-2,5-dimethylheptaan [4-tert-butyl-4-ethyl-2,5-dimethylheptaan]

3 3-ethyl-2-methylpentaan
en niet: 3-(1-methylethyl)pentaan3-amino-2-ethylpropanal
en niet: 2-(1-aminomethyl)butanal

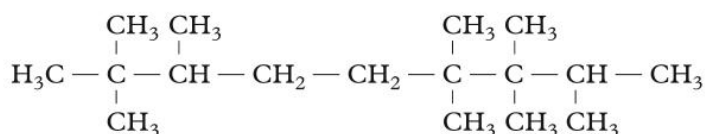
4 hex-2-een-4-yn

hex-5-een-3-yn-2-ol

4-hydroxybutaan-2-on



4a

2,2,3,6,6,7,7,8-octamethylnonaan (het eerste verschil in plaatsnummers: $2 < 3$)

En niet: 2,3,3,4,4,7,8,8-octamethylnonaan (kleinere som)

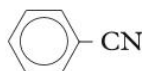
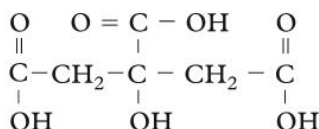
5 1,3,5-trioxacyclohexaan

azabenzeen (pyridine)



6 2-hydroxypropaan-1,2,3-tricarbonzuur

benzeencarbonitril



7 voorbeelden van vertakte takken

structuur	systematische naam	triviale naam
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \end{array}$	(2-methylpropyl)	isobutyl; iso = methyltak op een na laatste plaats
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \end{array}$	(1-methylethyl)	isopropyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \end{array}$	(1-methylpropyl)	sec-butyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	(1,1-dimethylethyl)	tert-butyl
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	(2,2-dimethylpropyl)	neopentyl

<i>thermoharders (harsen, lijnen)</i>	<i>ISO-code</i>
aldehydeharsen	PF, MF, UF
alkydharsen	
caseïneformaldehyde/kunsthorn	CF
diallylfitalaat	DAP
eboniet (hoge vulkanisatie)	
epoxyharsen	EP
fenolformaldehyde ¹	PF
melanineformaldehyde	MF
methaandifenyldiisocyanaat	MDI
onverzadigde polyester	UP/UPPE
polyurethanen	PUR
polyvinylbutyraat	PVB
resorcinolformaldehyde	RF

<i>synthetische rubbers</i>	<i>ISO-code</i>
acrylonitril-butadien-styreen-	ABS
butyl-	IIR
chloropreen-/neopreen-	CR
epichloorhydrin-	ECO
etheenpropeen-	EPR
nitrilbutadien-	NBR
polybutadien-	BR
polyetheen-, gesulfochloreerd	CSM
polyisopreen-	IR
polysulfide-	PSR
siliconen-	SI
styreenbutadien-	SBR
thermoplastische -	TPE

<i>thermoplasten</i> <i>half-synthetisch</i> ²	<i>ISO-code</i>
carboxymethylcellulose	CMC
cellofaan	
celluloseacetaat	CA
celluloseacetaat-butyraat	CAB
celluloseacetaat-propionaat	CAP
cellulosenitraat (nitrocellulose/celluloid)	CN
cellulosepropionaat	CP
ethylcellulose	EC
polymelkzuur	PLA
viscose/rayon	

<i>natuurlijke materialen</i>	
asbest	kurk
beenderlijm	leer
chitosan	linnen
gelatine	mastiek
glas	mica
hars	rubber/latex
hennep	schellak
hoorn	sisal
hout/cellulose	stro
ivoor	stijfsel
jute	veren
kapok	wol
katoen	zijde

<i>geheel synthetisch</i>	<i>ISO-code</i>
cumaron-indeën	
fenoxies	
ionomeren	bv. EMAC
polyacrylaten	bv. NaPAA
polyacrylonitril	PAN
polyamiden	PA
polybenzimidazolen	PBI
polybut-1-een	PB
polybutadien	PBD
polycarbonaten	PC
polyesters	bv. PET
polyetheen (hoge/lage dichtheid) (HD/LD)PE	
polyfluor(chloor)ethenen	bv. PCTFE
polymiden	PI

<i>ISO-code</i>	
PIB	polyisobuteen
PMMA	polymethylmethacrylaat (perspex/plexiglas)
POM	polyoxymethyleen
PPX	polyparaxyleen
PP	polypropreen
PS (bv. SAN)	polystyreen (en copolymeren)
PSO, PSU	polysulfon
PVAC	polyvinylacetaat
PVAL	polyvinylalcohol
PVK	polyvinylcarbazol
PVC	polyvinylchloride
PVDC(F)	polyvinylideenchloride (fluoride)

■ Plastics zijn synthetische macromoleculaire stoffen die door plastische vormgeving hun materiaal functie verkrijgen.

- Thermoharders, vaak ook harsen genoemd, vertonen bij verwarmen geen smeltverschijnselen. Zij hebben dus geen vloeibare fase, maar ontleiden bij verwarming door gehele of gedeeltelijke afbraak van het macromoleculair bouwsel. Men rekent ze tot de plastics omdat ze tijdens het vormgevingsproces nog plastisch konden vloeien.
- Elastomeren vertonen elastische eigenschappen.
- Thermoplasten kunnen bij verwarmen boven een bepaalde temperatuur, op reverseibele wijze verwerkings- en smeltverschijnselen vertonen.

soort copolymeer	voorbeeld nomenclatuur	voorbeeld structuur
ongespecificeerd	poly (A-co-B)	
alternerend	poly (A-alt-B)	~A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A~
willekeurig (random)	poly (A-ran-B)	~A-A-B-A-B-B-A-A-A-B-B-A-B-B~
statistisch	poly (A-stat-B)	~A-A-B-A-B-B-A-A-A-B-A-A-A~
blok	polyA-blok-polyB	~A-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-B-B~
graft	polyA-graft-polyB	~A-A-A-A-A-A-A-A-A~ B B B B B B B B B B B B B B B B B B B B



Structuurformules en structuren

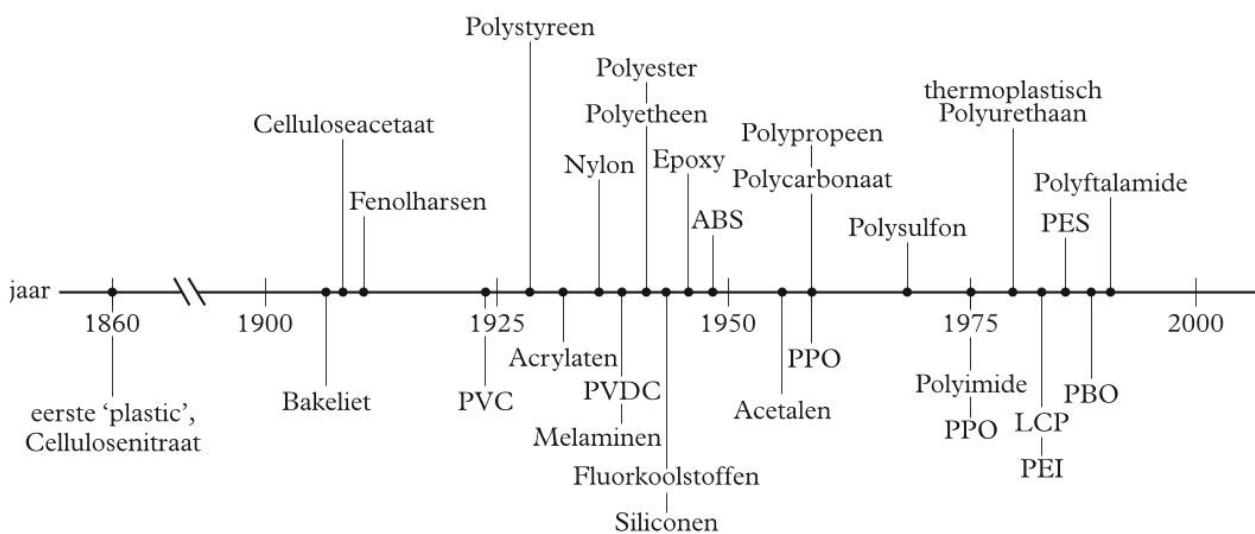
67

Macromoleculaire materialen

A

Tijdbalk

1



Indeling

indeling polymeren naar:

I keten/molecuulstructuur

lineair



ladder



netwerk



semi-ladder



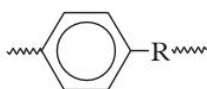
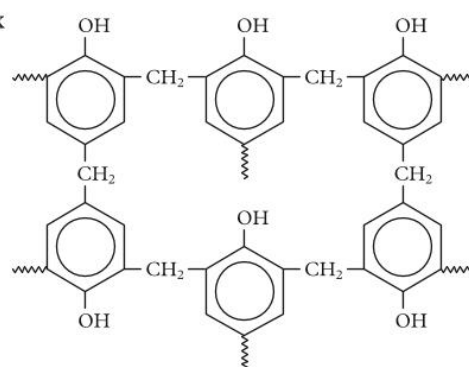
vertakt



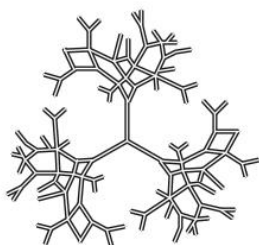
kam



cyclolineair

cyclomatrix
(bakeliet)

dendrimeer



ster



II thermisch gedrag

thermoplast: plastisch, oplosbaar

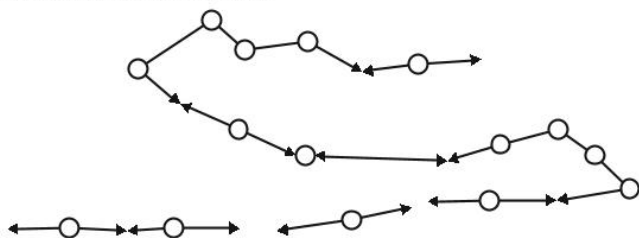
thermoharder: hard, lost niet op, zwelt niet op

elastomeer, rubber: elastisch, lost niet op, kan opzwellen

III polymerisatiemechanismen

stapgroei (condensatie)

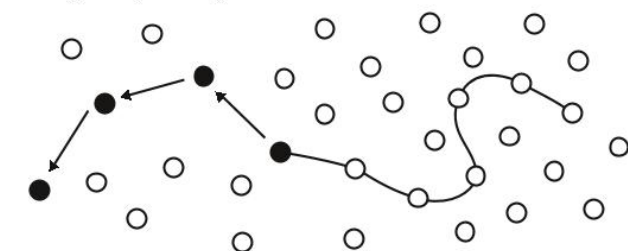
synthetisch: polyester, polyamide



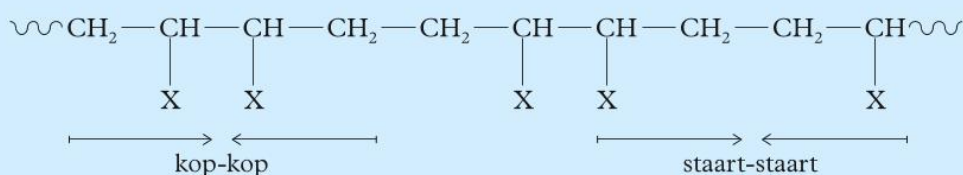
ketengroei (additie)

natuurlijk: rubber (polyisopreen)

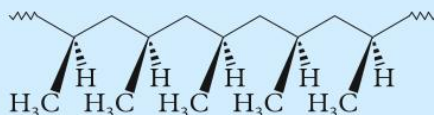
synthetisch: PS, PVC, PMMA



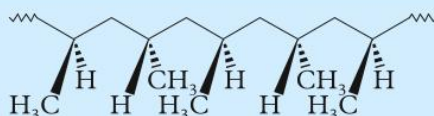
IV tacticiteit, ruimtelijke ordening



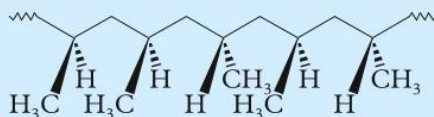
isotactisch (PP)



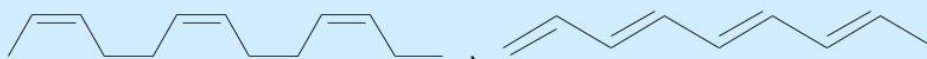
syndiotactisch



atactisch



cis-, trans-tactisch



V aantal eenheden in keten

homopolymeer	~A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A~ alternerend: ~A-B-A-B-A-B-A-B-A~
copolymeer	willekeurig: ~A-A-B-A-B-B-A-A-A~ statistisch: ~A-A-B-A-B-B-A-A-A-B-A~
terpolymeer	uit 3 monomeersoorten

VI verschillende blokcopolymeren

lineair

afwisseling van blokken A en B	[-AB-]-type	~A-A-A-B-B-B-A-A-A-B-B-B~
één blok van elk monomeer	AB-type	~A-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B~
centraal blok B met kop-staartblok A	ABA-type	~A-A-A-B-B-B-B-B-B-A-A~
drie verschillende blokken achter elkaar	ABC-type	~A-A-A-A-B-B-B-B-B-C-C-C~

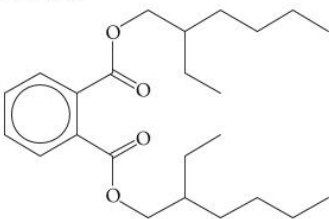
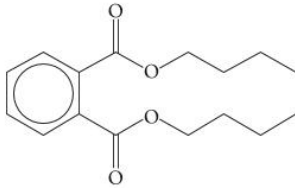
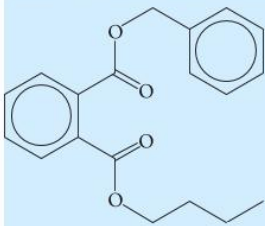
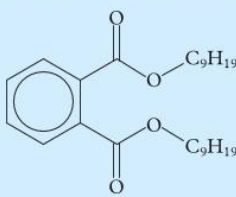
niet lineair

ent-(graft-)copolymeer	polyA-graft-polyB	$\begin{array}{ccccccc} \sim\text{A}-\text{A}-\text{A}-\text{A}-\text{A}-\text{A}-\text{A}-\text{A}-\text{A}-\text{A}\sim \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \quad \text{B} \end{array}$
------------------------	-------------------	--

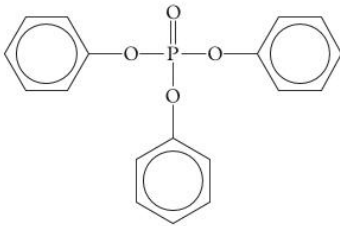
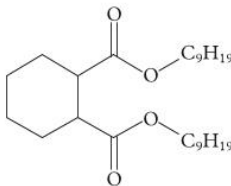
<i>additieven</i>	<i>doel</i>
kleurstoffen	uiterlijk
stabilisatoren	houdbaarheid
antioxidantia	
brandvertragers	brandveiligheid
vlamvertragers	
blaasmiddelen	structuur, schuim
antistatica	geen statische lading

<i>additieven</i>	<i>doel</i>
vezels	treksterkte
emulgatoren	structuur, homogeniteit
dispergeermiddelen	
weekmakers	structuur, viscositeit
verdikkingsmiddelen	
vulstoffen	structuur, maar ook houdbaarheid, warmtegeleiding

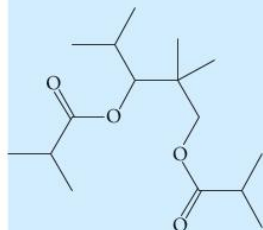
■ Additieven dienen ter verbetering van de materiaaleigenschappen.

<i>naam/structuur</i>	<i>toepassing/ bijzonderheden</i>	<i>naam/structuur</i>	<i>toepassing/ bijzonderheden</i>
ftalaten			
DEHP ^{▶1,3} (bis(2-ethylhexyl)ftalaat)	Breed inzetbaar. o.a. In medische toepassingen. Bijvoorbeeld bloedzakken.	DBP ^{▶1} (dibutylftalaat)	Breed inzetbaar. Verder in o.a. kleefstoffen, verf en drukinkten.
			
BBP ^{▶1} (benzylbutylftalaat)	'Fast fusing' weekmaker (er ontstaat snel een uitgeharde film), o.a. in vloerbedekking.	DINP ^{▶2} (bis(isononyl)ftalaat)	Breed inzetbaar. Komt voor als een mengsel van isomeren. Voornamelijk bis(3,3,5-trimethyl-hexyl)ftalaat en bis(2,6-dimethylheptyl)ftalaat
			

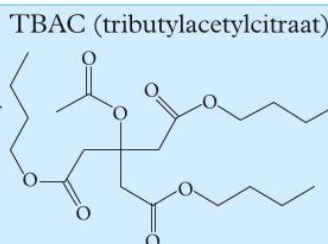
alternatieve weekmakers

TPP ^{▶2} (trifenylfosfaat)	Vlamvertragend. Wordt o.a. gebruikt in elektriciteitskabels.	DINCH (bis(isononyl)cyclo-hexaan-1,2-dicarboxylaat)	o.a. Gebruikt in speelgoed en intraveneuze buisjes, voedingscontactmaterialen. Wordt bereid uit DINP.
			

TXIB (1-isopropyl-2,2-dimethyltrimethyleen bis(isobutyraat))

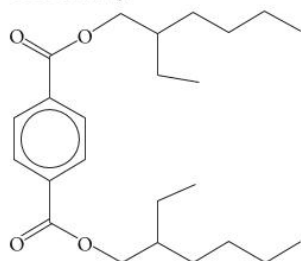


Wordt gebruikt in producten met een zacht oppervlak, zoals PVC-leer. Goede stabiliteit bij warmte en UV-licht.



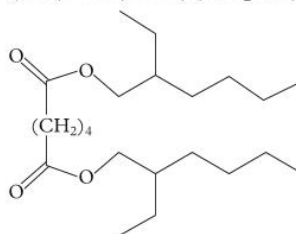
o.a. Gebruikt in voedings-contactmaterialen, (sabel) speelgoed en lijmen.

DEHT (bis(2-ethylhexyl) tereftalaat) ^{▶4}



Breed inzetbaar. Ook toegepast in rubbers.

DEHA ^{▶4} (bis(2-ethylhexyl)adipaat)



o.a. In folie, speelgoed.

- 1 ► Mogen niet worden gebruikt als stoffen of bestanddelen van preparaten gehalten bevatten hoger dan in totaal 0,1 massa% van het weeggemaakte materiaal in speelgoed en kinderverzorgingsartikelen.
- 2 ► Mogen niet worden gebruikt als stoffen of bestanddelen van preparaten gehalten bevatten hoger dan in totaal 0,1 massa% van het weeggemaakte materiaal in speelgoed en kinderverzorgingsartikelen, die door kinderen in de mond genomen kunnen worden.
- 3 ► ook bekend onder de naam DOP (dioctylftalaat)
- 4 ► De 'D' is afgeleid van D 'di-'. In de nieuwe nomenclatuur is di vervangen door bis.

smart materials ^{▶1}

externe invloed

toepassing

piezo-elektrisch
lood-zirkonaat-titanaat, PVDF

druk

spruitmondjes in printers, luidsprekertje in digitale horloges, elektrische gasaanstekers, nevelapparaten

geheugenmetaal
Nitinol®

temperatuur

geneeskunde: rechte trekken ruggengraat, vaatverwijding (stents)
tandheelkunde: constante druktoefening
transistoren, antistatische coatings

geleidende polymeren
trans-polypropyn

elektrisch veld

demping: in schokbrekers, bij aardbevingen

ER/MR ^{▶2} vloeistoffen
olie met kleine magnetische deeltjes
kleurveranderend
halfgeleider van metalen met additieven

elektrisch, magnetisch veld

in verf, inkt, glas

lichtemitterend
oled

licht, warmte, chemische energie

LED's, forensische chemie, lichtstaven

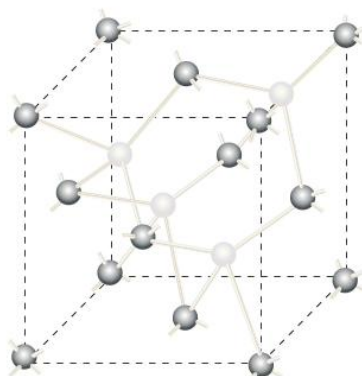
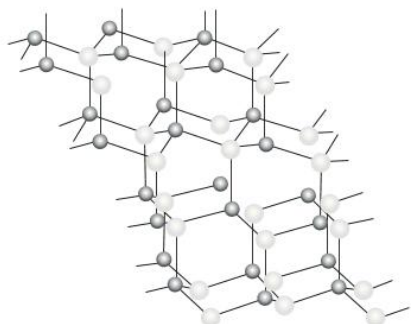
- 1 ► materialen waarvan een of meer eigenschappen op gecontroleerde wijze veranderen door externe invloeden. Deze invloeden kunnen zich voordoen in de vorm van belasting, temperatuur, vochtigheid, zuurgraad (pH), elektrische of magnetische velden. In tegenstelling tot materialen in "gewone" toepassingen, is de verandering bij slimme materialen juist gewenst. De verandering vindt plaats op het moment dat het materiaal zich al in zijn toepassing bevindt. Afhankelijk van het soort slim materiaal is het proces reversibel (omkeerbaar) of irreversibel (onomkeerbaar).
- 2 ► elektro-/magnetorheologisch

andere nieuwe materialen	toelichting	toepassing
composieten	samengestelde materialen, vaak vezelversterkte kunststoffen: bestaan uit vezel en matrix. <i>glare</i> : laagjes aluminium met glasvezelweefsel en kunsthars <i>spaanplaat</i> : zaagsel, hout en kunsthars	glasvezelkabel, vliegtuigbouw, bouw
vezels	bestaan uit lange polymeerstrengen glasvezel wordt getrokken uit gesmolten glas (siliciumdioxide) koolstofvezel door verkolen van een draad PAN of dralon aromatische polyamides, aramide <i>Kevlar®/Twaron®</i> ultrahoogmoleculair polyetheen <i>Dyneema®/Spectra®</i> liquid cristall polymer, LCP: <i>Vectran®</i>	glasvezelkabel polsstok, tennisracket, racefiets, ski, hengel beschermende kleding, gewichtsbesparing, asbestvervanging, rubberversterking scheepstouwen kunststof spaken, duurdere banden
biocompatibele materialen	compatibel met organismen <i>titaan, polyethyleen, bioglas, hydroxyapatiet</i>	implantaten
bioafbreekbare materialen	in korte tijd door bacteriën afbreekbaar tot natuurlijke stoffen direct uit biomassa <i>polysachariden</i> chemische synthese uit melkzuur <i>biopolyesters</i> door bacteriën uit biomassa <i>polyhydroxyalkanoaten</i>	vervanger voor PE (plastic folie, tassen) en PP (wegwerpbestek) vervanger voor PE (wegwerpbordjes) en PS (vleesbakjes, hamburgerdoosjes) vervanger voor PP (tapijt)
zachte materialen	vloeibare kristallen/colloïden/gels <i>latexverf, gelatine, zalf</i>	LCD-schermen, technisch keramiek, informatiedragers, haargel, dermaticum
nanomaterialen	morfologische kenmerken op nanoschaal: <i>nanobuisjes, buckeyballs</i>	smeermiddel, medicijnen, elektrotechniek, computer

hardheid Mohs	hardheid absoluut (Vickers)	mineraal	molecuulformule	krasinformatie
1	1	talk	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	met elk van de andere krasbaar
2	2	gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	krasbaar met een vingernagel
3	9	calciet	CaCO_3	met een mes zeer goed snijdbaar
4	21	fluoriet	CaF_2	met een mes krasbaar
5	48	apatiet	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$	met een mes enigszins krasbaar
6	72	orthoklaas	KAlSi_3O_8	met een mes nauwelijks krasbaar
7	100	kwarts	SiO_2	krast glas, staal en meeste andere stoffen
8	200	topaas	$\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH}, \text{F})_2$	krast kwarts
9	400	korund	Al_2O_3	krast topaas
10	1600	diamant	C	kan enkel gekrast worden met diamant

naam/structuur

siliciumcarbide (SiC)

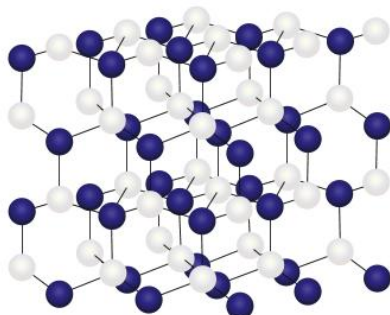


eenheidscel

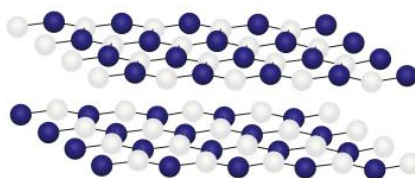
toepassingen/bijzonderheden

wordt o.a. gebruikt voor slijpen, polijsten, bepantsering, kogelwerende vesten, keramische remschijven; halfgeleider (er bestaan 125 kristallijne vormen van)

boornitride (BN)



kubisch



hexagonaal gelaagd

kubisch: zeer hard

wordt o.a. gebruikt als slijp- en boormiddel

hexagonaal gelaagd:

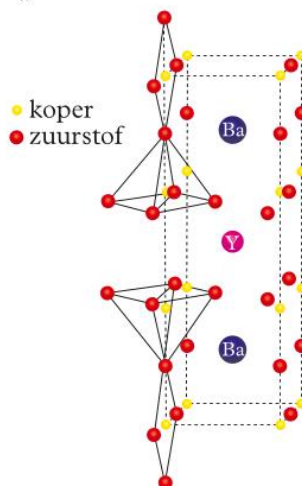
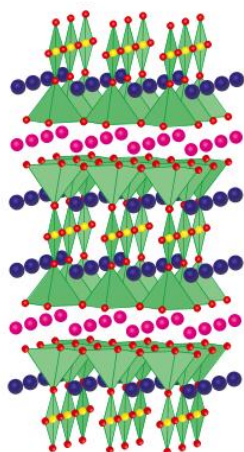
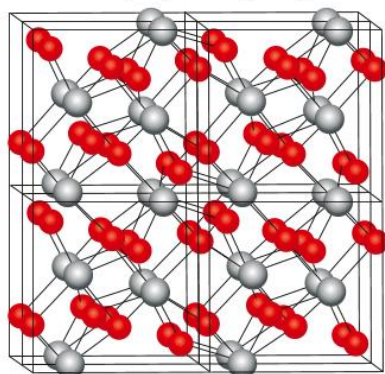
halfgeleider, goede geleiding van warmte;

wordt o.a. gebruikt als smeermiddel, in cosmetica,

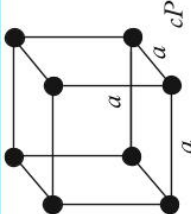
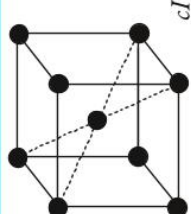
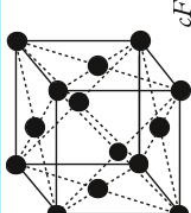
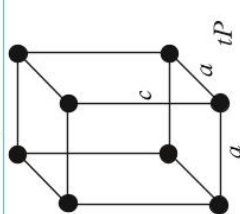
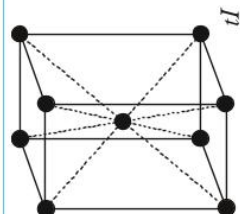
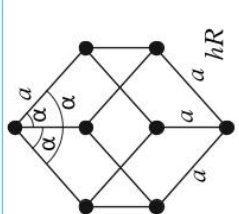
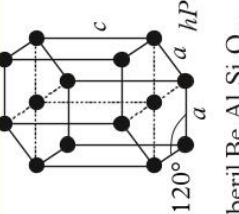
om metalen in te smelten

yttrium-barium-kuperoxide ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$)

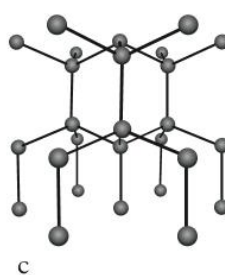
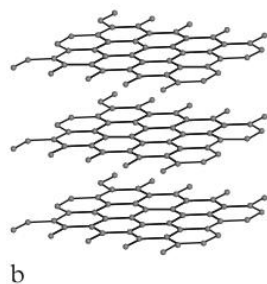
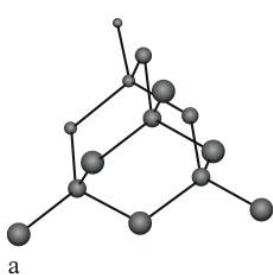
supergeleider

zirkonium(IV)oxide (ZrO_2)

wordt o.a. gebruikt bij het vervaardigen van bruggen en kronen in de tandheelkunde; materiaaleigenschappen komen dicht bij die van diamant

<i>kristalrooster</i> → <i>eenheidsce</i> ↓	<i>primitief (eenvoudig)</i> <i>P</i>	<i>lichaamsgecentreerd</i> <i>I</i>	<i>grondvlakgecentreerd</i> <i>S</i>	<i>vlakgecentreerd</i> <i>F</i>
kubisch = isometrisch				
abundantie van deze structuur in kristallen:	<i>cP</i>	<i>cI</i>	<i>cF</i>	<i>cF</i>
12%	cesiumjodide CsI	ferriet Fe	aluminium Al	aluminium Al
tetragonaal				
10%	wulfeniet PbMoO ₄	martensiet Fe ₃ C		
romboëdrisch, trigonaal				
9%	calciet CaCO ₃			
hexagonaal				
8%	beril Be ₃ Al ₂ Si ₆ O ₁₈			

netwerkstructuren



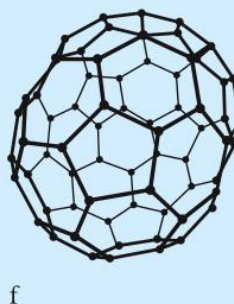
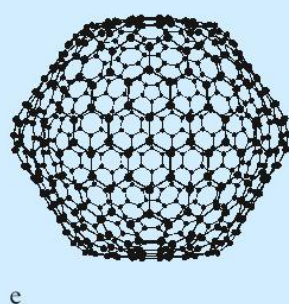
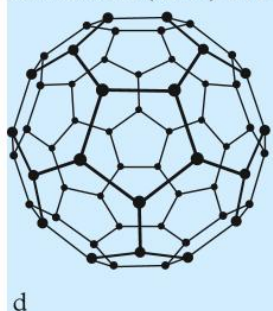
a diamant (kubisch)

b grafiet (gelaagd)

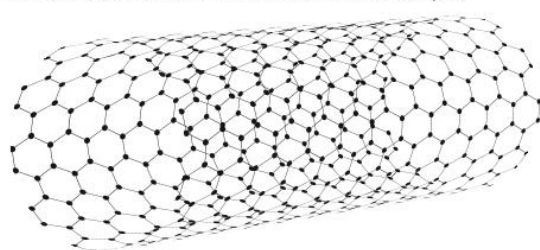
c lonsdaleiet (hexagonaal)

slijpen sieraden, sleepcontacten, moderator in kernreactor, meteoriet

moleculaire (nano) structuren: fullerenen

d C_{60} e C_{540} f C_{70} *farmacie, opsluiten atomen, supergeleiding*

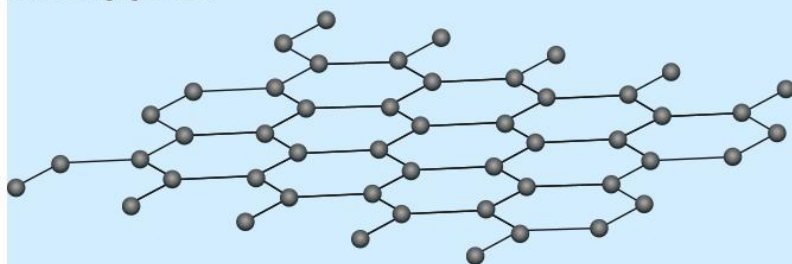
macromoleculaire structuur: nanobuisjes



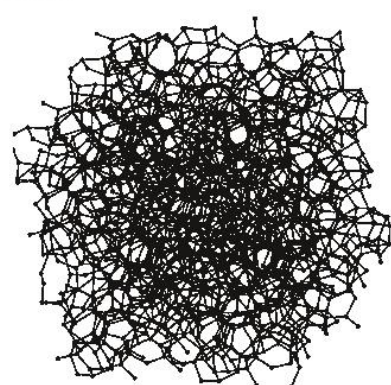
variabele lengte en diameter

AF-microscopie, sensoren, waterstofopslag, zonnecel, supersterke materialen, nanolager, bactericide

monolaag: grafeen

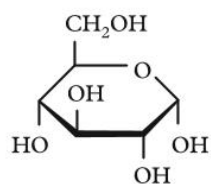
quantumeigenschappen: *DNA-analyse, computerchips*

amorf

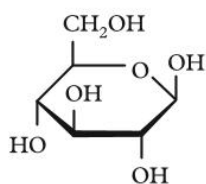


houtskool, steenkool

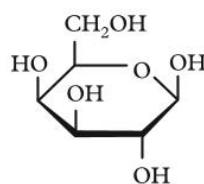
*cokes, roet**'nieuwe koolstof' die in elke richting enorme druk kan doorstaan
technische aambeelden (i.p.v. technisch
diamant)*



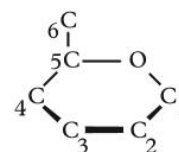
D-glucose
(α -cycloformule)
(druivensuiker)



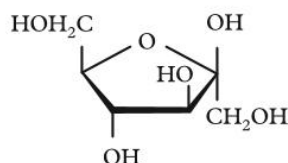
D-glucose
(β -cycloformule)
(druivensuiker)



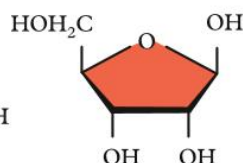
D-galactose
(β -cycloformule)



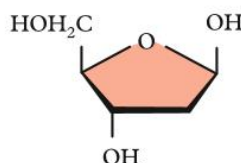
nummering
C-atomen



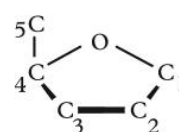
D-fructose
(β -cycloformule)
(vruchtensuiker)



D-ribose¹
(β -cycloformule)

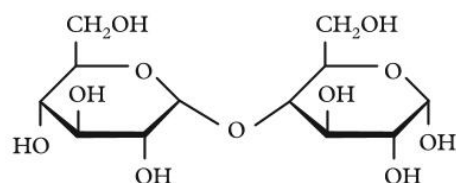


D-2-deoxyribose¹
(β -cycloformule)

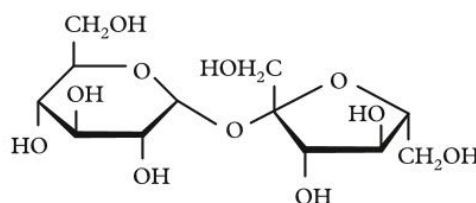


nummering
C-atomen
ribose en deoxyribose

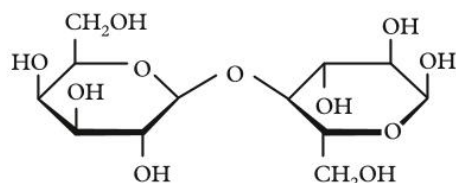
1 ► Betekenis kleur: zie tabel 71C.



maltose (moutsuiker)

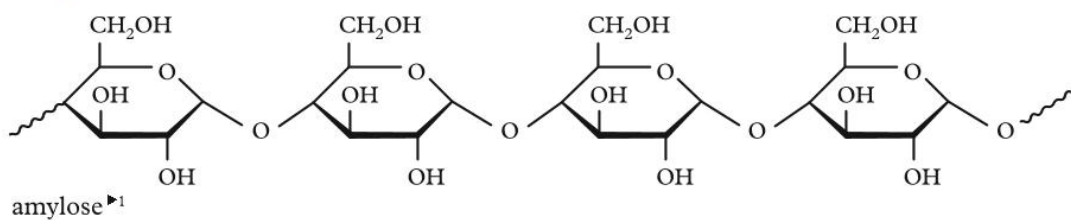
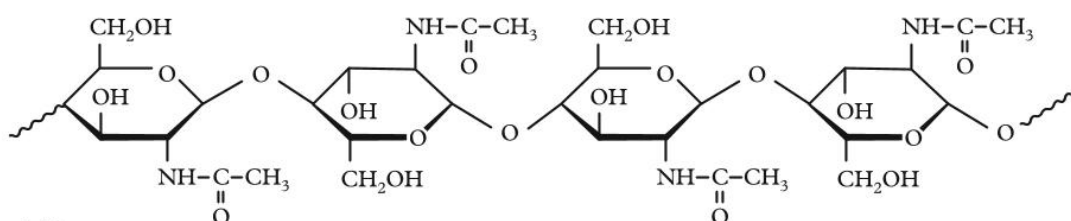


sacharose (bietsuiker, rietsuiker)

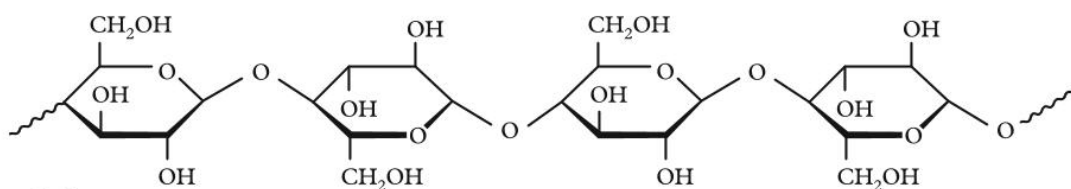


lactose (melksuiker)

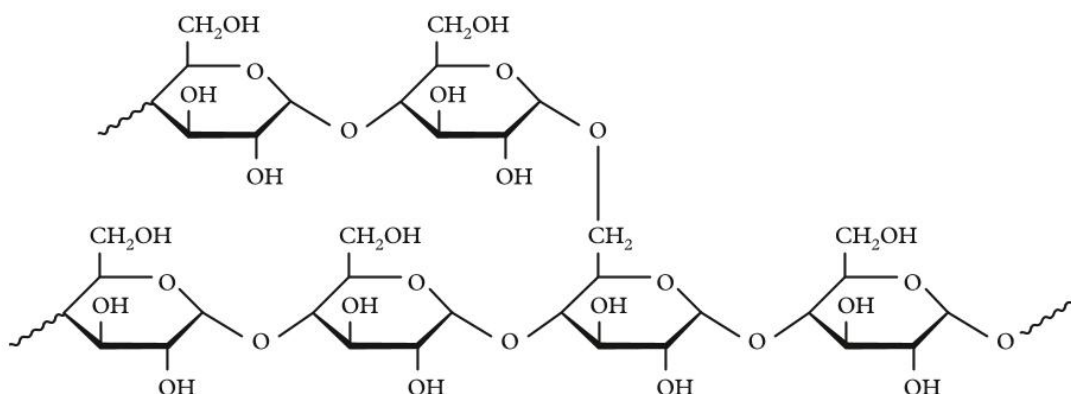
■ Mono- en disachariden worden vaak aangeduid als suikers.

amylose ▶¹

chitine



cellulose

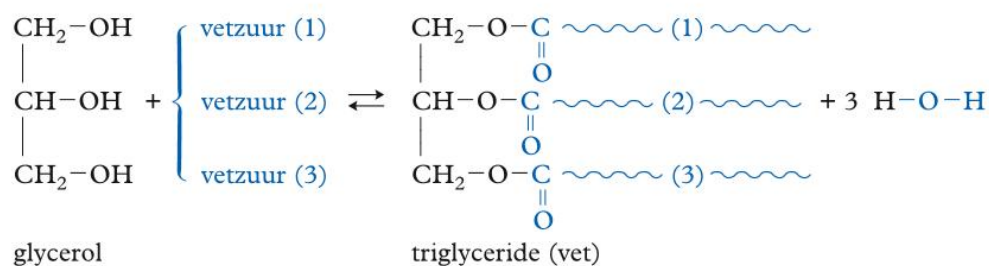


glycogeen: sterk vertakte keten

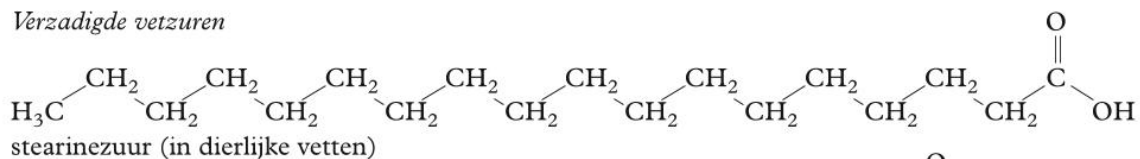
amylopectine: zwak vertakte keten

■ Veel sachariden voldoen aan de algemene formule $C_m(H_2O)_n$; de sachariden worden daarom vaak aangeduid als koolhydraten.

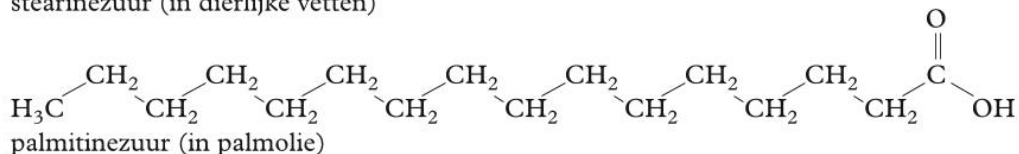
1 ► Zetmeel bestaat uit amylose en amylopectine.



Verzadigde vetzuren

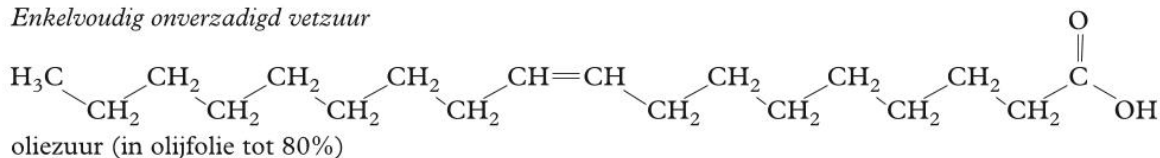


stearinezuur (in dierlijke vetten)



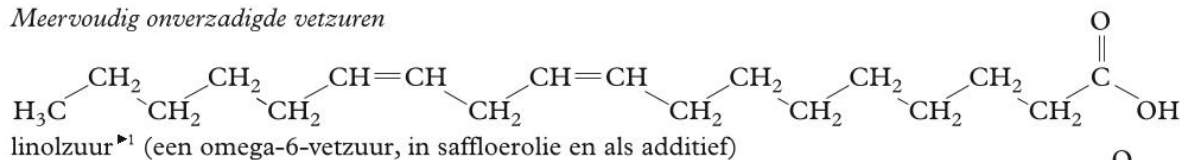
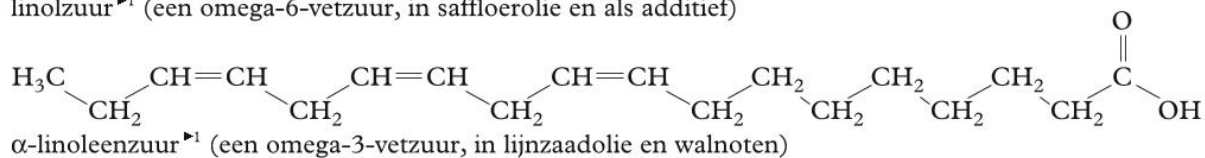
palmitinezuur (in palmolie)

Enkelvoudig onverzadigd vetzuur

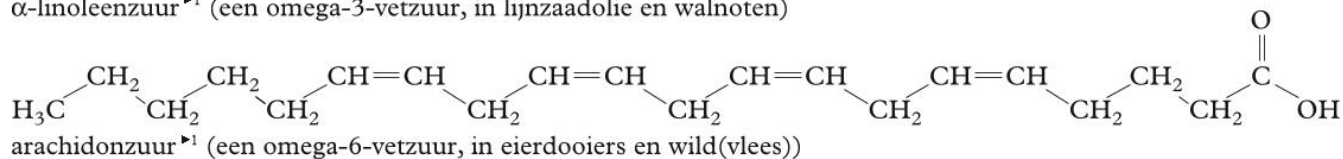


oliezuur (in olijfolie tot 80%)

Meervoudig onverzadigde vetzuren

linolzuur¹ (een omega-6-vetzuur, in saffloerolie en als additief)

α -linoleenzuur¹ (een omega-3-vetzuur, in lijnzaadolie en walnoten)

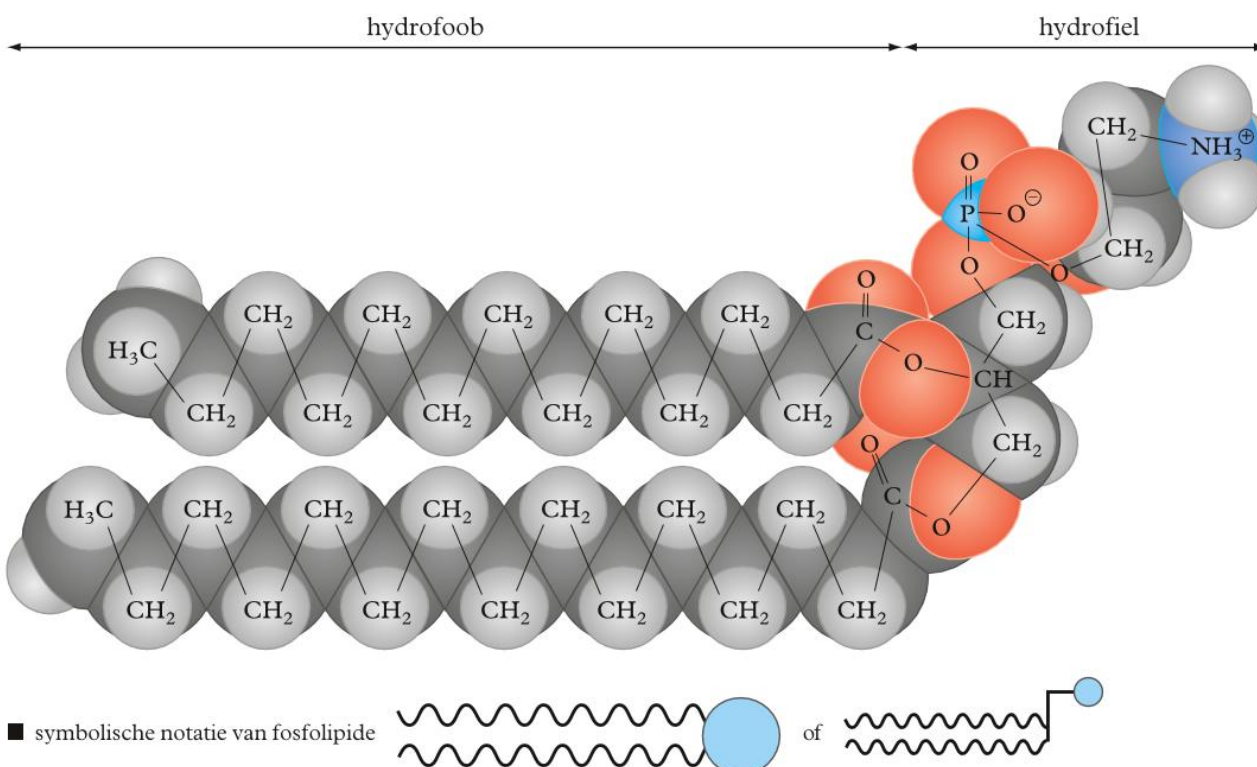


arachidonzuur¹ (een omega-6-vetzuur, in eierdooiers en wild(vlees))

1 ► essentieel vetzuur

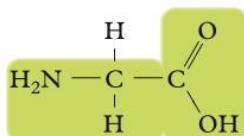
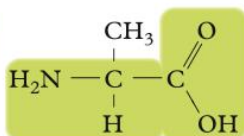
Fosfolipiden

3

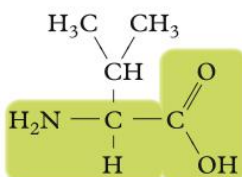
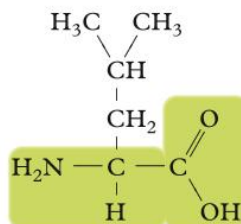
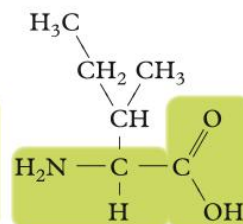


Aminozuren van eiwitten¹

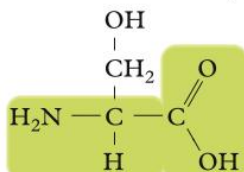
alifatische aminozuren

glycine (Gly) G 6,06
►₁

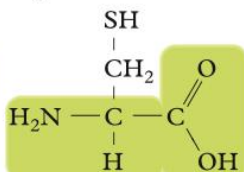
alanine (Ala) A 6,11

valine (Val) V 6,00
►₂leucine (Leu) L 6,04
►₂isoleucine (Ile) I 6,04
►₂

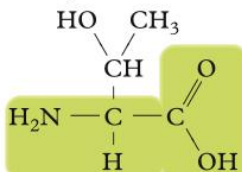
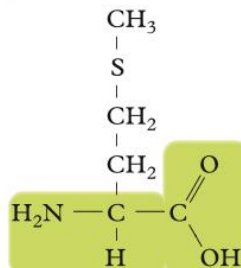
aminozuren met hydroxyl- of zwavelhoudende zijketen



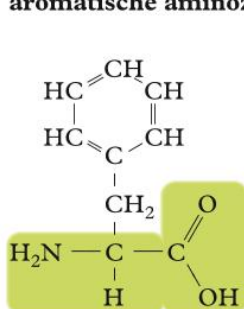
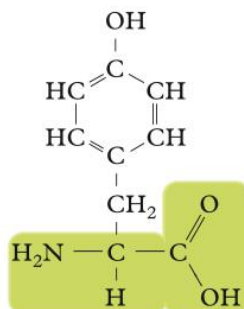
serine (Ser) S 5,68



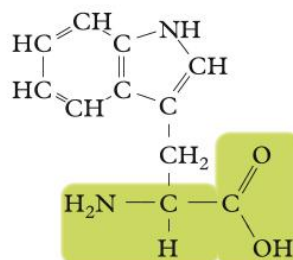
cysteïne (Cys) C 5,02

threonine (Thr) T 5,60
►₂methionine (Met) M 5,74
►₂

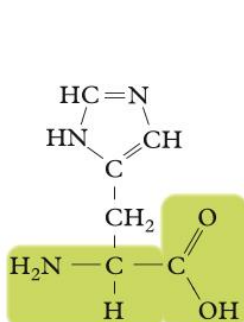
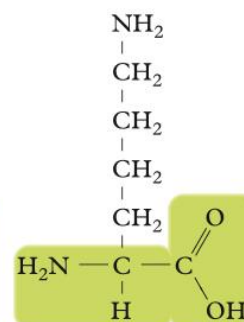
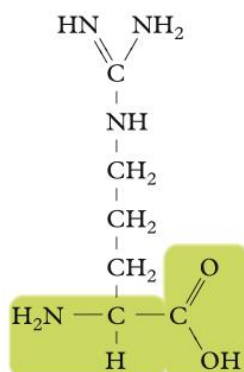
aromatische aminozuren

fenylalanine (Phe) F 5,91
►₂

tyrosine (Tyr) Y 5,63

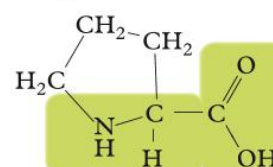
tryptofaan (Trp) W 5,88
►₂

basische aminozuren

histidine (His) H 7,64
►₂lysine (Lys) K 9,47
►₂

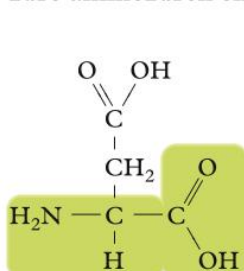
arginine (Arg) R 10,76

cyclisch aminozuur

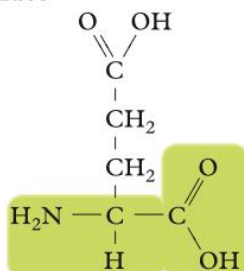


proline (Pro) P 6,30

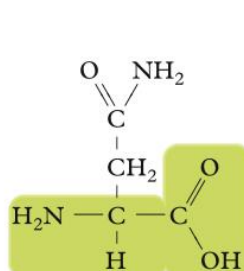
zure aminozuren en hun amides



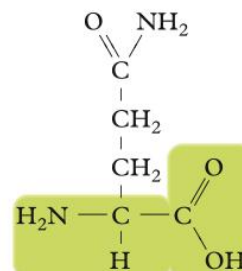
asparaginezuur (Asp) D 2,98



glutaminezuur (Glu) E 3,08



asparagine (Asn) N 5,41

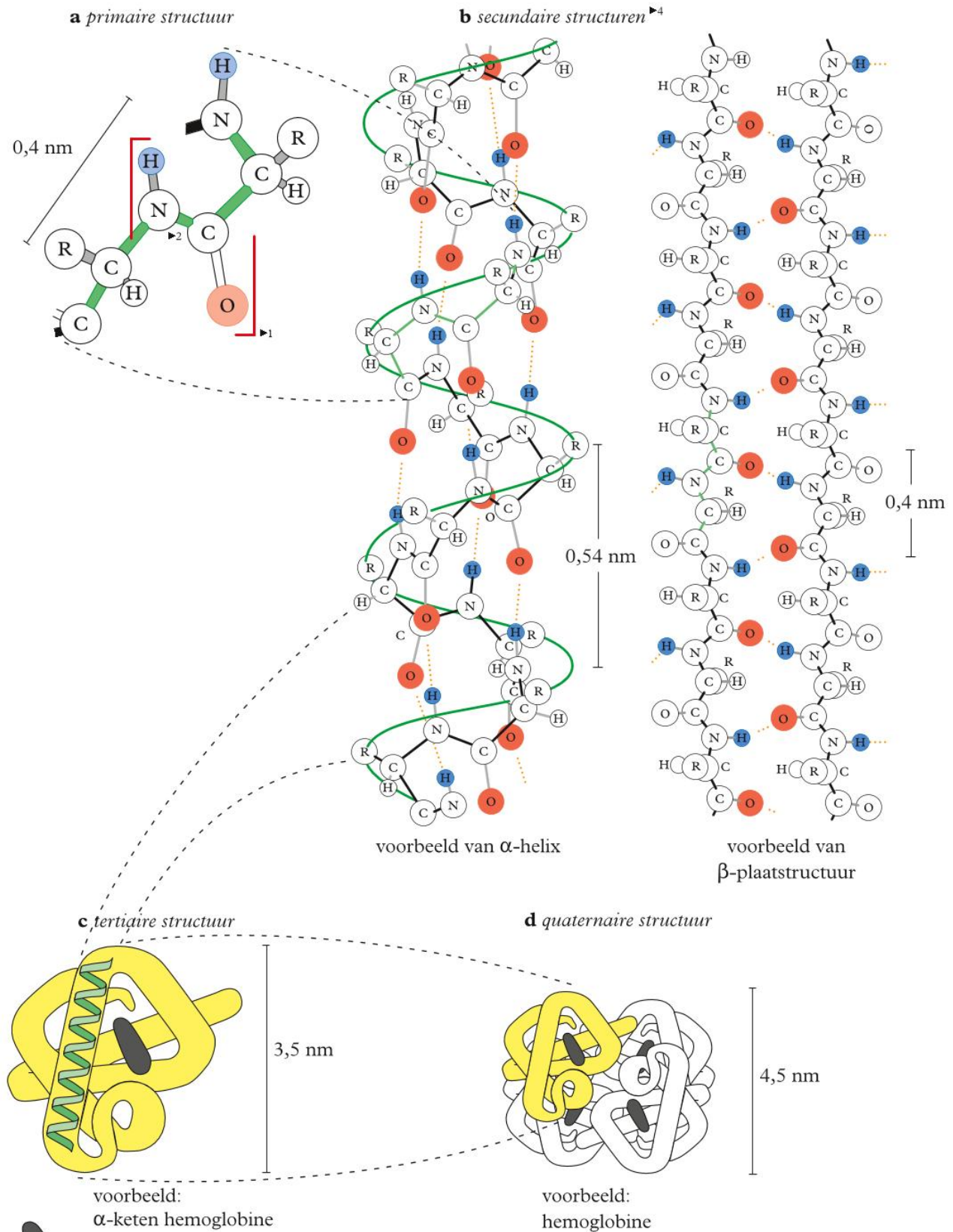


glutamine (Gln) Q 5,65

■ Bijbehorende codons in het mRNA; zie tabel 71G.

1 ► naam, (3-lettersymbool), 1-lettersymbool, isoëlektrisch punt pI

2 ► voor mensen essentieel

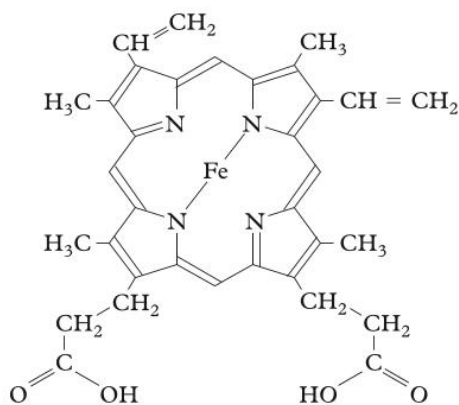


1 ► De atoomgroep tussen de haken is de peptidegroep.

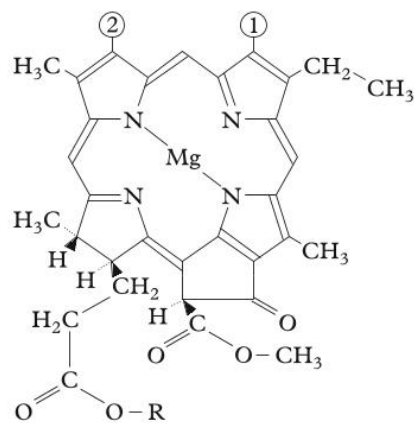
2 ► peptidebinding

3 ► Heem: zie tabel 67I.

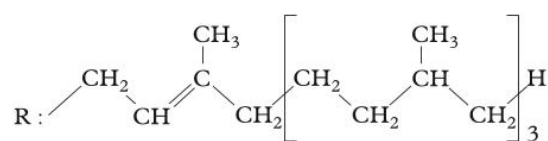
4 ► Plaatstructuur kan uit meer ketens bestaan.



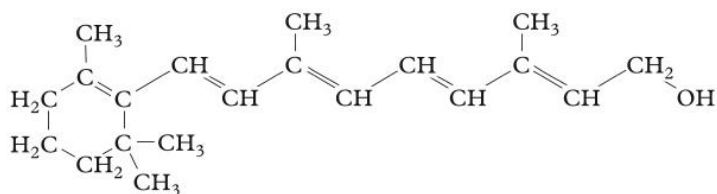
heem



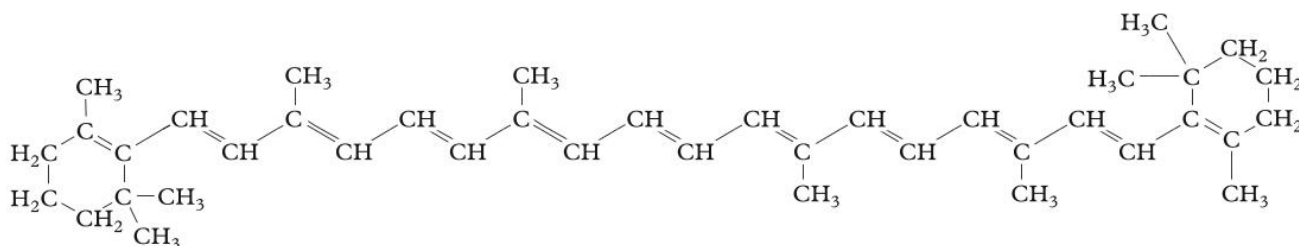
chlorofyl



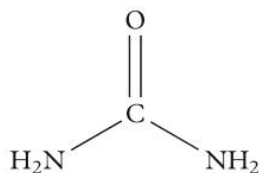
- ① -CH₃ bij chlorofyl-a en -d
 -CHO bij chlorofyl-b
 ② -CH = CH₂ bij chlorofyl-a en -b
 -CHO bij chlorofyl-d

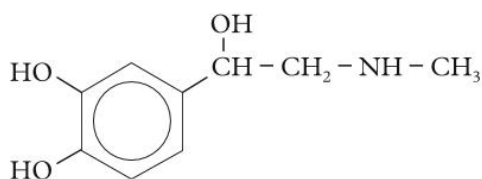


vitamine A

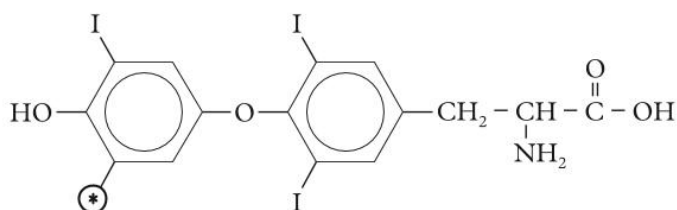


β-caroteen



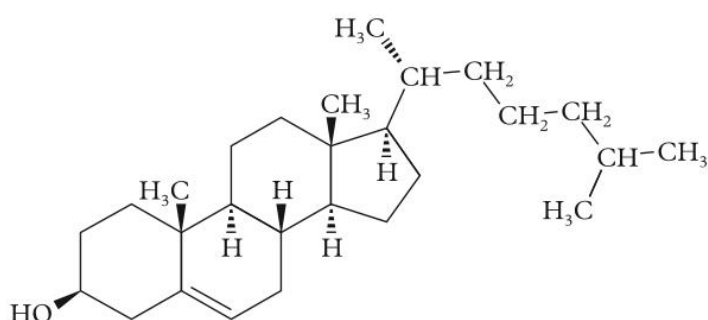
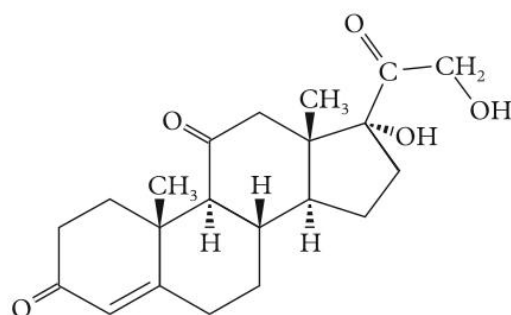
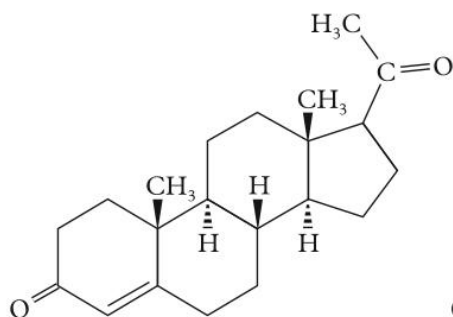
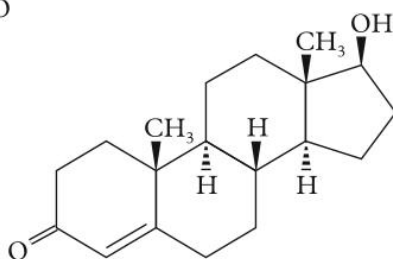
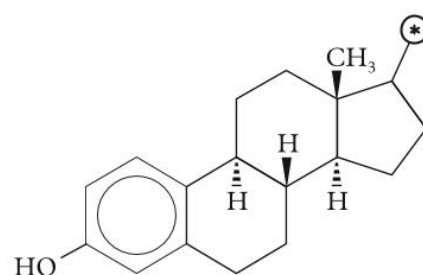


adrenaline, epinefrine


 $\text{---}(\text{*})\text{---} = \text{---I: thyroxine}$
 $\text{---}(\text{*})\text{---} = \text{---H: trijoodthyronine}$

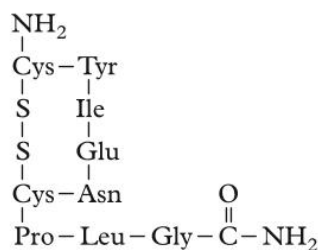
Steroïden

2

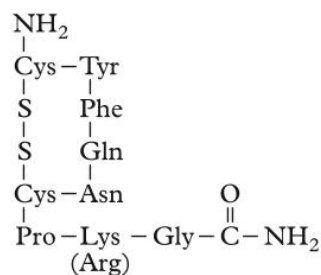

cholesterol ¹

cortison ²

progesteron ²

testosteron ²

 $\text{---}(\text{*})\text{---} = \text{---OH: oestradiol} ²$
 $\text{---}(\text{*})\text{---} = \text{=O: oestron} ²$

Peptidehormonen

3



ocytocine (oxytocine)

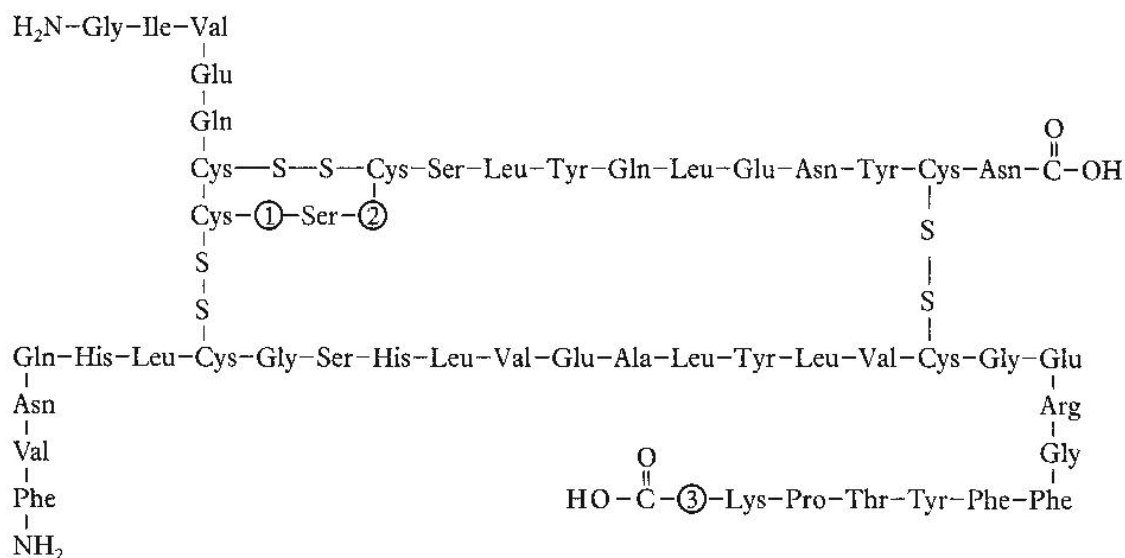


antidiuretisch hormoon (vasopressine)

■ Voor werking van de hormonen: zie tabel 89A.

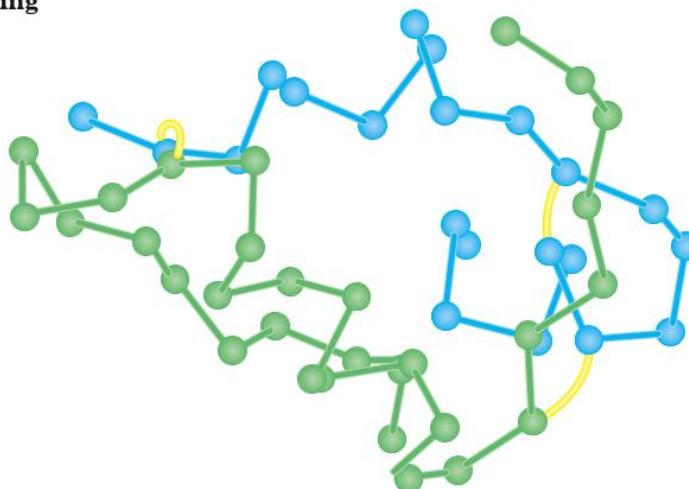
1 ► uitgangsstof voor steroïdhormonen

2 ► steroïdhormonen

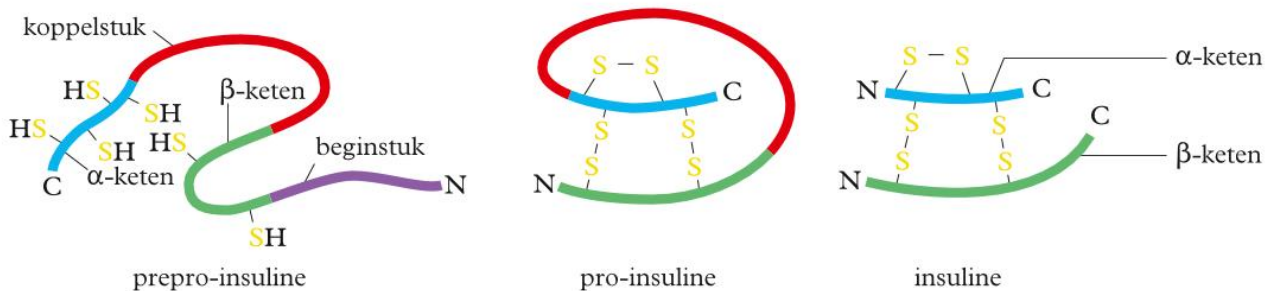


■ menseninsuline:	1 = threonine	2 = isoleucine	3 = threonine
■ varkensinsuline:	1 = threonine	2 = isoleucine	3 = alanine
■ runderinsuline:	1 = alanine	2 = valine	3 = alanine

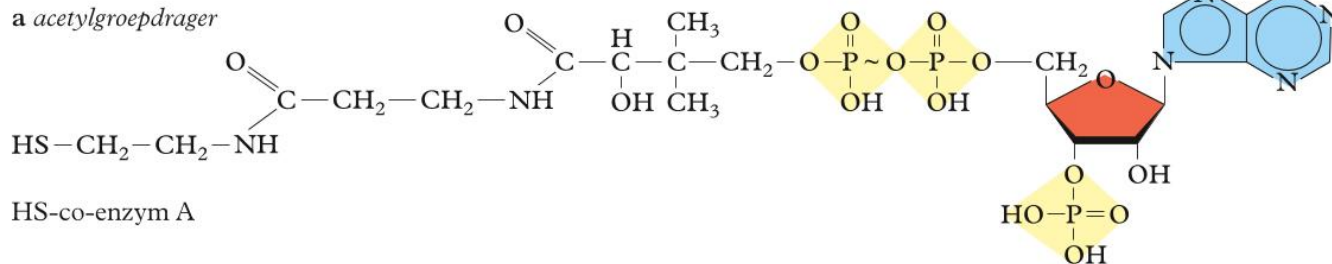
ruimtelijke voorstelling



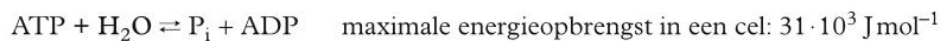
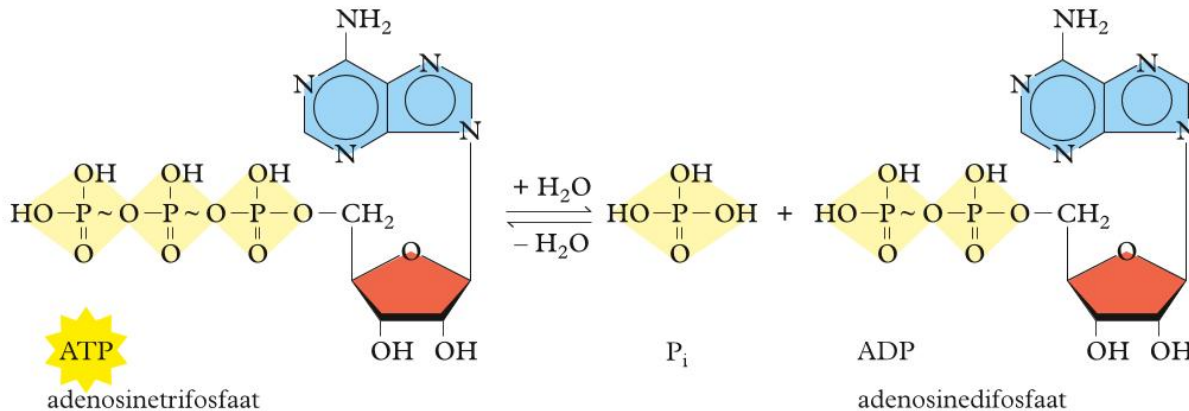
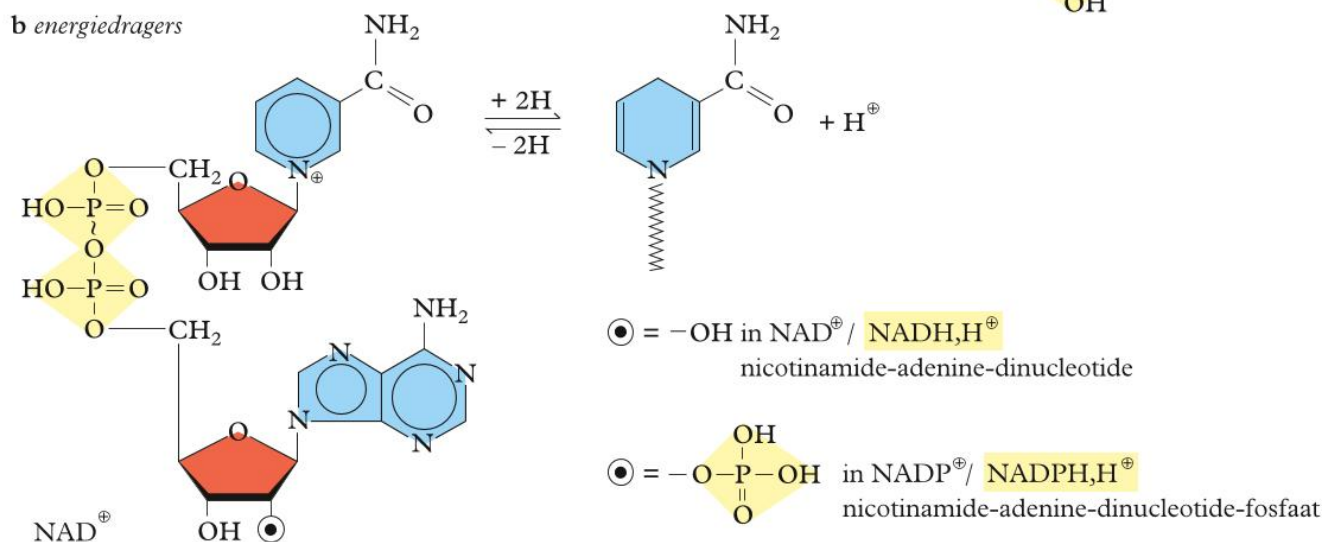
wordingsgeschiedenis



a acetylgroepdrager

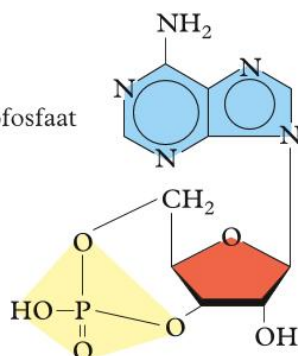


b energiedragers



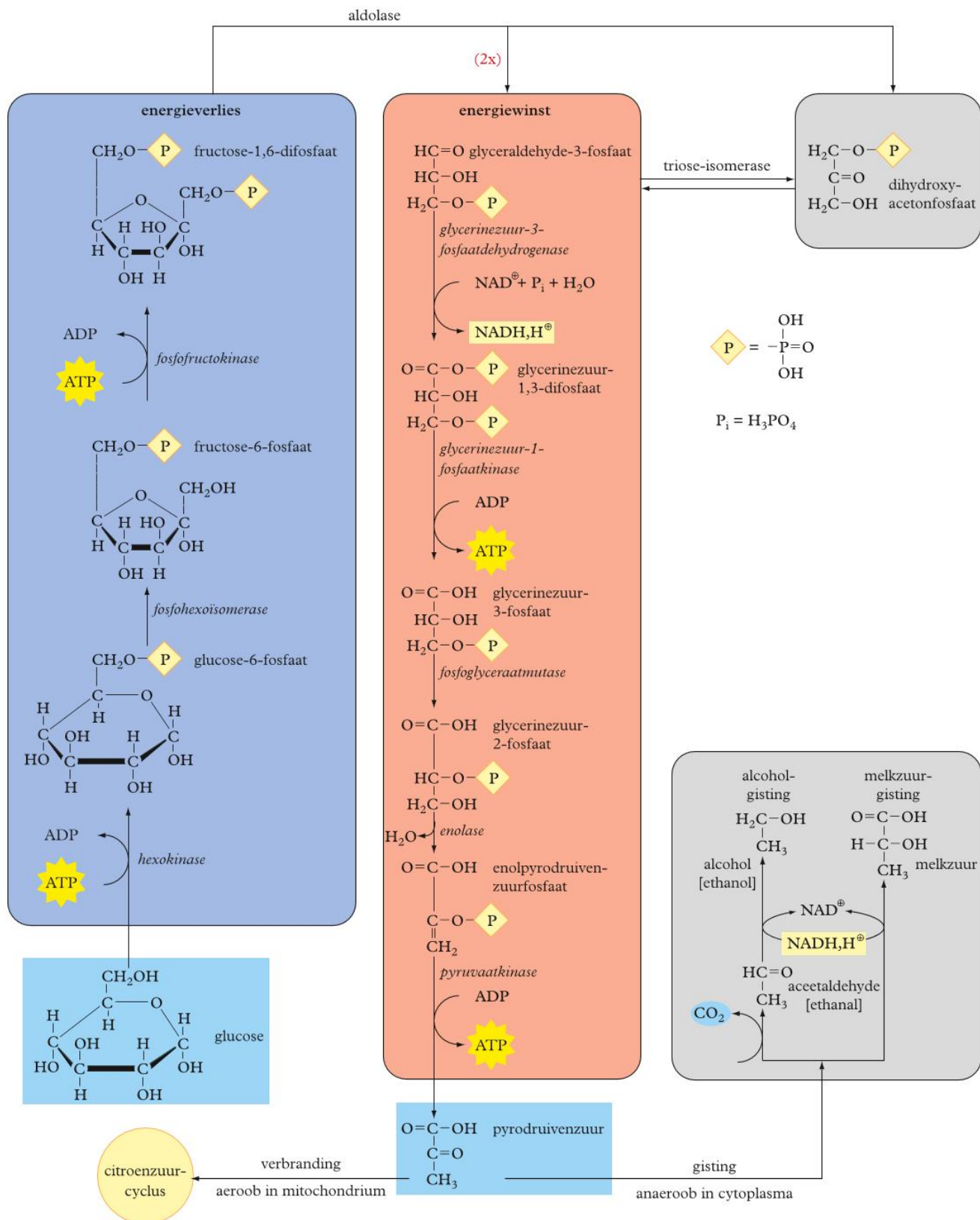
c signaaldrager

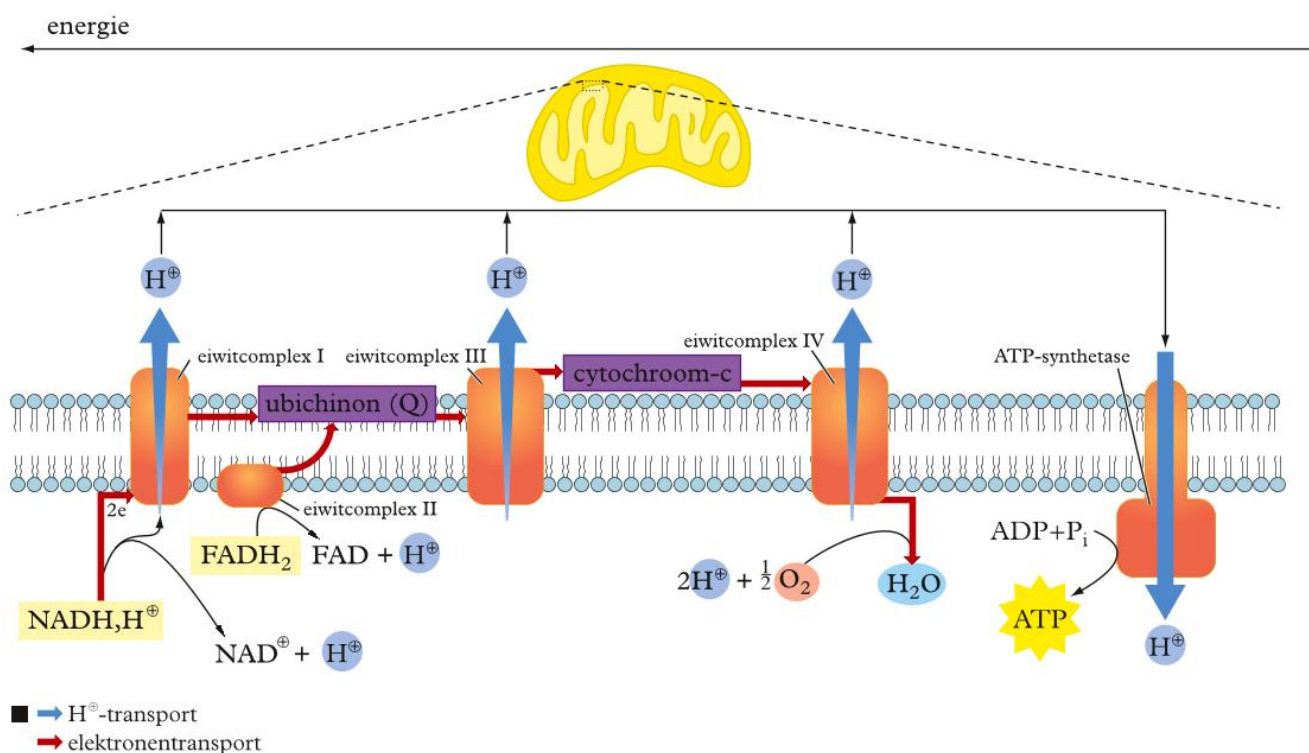
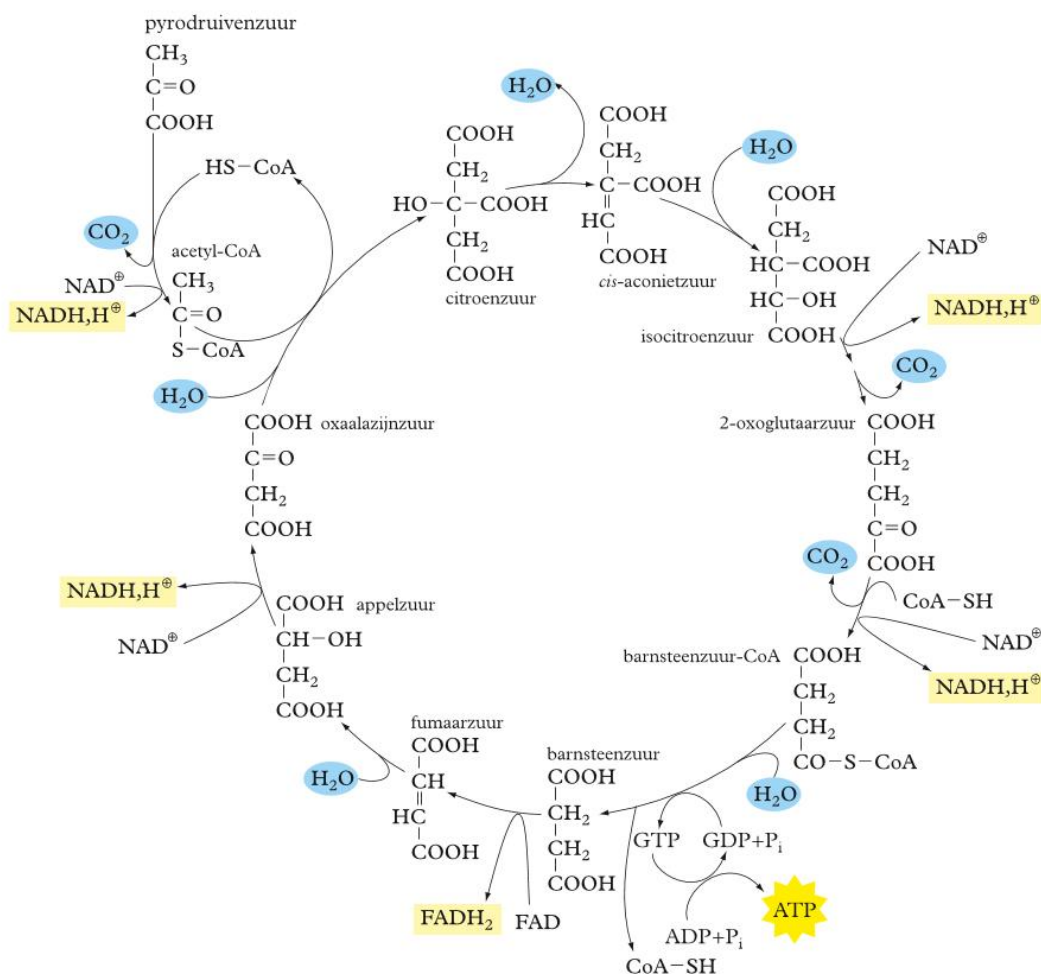
cyclisch AMP
cyclisch adenosinemonofosfaat

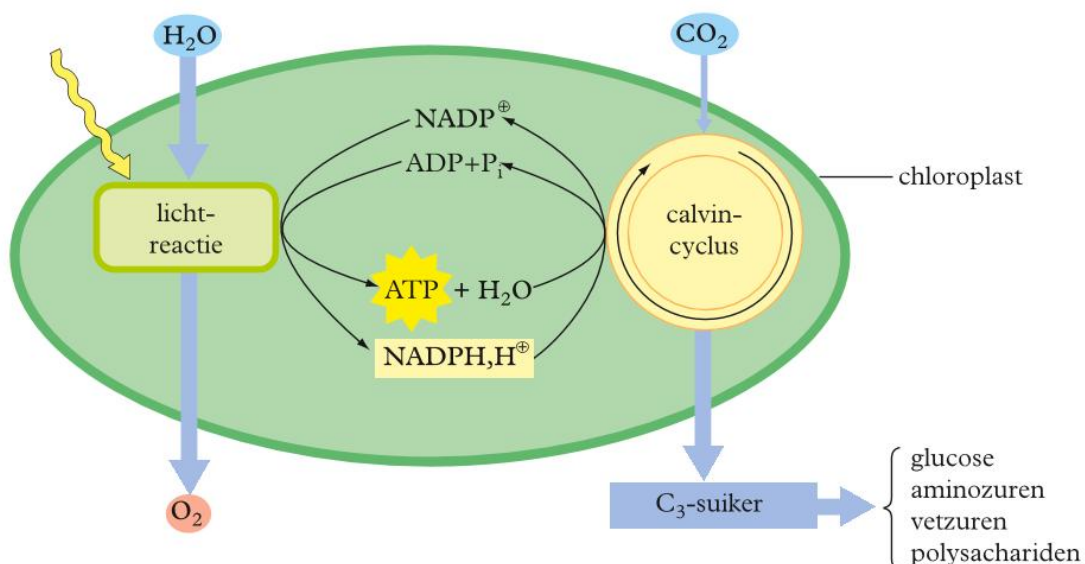
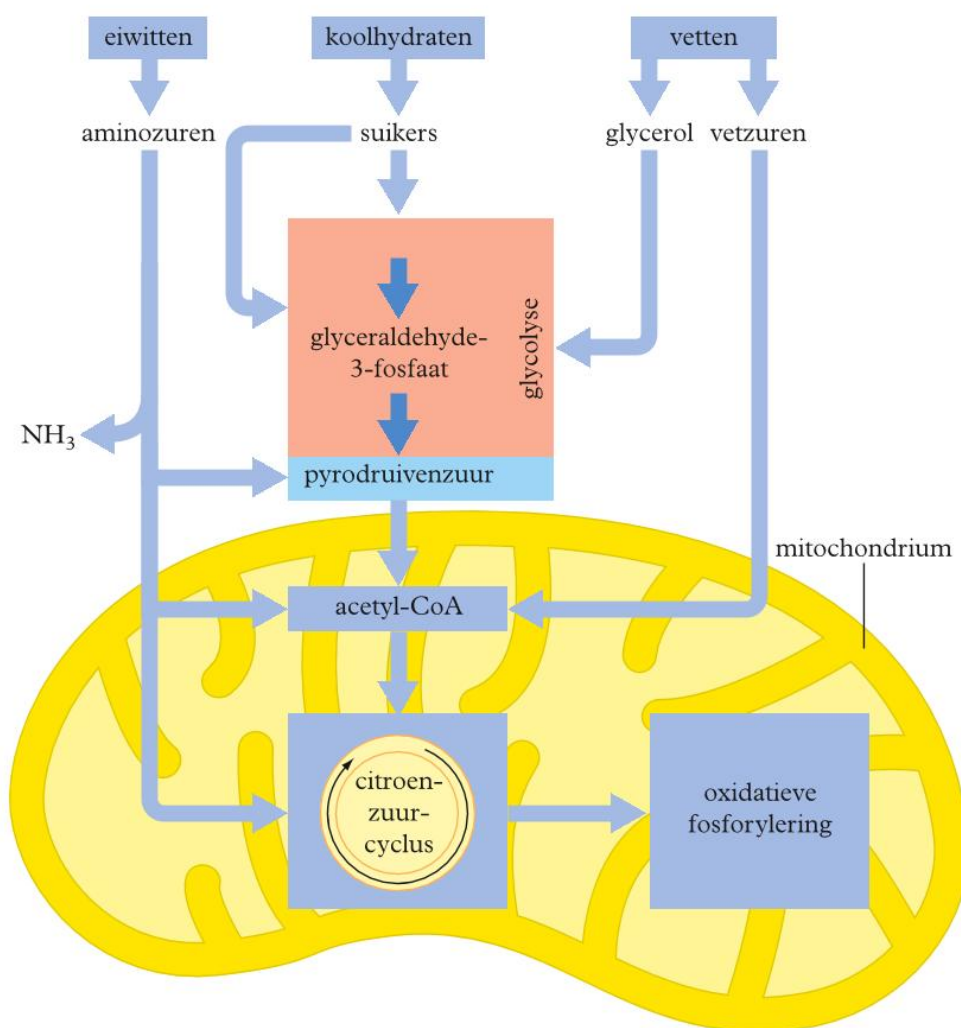


■ ~ = symbool voor een energierijke binding

■ P_i = anorganisch fosfaat







69

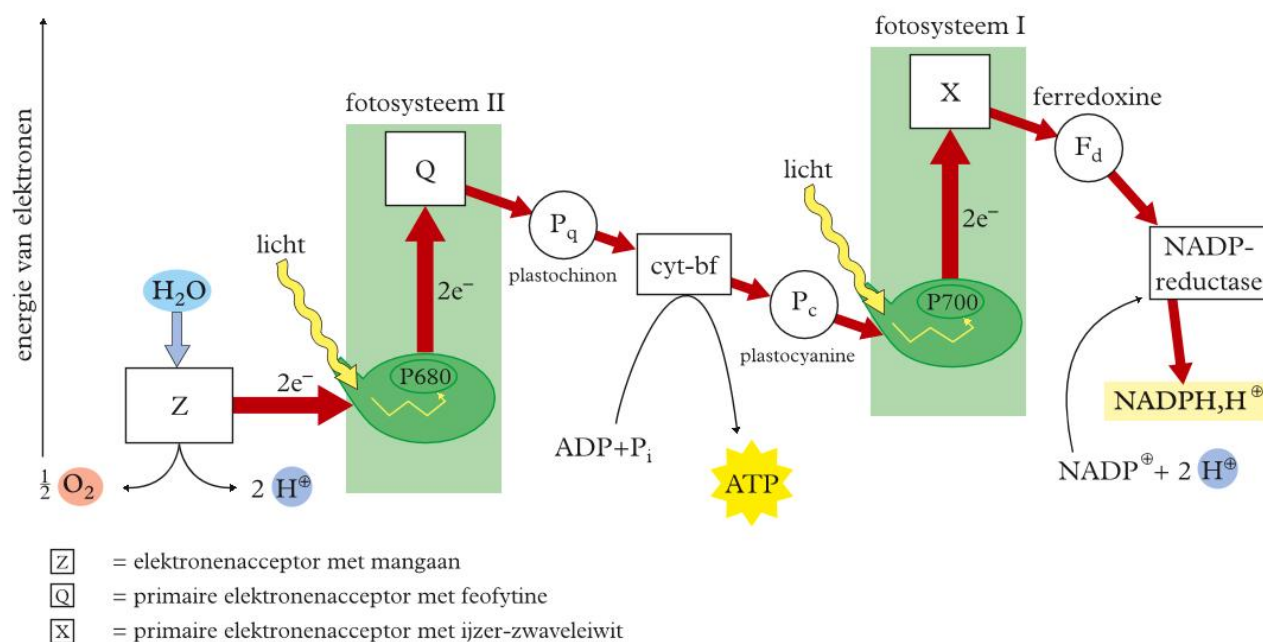
Fotosynthese

B

Lichtreactie

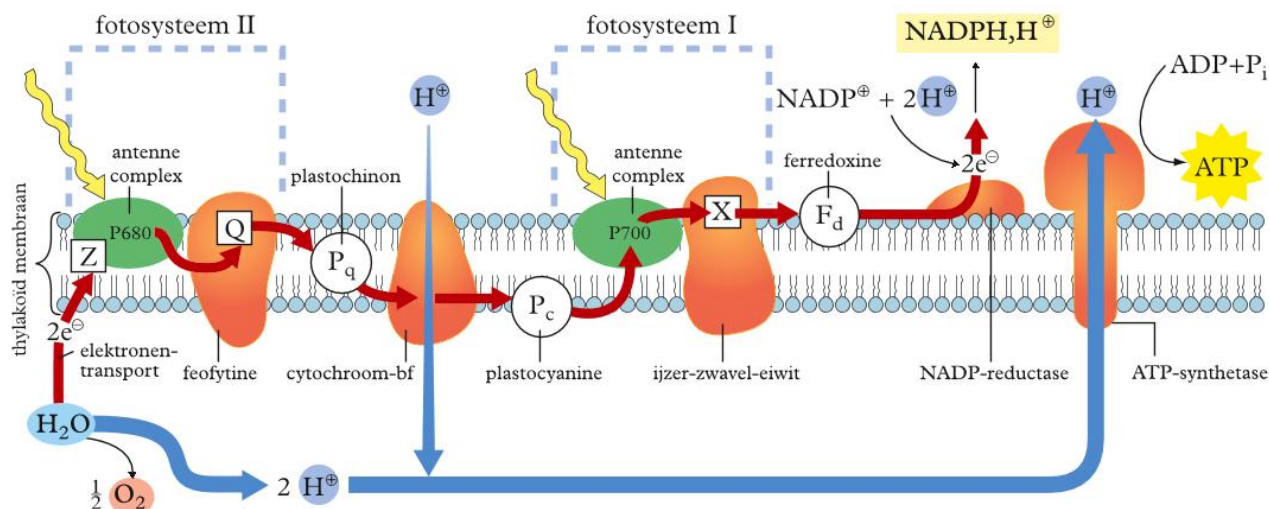
1

Niet-cyclische fotofosforylering: energieverloop



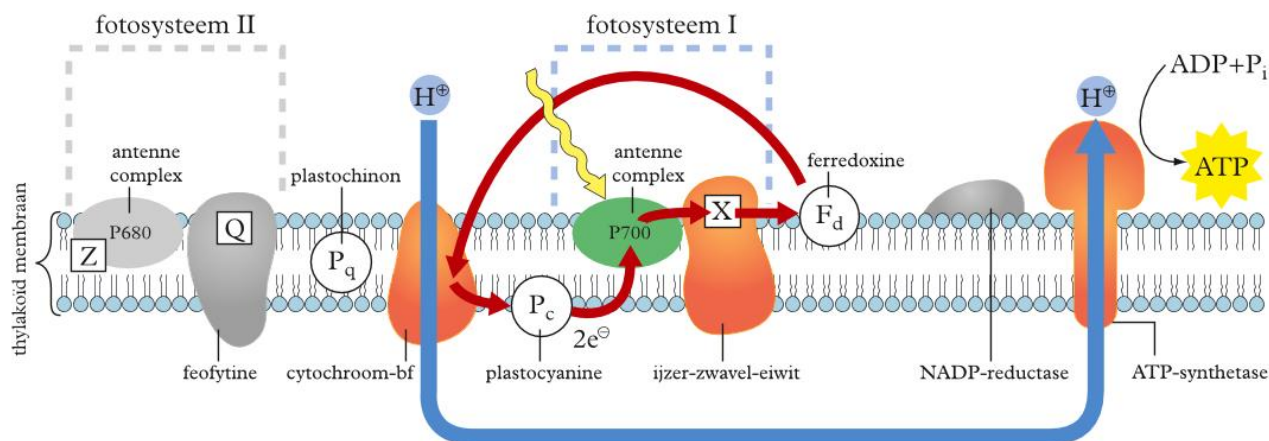
2

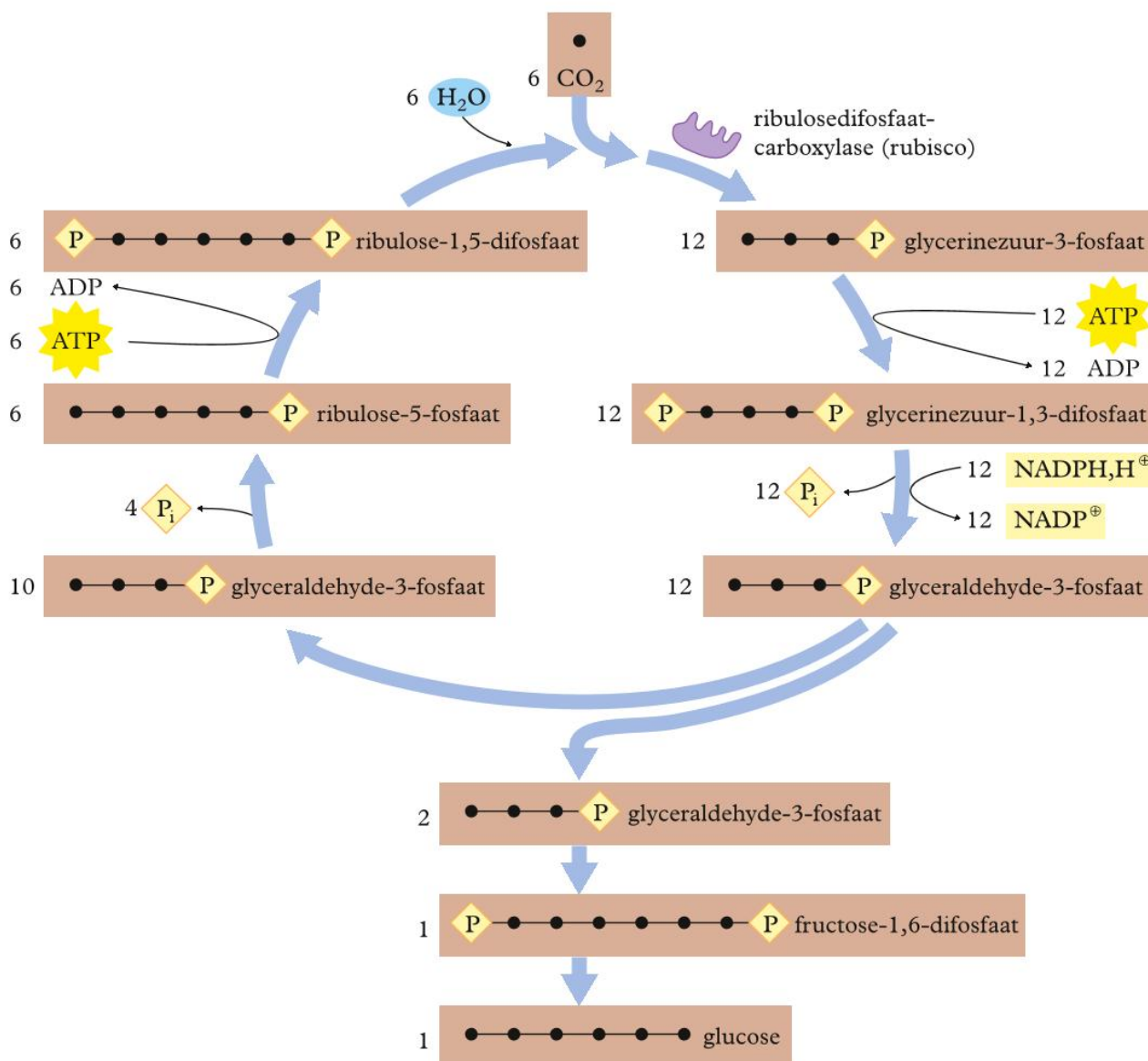
Niet-cyclische fotofosforylering: membraanreacties



3

Cyclische fotofosforylering: membraanreacties





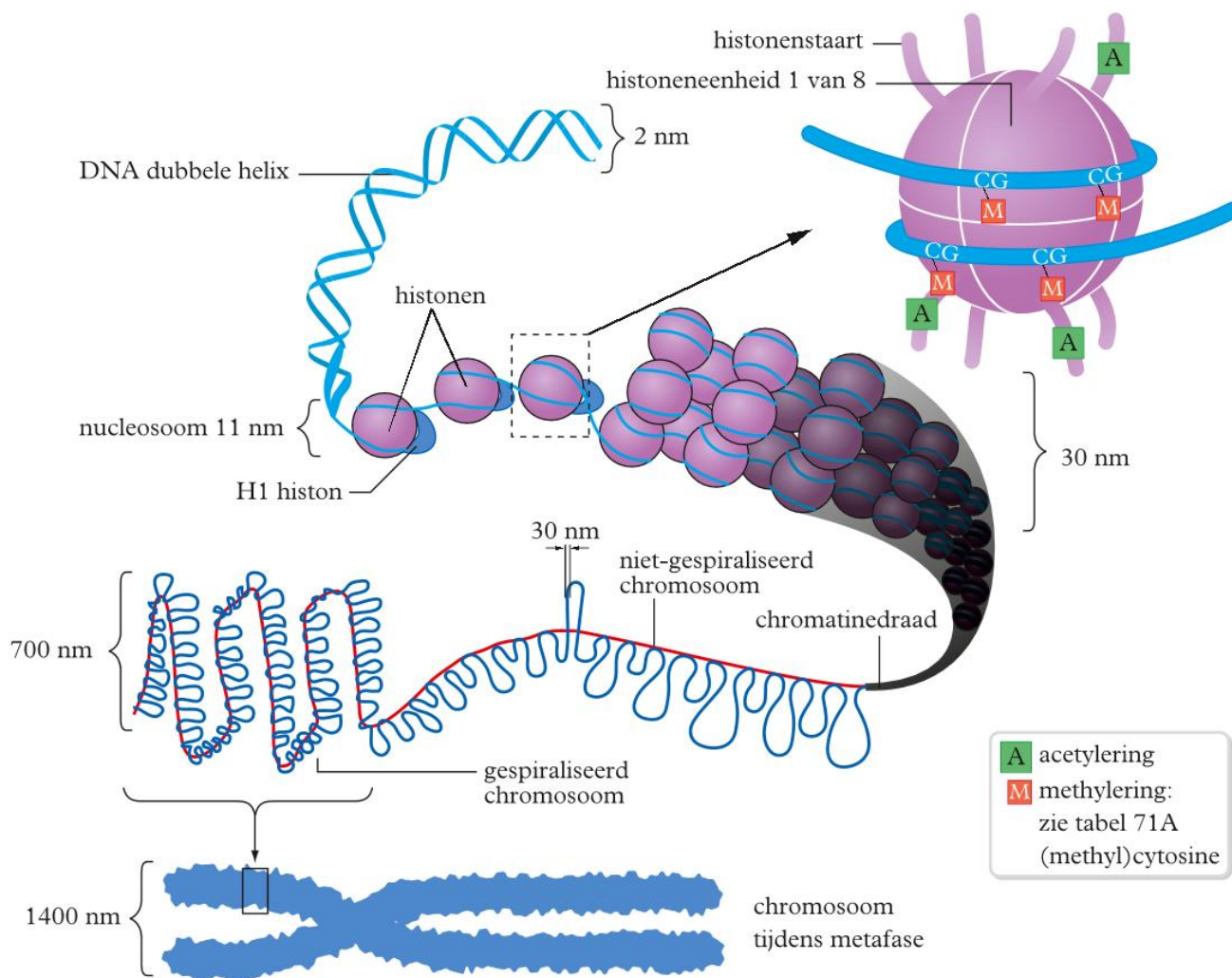
<i>chemo-autotrofen</i>	<i>reactie(s)</i>
zwavelbacteriën	$\text{S}^{2-} + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{energie} / 8 \text{ elektronen overdracht}$
o.a. Thiobacilli	$2 \text{S} + 6 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{energie} / 12 \text{ elektronen overdracht}$
	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{energie} / 8 \text{ elektronen overdracht}$
nitrietbacteriën	$2 \text{NH}_4^+ + 3 \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 4 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{energie} / 12 \text{ elektronen overdracht}$
o.a. Nitrosomonas	
nitraatbacteriën	$2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^- + \text{energie} / 4 \text{ elektronen overdracht}$
o.a. Nitrobacter	

70

Chromosomen van de mens

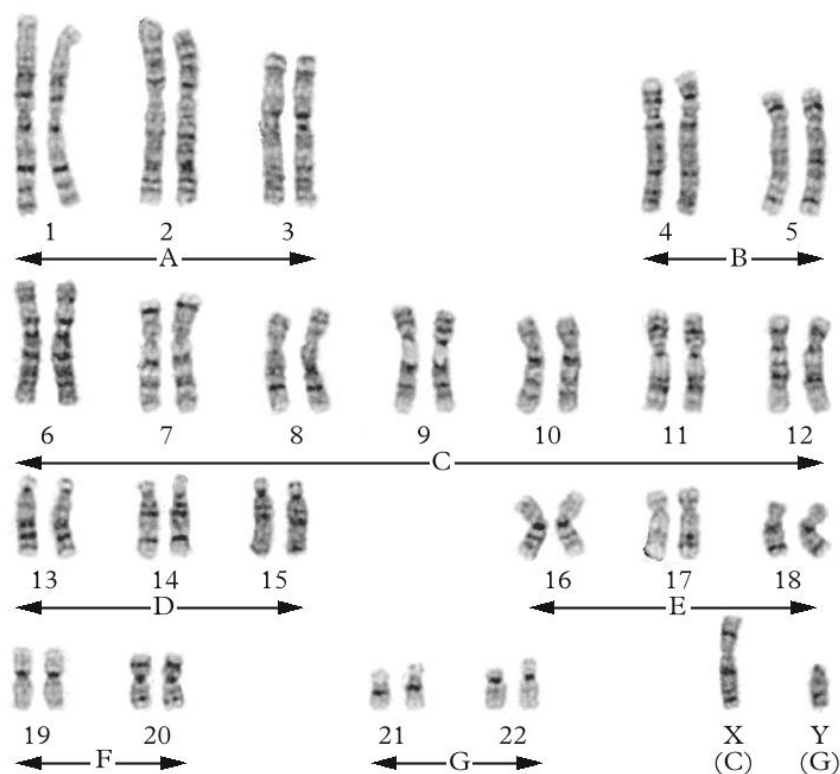
A

Structuur van een chromosoom



B

Karyogram



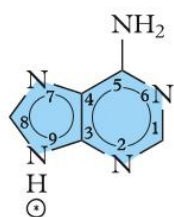


■ Het bandenpatroon berust op verschillende kleurmethoden.

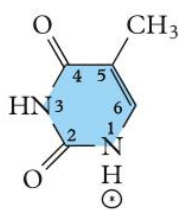
p = korte arm

q = lange arm

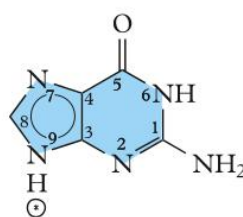
<i>gencode</i>	<i>omschrijving</i>	<i>plaats in genoom</i>
CASP9	caspase 9	1p36.21
RHCE	rhesusfactor	1p36.11
AMY1A, AMY2A	speeksel-, alvleesklieramylase	1p21
ACTA1	actine	1q42.13, 10q23.3
LCT	lactase	2q21
G6PC2	glucose-6-fosfatase	2q24.3
HOXD-serie	morfogeenese	2q31
DFNB59, DFNB31	erfelijke doofheid	2q31.2, 9q32-34
CASP8	caspase 8	2q33-34
GCG	glucagon	2q36.37
HRH1	histaminereceptor	3p25
RHO	rhodopsine	3q21-24
ADH (serie genen)	alcoholdehydrogenase(n)	4q23-24
IL2	interleukine 2	4q26-27
MN	MN-bloedgroep	4q28-31
TERT	telomerase reverse transcriptase	5p15.33
HDAC3	histondeacetylase	5q31
CD74	MHC klasse II	5q32
DRD1	dopaminereceptor	5q35.1
DRB3	mutant: diabetes mellitus type 1	6p21.3
ESR1	oestrogeenreceptor	6q25.1
TASR16	bittere-smaakreceptor	7q31
CFTR	mutant: taaislijmziekte	7q31.2
OPN1SW	opsine (blauw gevoelig)	7q32.1
SFTPC	longsurfactant	8p21
LPL	lipase	8p22
AB0	AB0-bloedgroep	9q34
MYO3a	myosine (een soort)	10p11.1
LIPF	maaglipase	10q23.3
PNLIP	alvleesklierlipase	10q26
INS	insuline	11p15.5
HBB	γ -hemoglobine	11p15
FSHB en CAT	FSH en katalase	11p13
APOA	apolipoproteïne (bloedlipiden)	11q23
MDM3	P53-remmer	12q14
PAH	PKU-keten	12q22-24.2
BRCA2	borstkanker	13q12.3
F7, F10	stollingsfactoren 7 en 10	13q34
ESR2	oestrogeenreceptor 2	14q23.2
IGH*	immunoglobuline: zware keten	14q32.33
OCA2	oculocutaan albinisme (huid+oog)	15q
DYX1C1	dyslexie	15q21.3
TPSAB1 en DNASE1	tryptase en deoxyribonuclease	16p13.3
FTO	obesitasrisicofactor	16q12.2
POLR2a	RNA-polymerase II (grootste eenheid)	17p13.1
TP53	apoptose-eiwit P53	17p31.1
GAST en BRCA1	gastrine en mutant: borstkanker	17q21
GH1, GH2	groeihormoon	17q24.2
MYP6	bijziendheid	18p11.31
LDLR	familiaire hypercholesterolemie	19p13.2
BMIQ6	lichaamsvet index	20p11.2
APP	mutant: Alzheimer	21q21.3
SF3A1	splicing factor 3a	22q12.2
DMD	mutant: veroorzaker Duchenne	Xp21.2
AR	testosteronreceptor	Xq12
OPN1LW	opsine (rood/groengevoelig)	Xq28



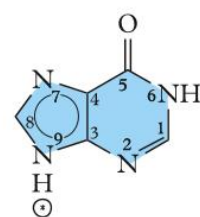
adenine (A)



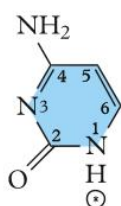
thymine (T)



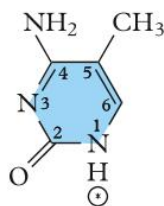
guanine (G)



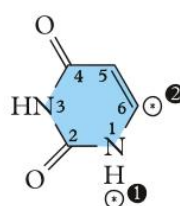
hypoxanthine (I)



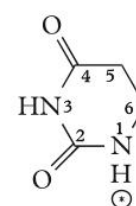
cytosine (C)



methylcytosine



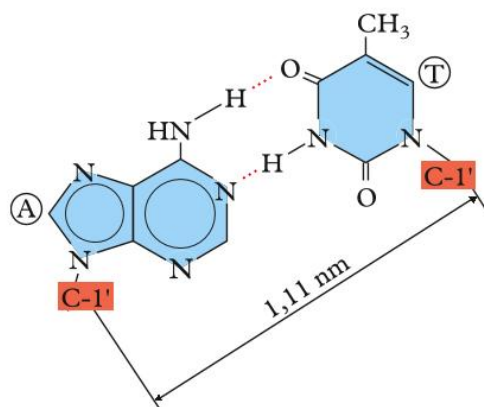
① uracil (U)
② pseudoüracil (Ψ)

dihydroüracil (UH₂)

■ ⊙ = aanhechtingsplaats aan ribose of deoxyribose

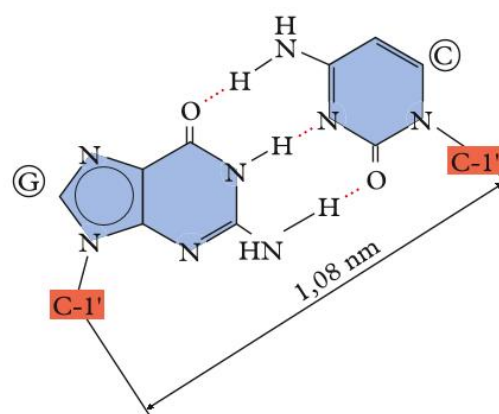
Basenkoppels

B



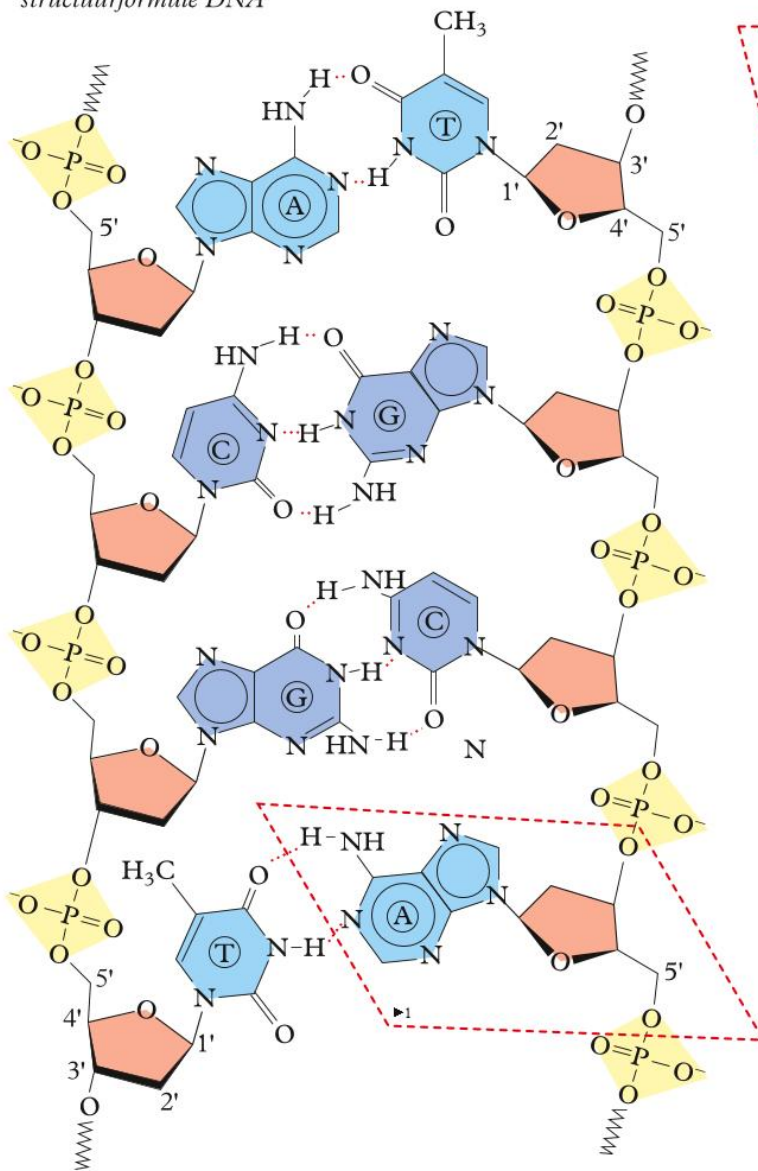
De binding tussen adenine en thymine in DNA;
er zijn twee H-bruggen.

■ In RNA neemt de base U de plaats in van de base T in DNA.



De binding tussen guanine en cytosine in DNA;
er zijn drie H-bruggen.

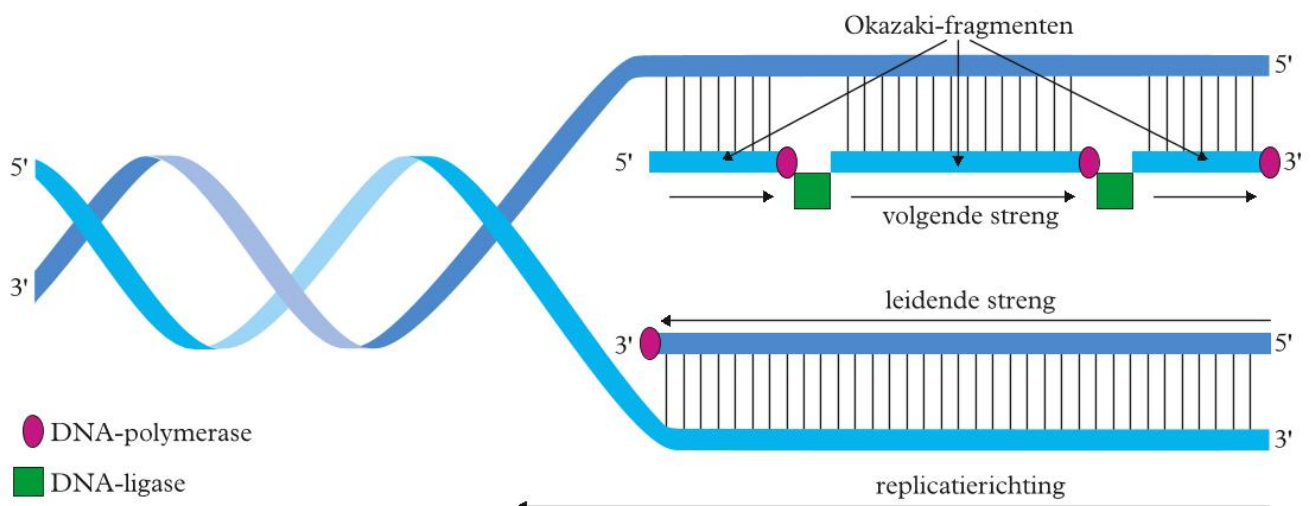
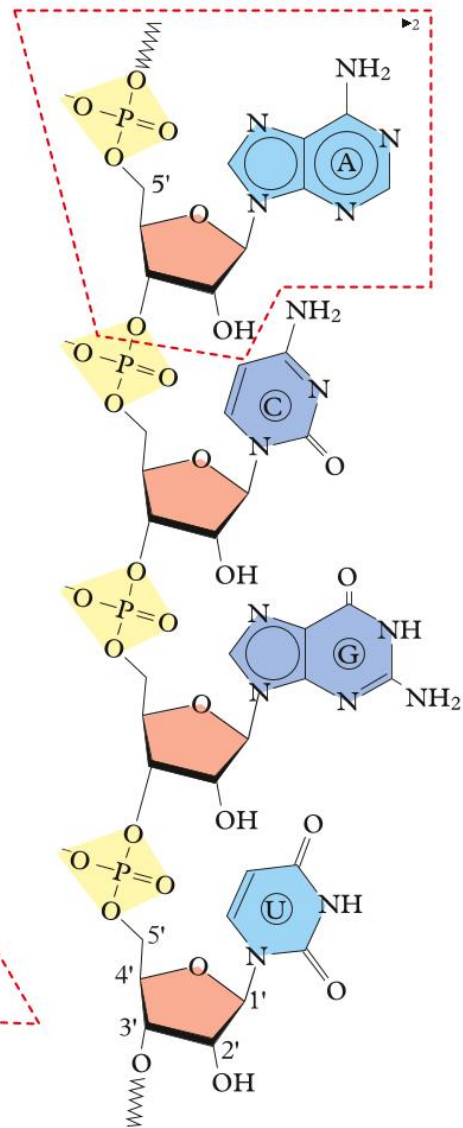
structuurformule DNA

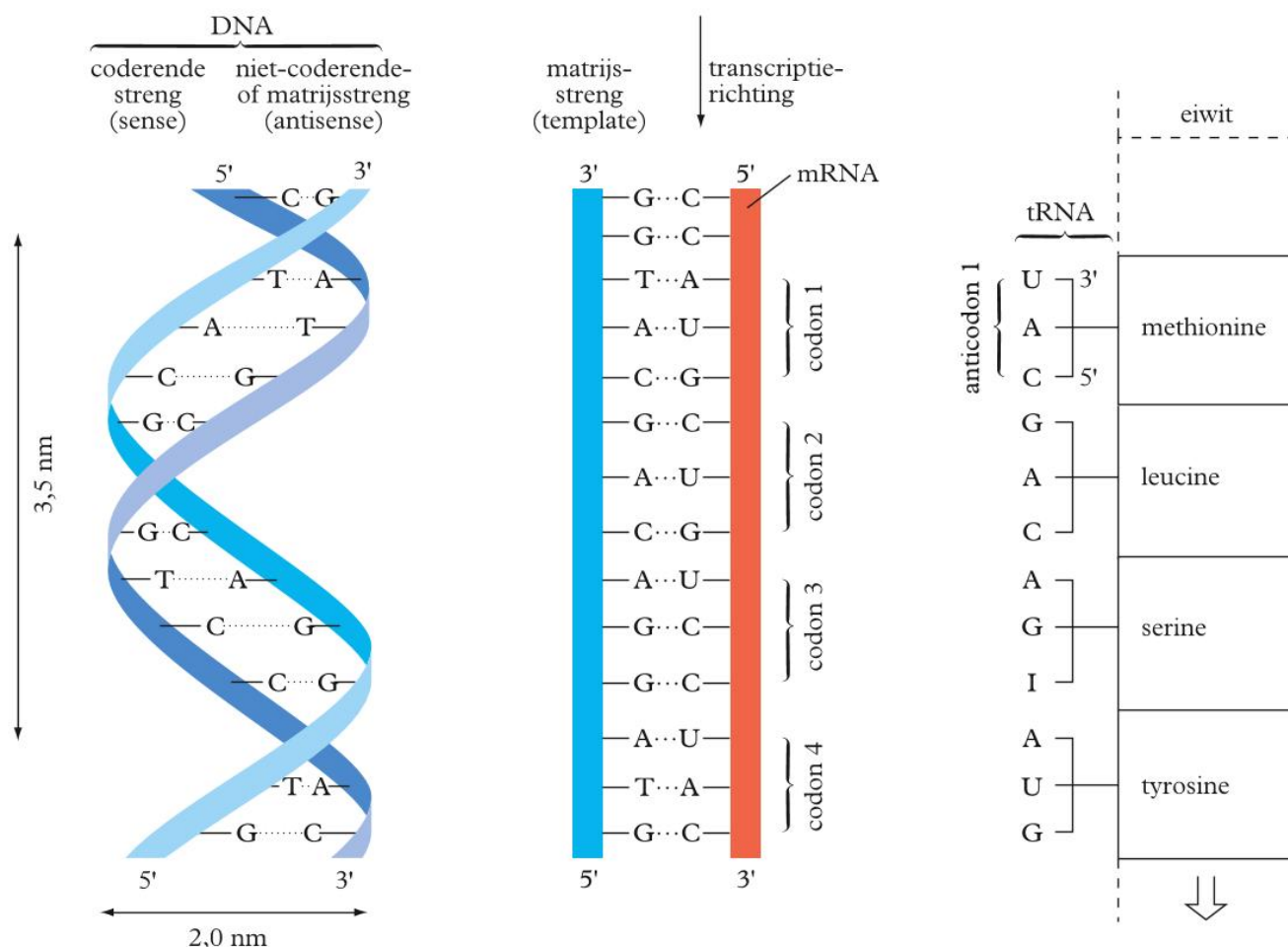


1 ► nucleoside

2 ► nucleotide

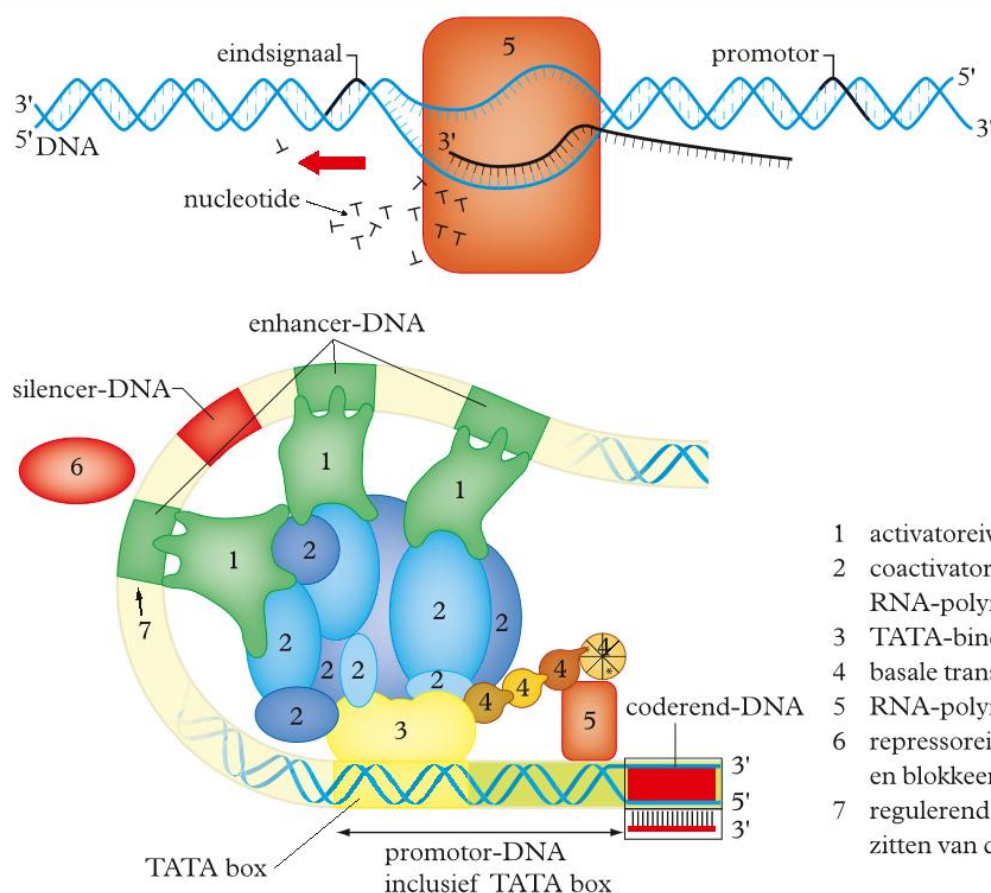
structuurformule RNA





Schema regeling transcriptie

F

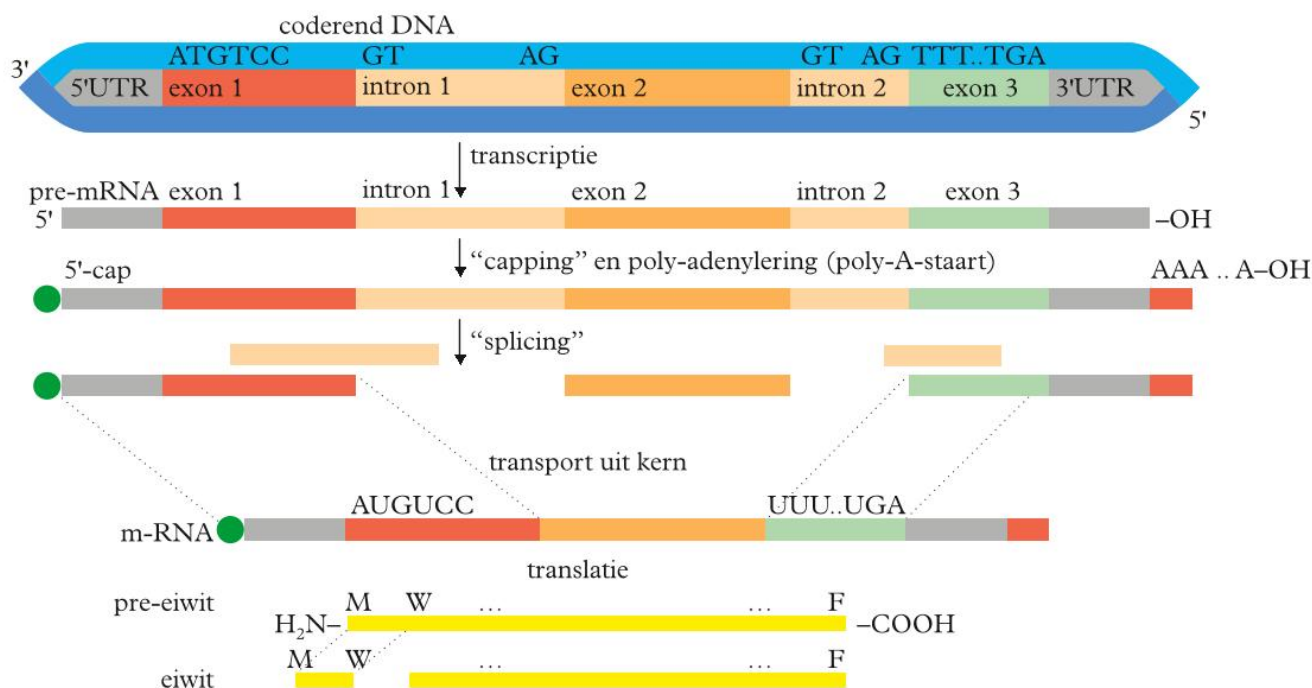


- 1 activator-eiwitten, specifiek voor een gen
- 2 coactivator-eiwitten, algemeen voor één RNA-polymerasetype
- 3 TATA-bindende transcriptiefactor
- 4 basale transcriptiefactoren
- 5 RNA-polymerase (II)
- 6 repressor-eiwit: kan aan silencer binden en blokkeert daarmee activatorbinding
- 7 regulerend DNA: kan op grote afstand zitten van de TATA-box

	<i>aminozuren</i>	<i>symbolen</i>		<i>codons in het m-RNA</i>	<i>opmerkingen geldend bij de mens</i>
1	Alanine	Ala	A	GCA, GCG, GCU/C	U/C = w= wiebelbase 100% gelezen door t-RNA CGI
2	Arginine	Arg	R	AGA, AGG, CGA, CGG, CGU/C	w 100% gelezen door t-RNA GCI
3	Asparagine	Asn	N	AAU/C	w ±97% gelezen door t-RNA UUG
4	Asparaginezuur	Asp	D	GAU/C	w 100% gelezen door t-RNA CUG
5	Cysteine	Cys	C	UGU/C	w 100% gelezen door t-RNA ACG
6	Glutamine	Gln	Q	CAA, CAG	
7	Glutaminezuur	Glu	E	GAA, GAG	
8	Glycine	Gly	G	GGA, GGG, GGU/C	w 100% gelezen door t-RNA CCG
9	Histidine	His	H	CAU/C	w 100% gelezen door t-RNA GUG
10	Isoleucine	Ile	I	AUA, AUU/C	w ±92% gelezen door t-RNA UAA
11	Leucine	Leu	L	UUA, UUG, CUA, CUG, CUU/C	w 100% gelezen door t-RNA GAI
12	Lysine	Lys	K	AAA, AAG	
13	Methionine	Met	M	AUG	alleen in mitochondria ook AUA
14	Fenylalanine	Phe	F	UUU/C	w 100% gelezen door t-RNA AAG
15	Proline	Pro	P	CCA, CCG, CCU/C	w 100% gelezen door t-RNA GGI
16	Serine	Ser	S	UCA, UCG, UCU/C, AGU/C	2 x w resp 100% gelezen door t-RNA AGI, UCG
17	Threonine	Thr	T	ACA, ACG, ACU/C	w 100% gelezen door t-RNA UGI
18	Tryptofaan	Trp	W	UGG	alleen in mitochondria ook UGA
19	Tyrosine	Tyr	Y	UAU/C	w ±90% gelezen door t-RNA AUG
20	Valine	Val	V	GUA, GUG, GUU/C	w 100% gelezen door t-RNA CAI
	startcodon	Met	M	AUG	vaak na eiwitvoltooiing weer afgekoppeld
	stopcodons	stop		UAA, UAG, UGA	alleen in mitochondria ook AGA en AGG, maar UGA is daarin geen stopcodon I in t-RNA=inosine

<i>eerste base</i>	<i>tweede base</i>				<i>derde base</i>
5' einde	U	C	A	G	3' einde
U	F	S	Y	C	U of C
	L	S	stop	stop	A
	L	S	stop	W	G
C	L	P	H	R	U of C
	L	P	Q	R	A of G
A	I	T	N	S	U of C
	I	T	K	R	A
	M start	T	K	R	G
G	V	A	D	G	U of C
	V	A	E	G	A of G

■ Structuurformules van de aminozuren: zie tabel 67H1.



■ UTR Untranslated region met regulerende functie

■ Grootste aantal exonen per gen bij de mens: 363, langste menselijk exon: 7600 basen, langste menselijk intron: ~800 000 basen

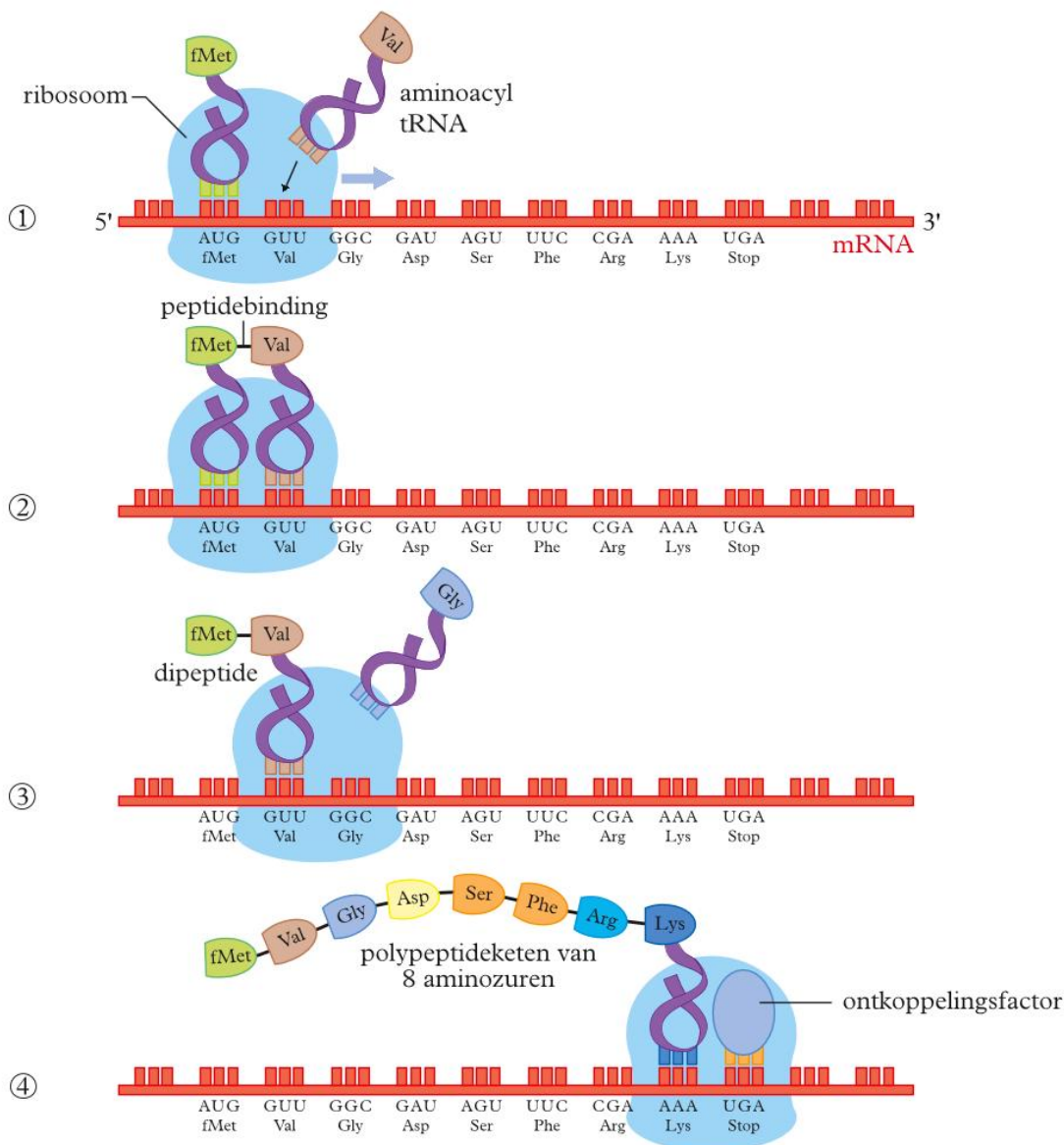
DNA-reparatie

I

<i>type schade</i>	<i>reparatie</i> ¹	<i>bijzonderheden</i> ²
verkeerde base	basevervangingsreparatie (BER)	veel mechanismen - meest voorkomende
enkelvoudige ketenbreuk		relatief eenvoudige reparatie
fout in nucleotidenstructuur	nucleotidevervangingsreparatie (NER)	relatief eenvoudige reparatie
DNA dubbele breuk	recombinatiereparatie	reparatie is moeilijker - grotere kans op mislukking
Verkeerde verbinding tussen de twee ketens		
A-G fout	mismatchreparatie (MMR)	reparatie is moeilijker - grotere kans op mislukking
C-T fout		
deletie		
insertie		
indien aangeboren:	geen	erfelijke ziekte zoals:
puntmutatie, chromosoommutatie		taaislijmziekte (CF) - puntmutatie:
deletie of insertie		Xeroderma pigmentosa: NER werkt niet goed
		erfelijke darmkanker: MMR werkt niet goed

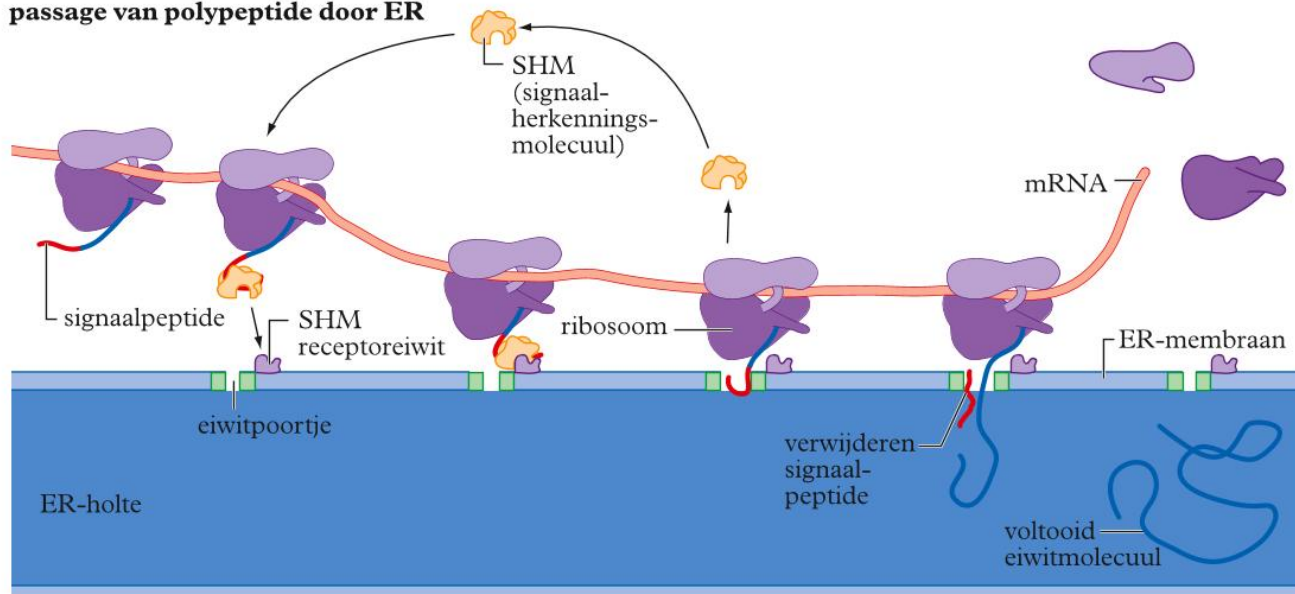
1 ► In verband met een controlesysteem zijn DNA-reparaties altijd complexe reacties met vele eiwitten.

2 ► Niet-repareerbaar DNA leidt of tot apoptose, of tot veroudering van DNA met kans op begin van kanker.



■ fMet = methionine aan het begin van de peptideketen

passage van polypeptide door ER



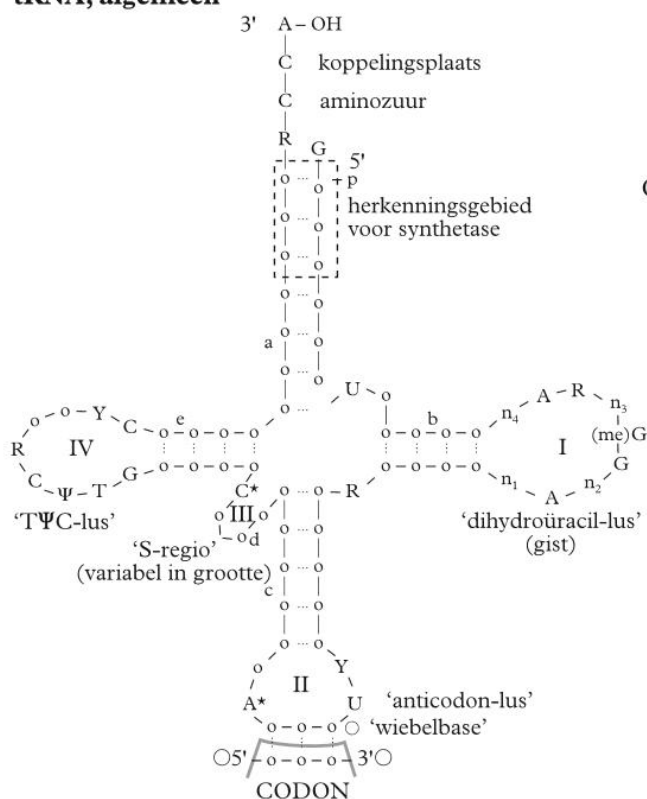
afkorting	type RNA
mRNA	messenger RNA
tRNA	transport RNA
rRNA	ribosomaal RNA
miRNA	micro RNA
snRNA	small nuclear RNA

afkorting	type RNA
snoRNA	small nucleolar RNA
aRNA	antisense RNA
	telomerase RNA
siRNA	small interfering RNA
RNAi	interferentie RNA

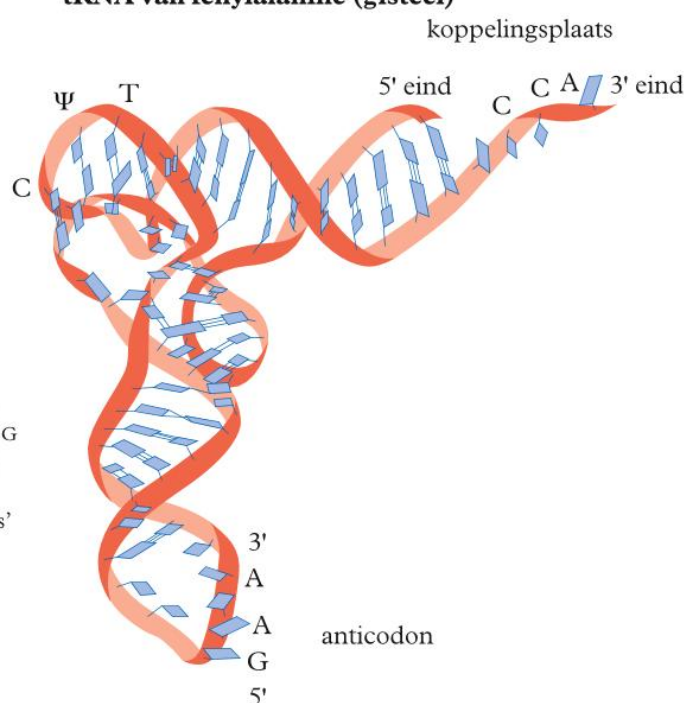
Structuren van tRNA

2

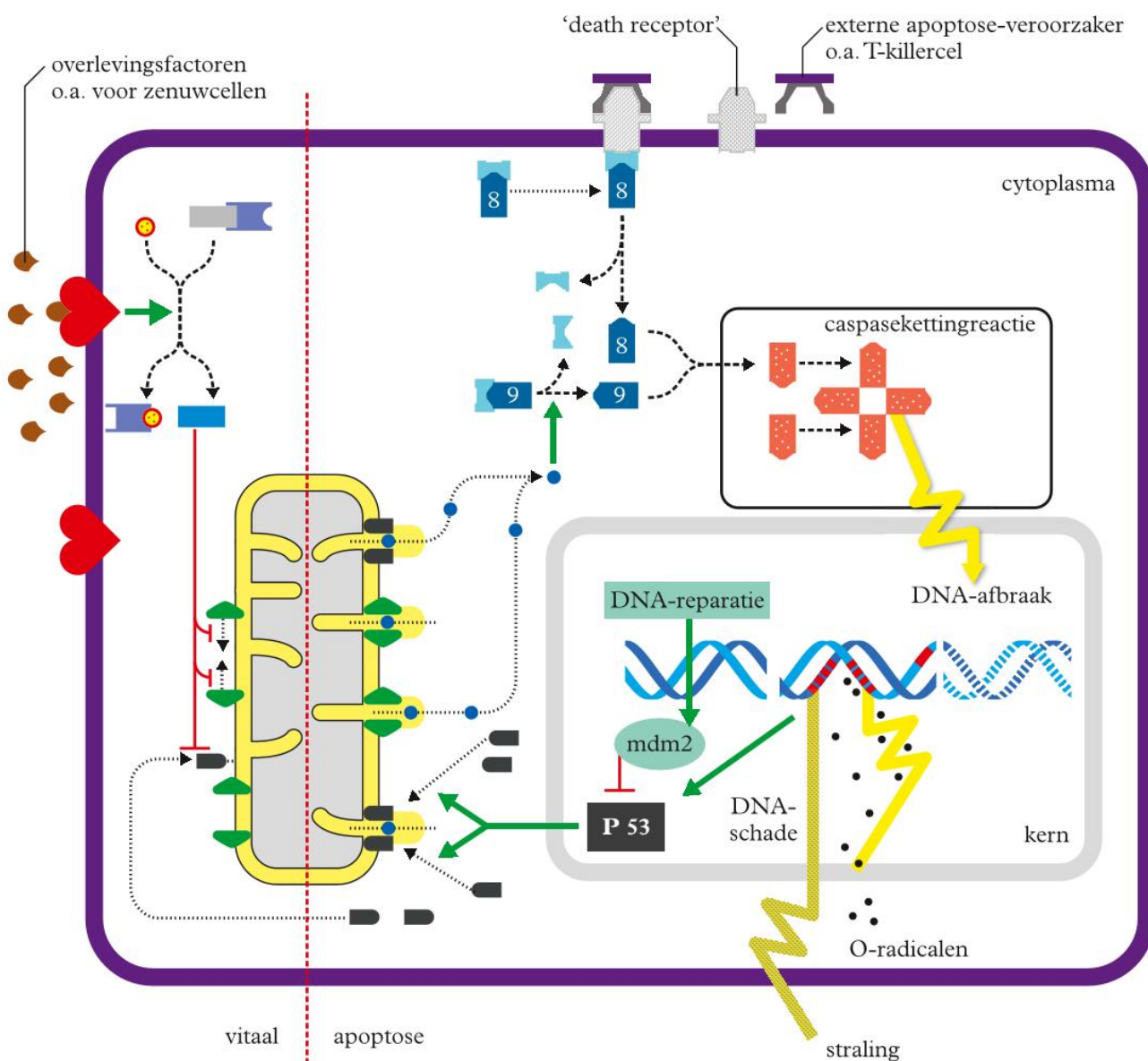
tRNA, algemeen



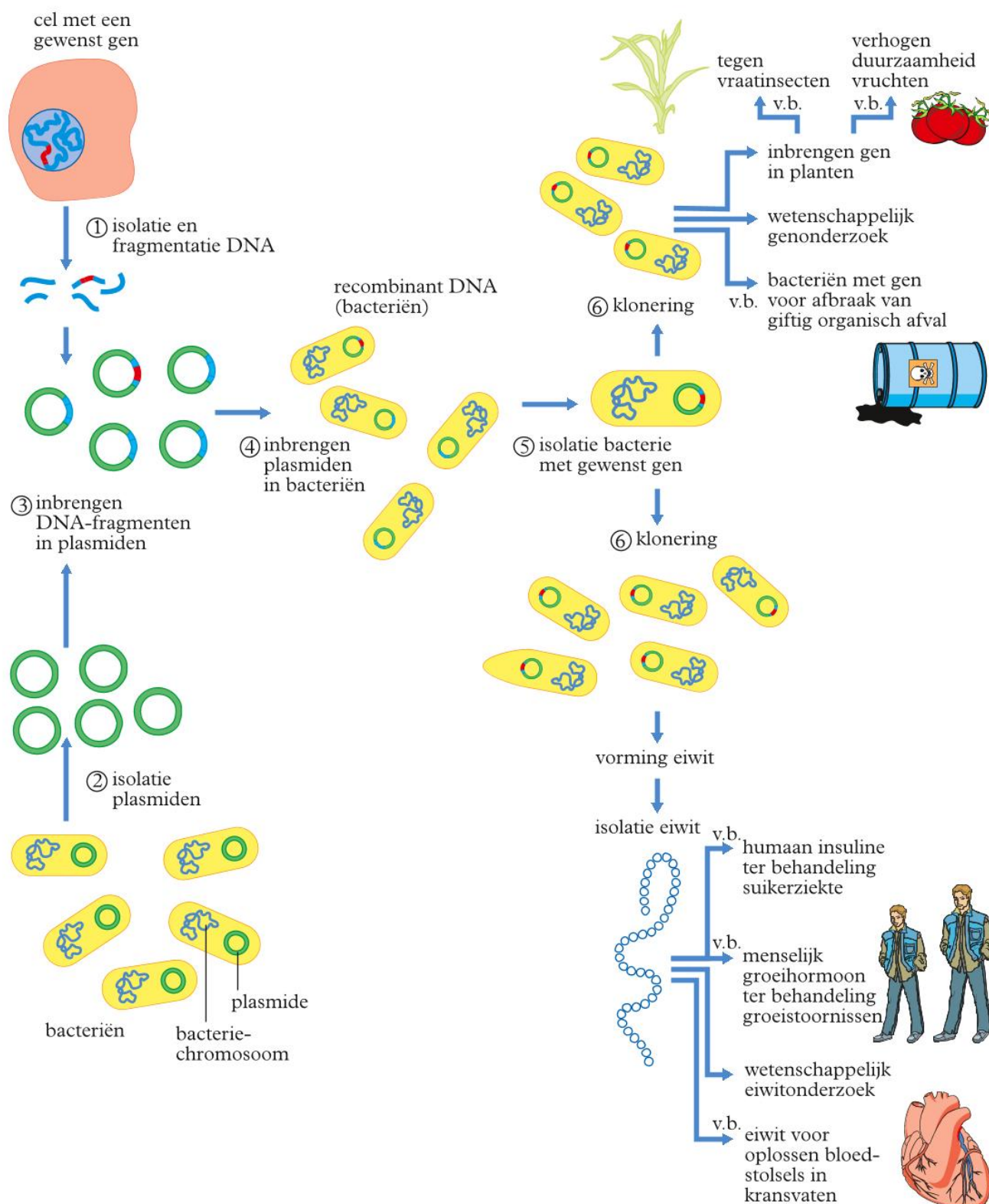
tRNA van fenylalanine (gistcel)



symbolen	verklaring
I, II, III en IV	'lussen' (gebieden zonder basenparing)
a, b, c, d en e	helixgebieden (met basenparing), of 'armen'
o	nucleotiden; basenparing is aangegeven met een puntlijn
R en Y	purine- en pyrimidinenucleotiden
T en Ψ	ribothymidine en pseudoüridine
*	gewijzigde base
n1, n2, n3 en n4	resp. 0-1, 1-3, 1-3 en 0-2 nucleotiden in dihydrouracil-lus



- | | |
|--|---|
|  Bad, activator |  adaptoreiwit |
|  Bcl-2, apoptoseremmer |  procaspase 8 of 9 |
|  inactief BCL-2 |  caspase 8 of 9 veroorzaakt kettingreactie |
|  Bak, geeft als groepje membraanlekkage |  diverse andere caspases |
|  Bax, geeft als groepje membraanlekkage |  stimuleert |
|  cytochroom-c |  remt |
|  actieve fosfaatgroep |  proces |
| |  verplaatsing |



71

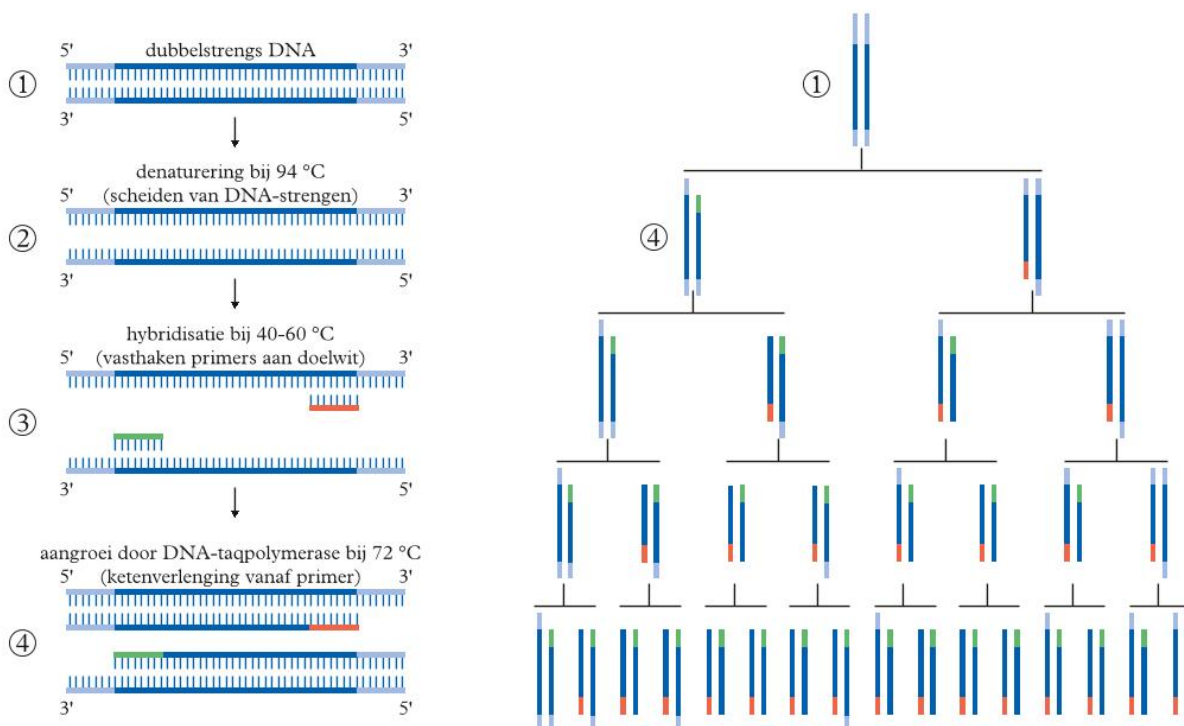
DNA/RNA

M

DNA-techniek

2

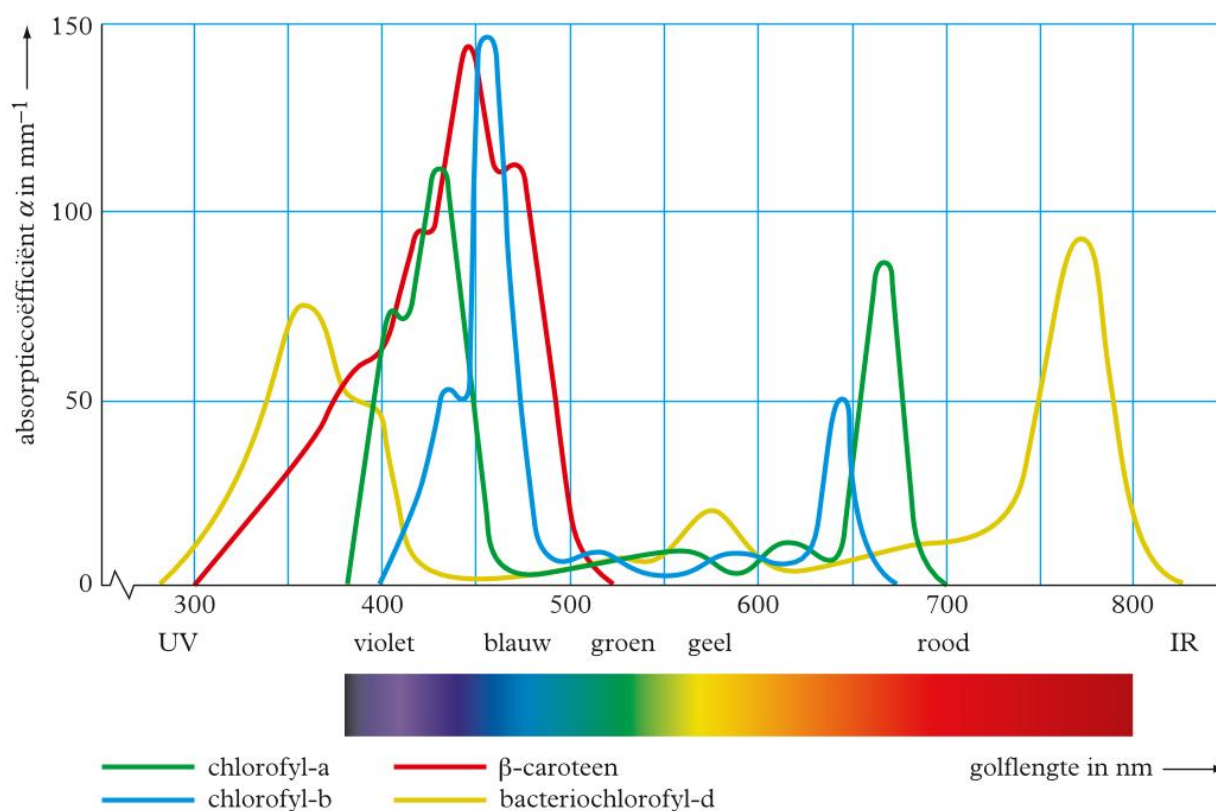
Polymerase-kettingreactie (PCR-methode)



■ Bij deze techniek is een speciale warmtebestendige DNA-taqpolymerase nodig (taq = *Thermus aquaticus*).

72

Absorptiespectra van enkele fotopigmenten



■ $\alpha = \epsilon [A] l$; zie tabel 37E.

relatieve meeloopsnelheden in loopvloeistof petroleumether 92% / aceton 8%

<i>pigment</i>	<i>Rf-waarde</i>	<i>pigment</i>	<i>Rf-waarde</i>
β -caroteen	0,98	chlorofyl-a	0,38
α -caroteen	0,78	chlorofyl-b	0,21
luteïne (bladxanthofyl)	0,69	andere pigmenten	0,00
violaxanthol	0,55		

pH-traject van enkele lichaamsvloeistoffen

74

<i>lichaamsvloeistof</i>	<i>pH-traject</i>	<i>lichaamsvloeistof</i>	<i>pH-traject</i>
bloed	7,3 - 7,5	speeksel	6,5 - 7,5
darminhoud	4,8 - 8,0	urine	4,8 - 8,4
gal	6,8 - 7,0	zweet	3,8 - 6,5
maaginhoud	1,0 - 3,0		

Osmotische waarden

75

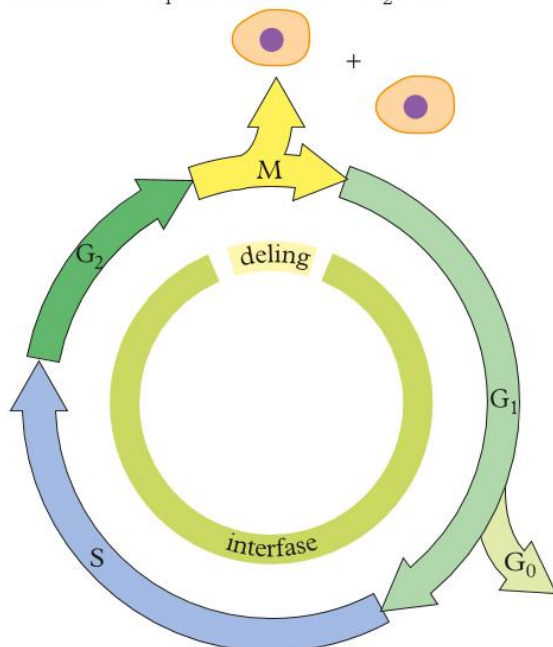
gemeten bij $T = 293 \text{ K}$ en $p = p_0$

	<i>massa in 100 g water</i>	<i>concentratie g L⁻¹</i>	<i>concentratie 10⁻³ mol L⁻¹</i>	<i>osmotische waarde 10⁶ Pa</i>
D-fructose	0,5	5,0	28	0,06
D-glucose	1,0	10,0	56	0,13
	2,0	20,1	112	0,27
	3,0	30,3	168	0,42
	4,0	40,6	225	0,57
	5,0	50,9	282	0,71
	6,0	61,3	340	0,87
	7,0	71,8	398	1,03
	8,0	82,4	457	1,19
	9,0	93,1	516	1,35
	10,0	103,9	576	1,52
	15,0	159,0	881	2,46
NaCl	0,5	5,0	86	0,39
	1,0	10,1	172	0,77
	2,0	20,2	346	1,54
	3,0	30,6	523	2,34
	4,0	41,1	703	3,15
	5,0	51,7	885	3,96
	6,0	62,5	1069	4,76
	7,0	73,4	1256	5,53
	8,0	84,5	1445	6,29
ureum	1,0	10,0	167	0,40
	2,0	20,1	334	0,79
	3,0	30,2	503	1,20
	5,0	50,6	842	2,03
	10,0	102,5	1707	4,20
	15,0	155,9	2595	6,20
bloedplasma				0,74 (gemiddeld)

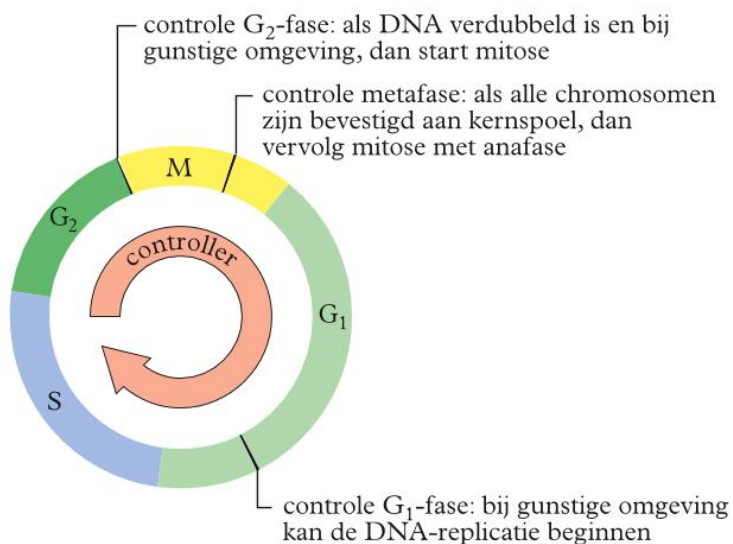
De vier fasen van een eukaryotische celcyclus

M = M-fase: mitose (celdeling)
 G₁ = G₁-fase: stofwisseling en celgroei
 S = S-fase: DNA-replicatie (DNA-synthese)
 interfase = G₁-fase + S-fase + G₂-fase

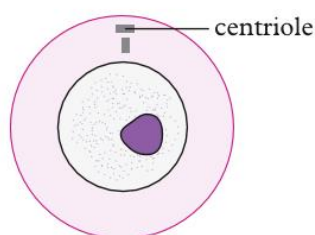
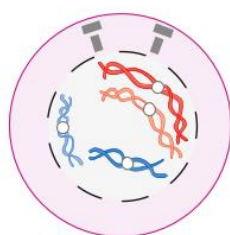
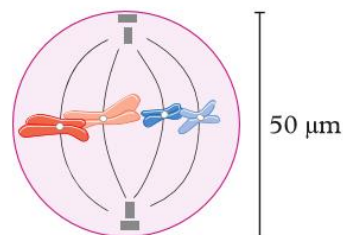
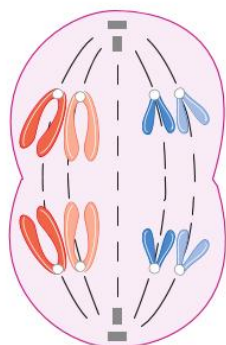
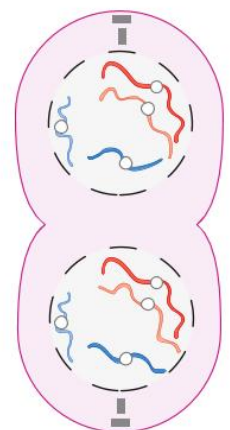
G₂ = G₂-fase: stofwisseling en celgroei, synthese van membranen en andere organellen
 G₀ = G₀-fase: cellen delen (een lange periode) niet meer



Controle van de celcyclus

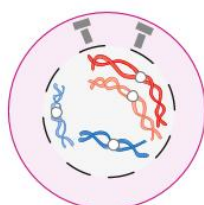
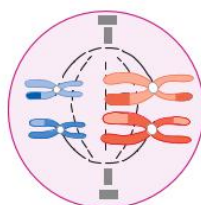
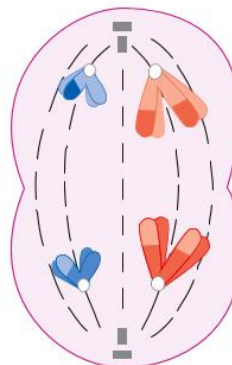
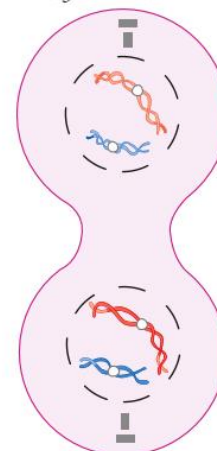


■ Bij een menselijke cel in cellweek duurt de interfase 23 à 24 uur en de M-fase 1 uur.

① *interfase (2n)*② *profase*③ *metafase*④ *anafase*⑤ *telofase en cytokinese*⑥ *interfase (2n)*

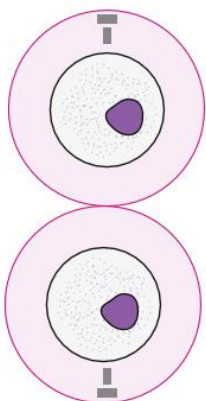
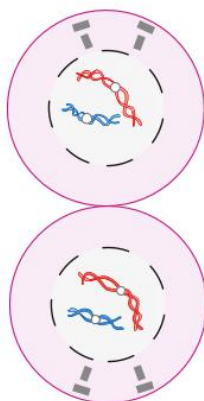
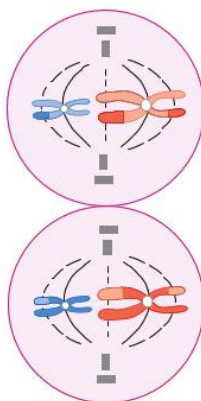
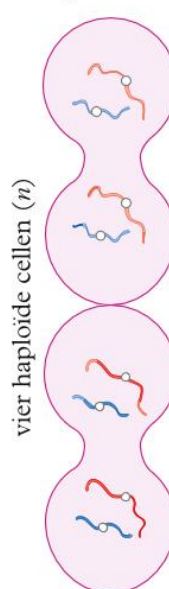
Meiose I; met crossing-over

2

① *interfase* (2n)② *vroege profase I*③ *metafase I*④ *anafase I*⑤ *telofase I en cytokinese*

Meiose II

3

⑥ *interkinese* (n)⑦ *profase II* (n)⑧ *metafase II*⑨ *anafase II*⑩ *telofase II en cytokinese* (n)

■ Voor rijping gameten; zie tabel 86D.

Telomeer van de mens

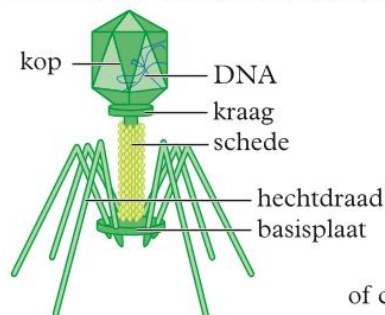
4



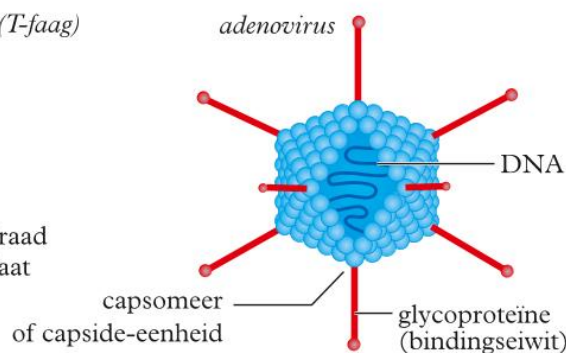
n maakt de herhaling 3000-20000 basen lang

In sterk delende weefsels blijft n op waarde door telomerase, een reverse transcriptase.

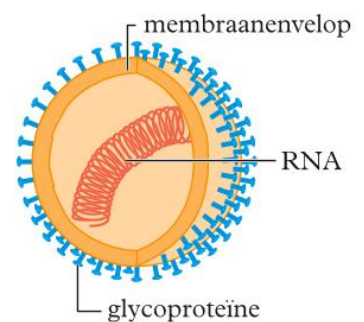
voorbeeld van een bacteriofaag (T-faag)



adenovirus



influenzavirus



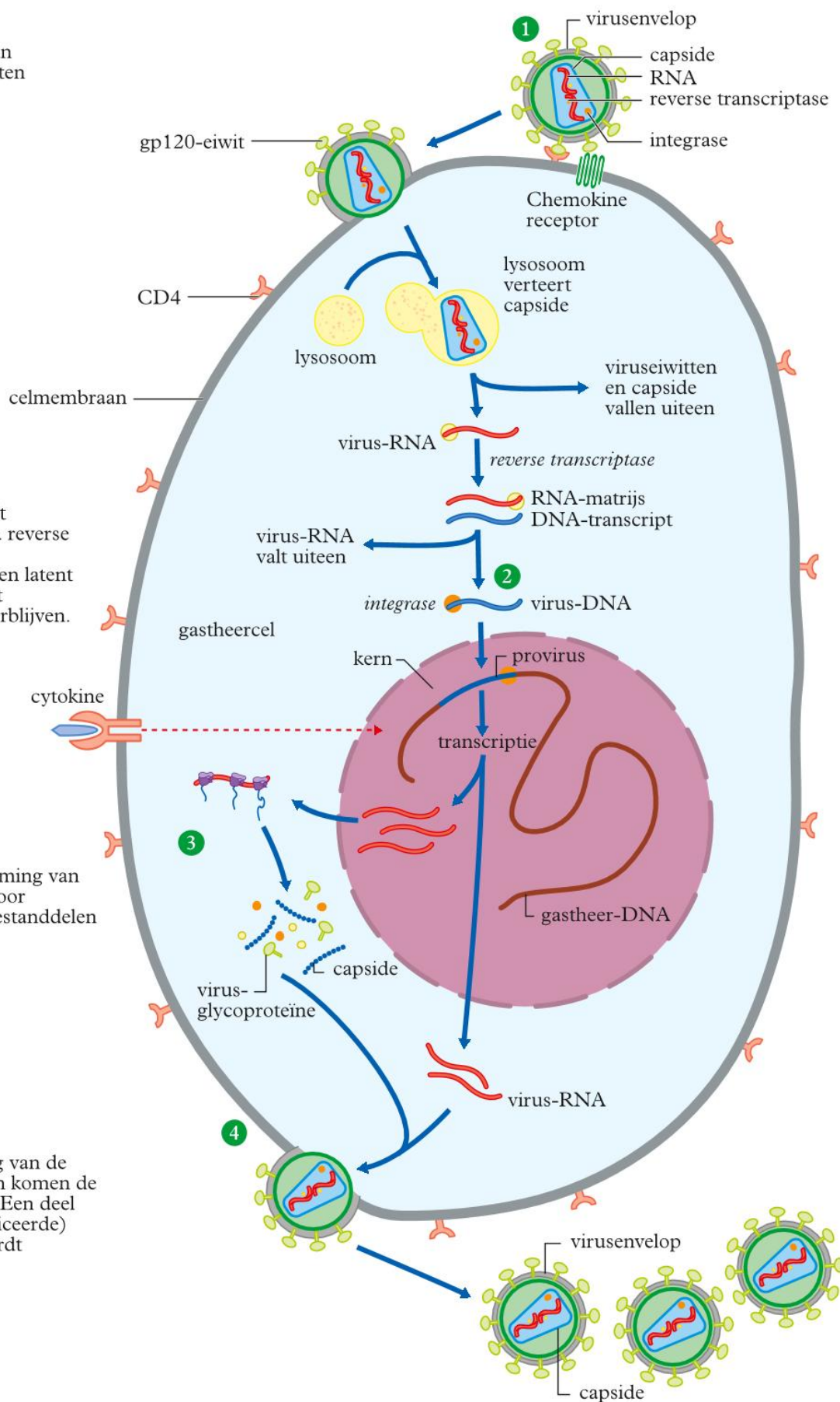
groep	subgroep	voorbeelden/ziekten
I. DNA (dubbelstrengs)	papovavirus	papilloma (menselijke wratten, baarmoederhalskanker); polyoma (tumoren in bepaalde dieren)
	adenovirus	ziekten van de luchtwegen; tumoren in bepaalde dieren
	herpesvirus	Herpes simplex I (koortsuitslag); Herpes simplex II (genitale zweren); Varicella zoster (waterpokken, gordelroos); Epstein-Barr-virus (ziekte van Pfeiffer, Burkitt's lymfoom)
	pokkenvirus	pokken; vaccinia (koepokken)
II. DNA (enkelstrengs)	parvovirus	roseola; de meeste parvovirussen zijn voor hun groei afhankelijk van infectie met adenovirussen
III. RNA (dubbelstrengs)	reovirus	diarree; milde ziekten van de luchtwegen
IV. RNA, kan dienen als mRNA	picornavirus	poliovirus; rhinovirus (verkoudheid); darmvirussen; MKZ-virus (mond- en klauwzeer)
	togavirus	rubellavirus (rodehondvirus); gelekoortsvirus; virussen die hersenontsteking veroorzaken
V. RNA, matrijs voor mRNA	rhabdovirus	rabiës (hondsdolheid)
	paramyxovirus	mazelen; bof
	orthomyxovirus	influenzavirussen (griepvirussen)
VI. RNA, matrijs voor DNA-synthese	retrovirus	RNA-tumorvirussen (b.v. leukemievirussen); HIV (AIDS-virus)

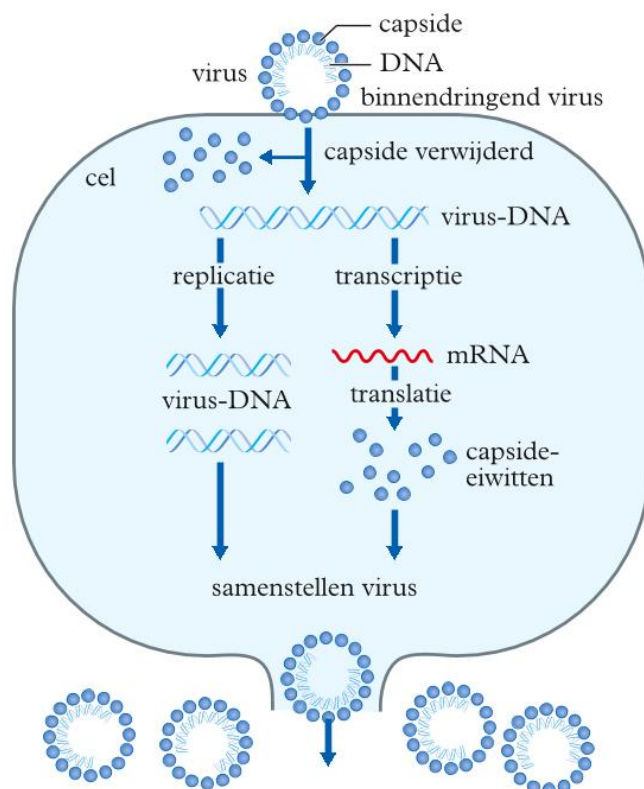
1
Hechting virus aan
oppervlakte-eiwitten

2
Vorming DNA uit
virus-RNA m.b.v. reverse
transcriptase.
Het DNA kan jaren latent
als provirus in het
gastheer-DNA verblijven.

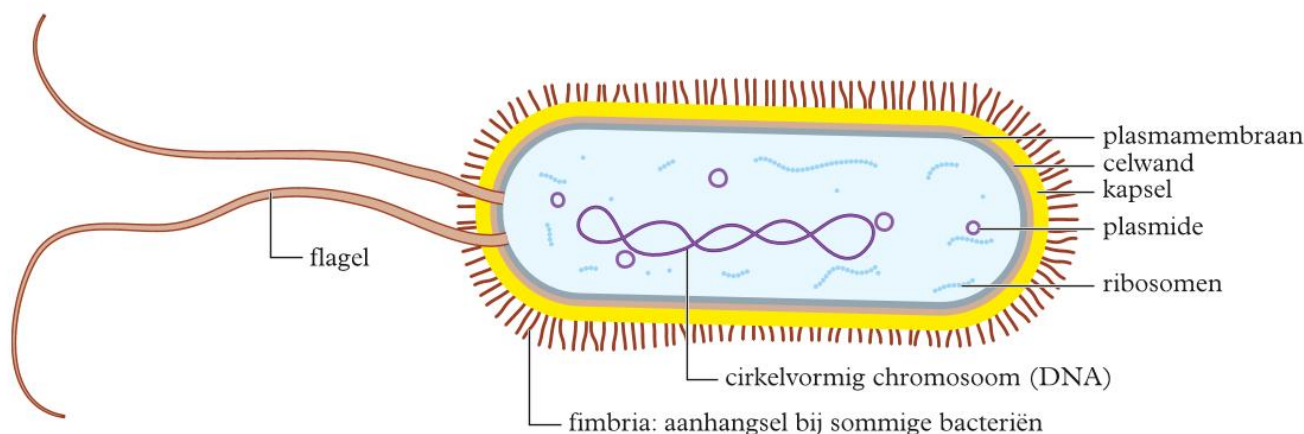
3
Na activering vorming van
virus-RNA en (door
translatie) virusbestanddelen

4
Na samenvoeging van de
virusbestanddelen komen de
virusdeeltjes vrij. Een deel
van het (gemodificeerde)
celmembraan wordt
meegenomen als
virusenvelop.



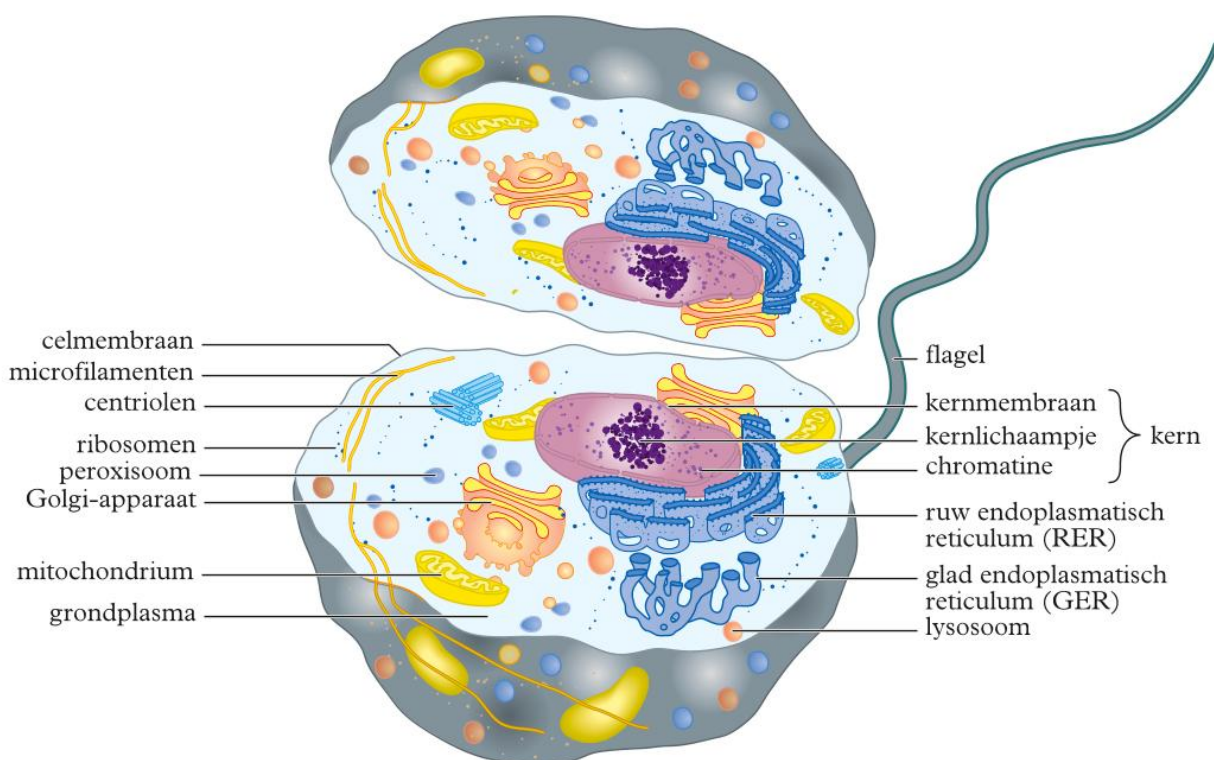
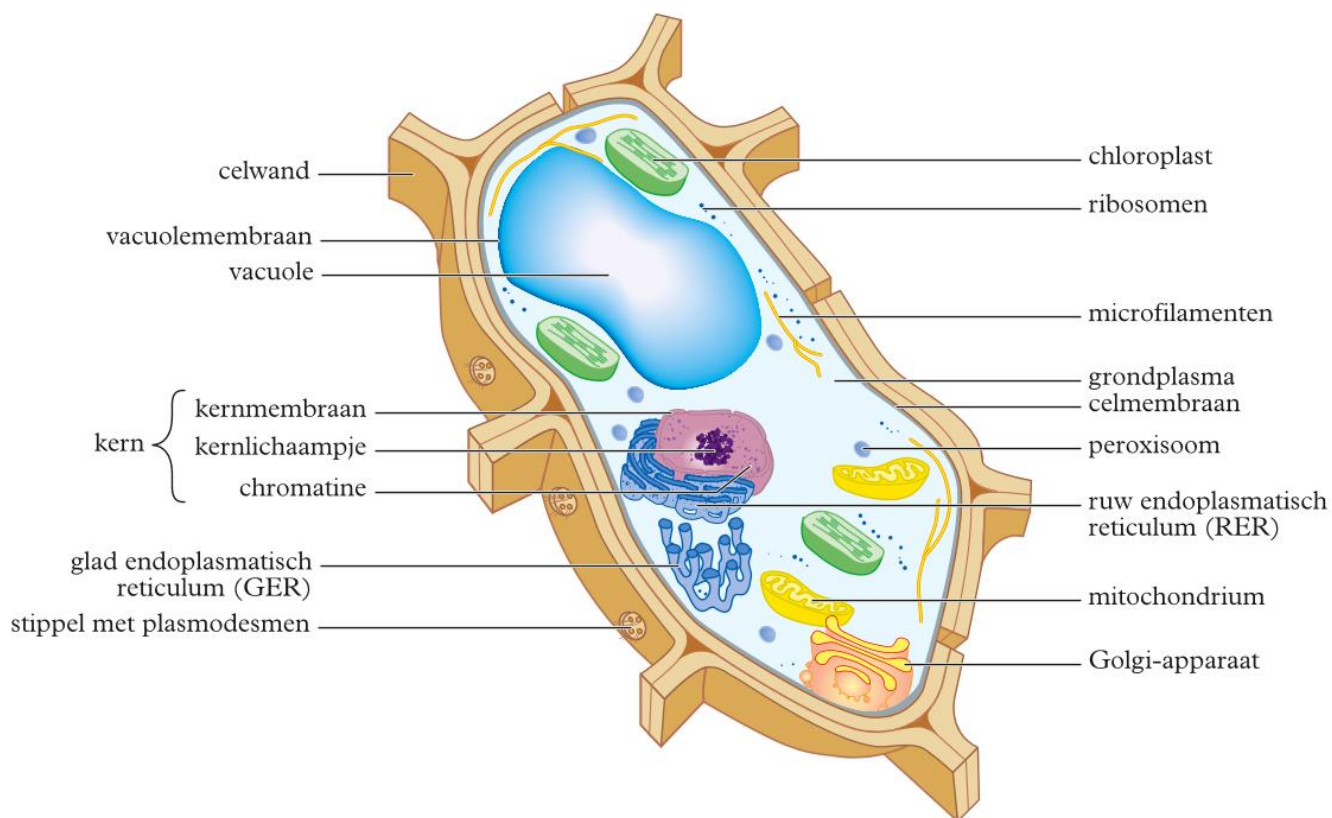


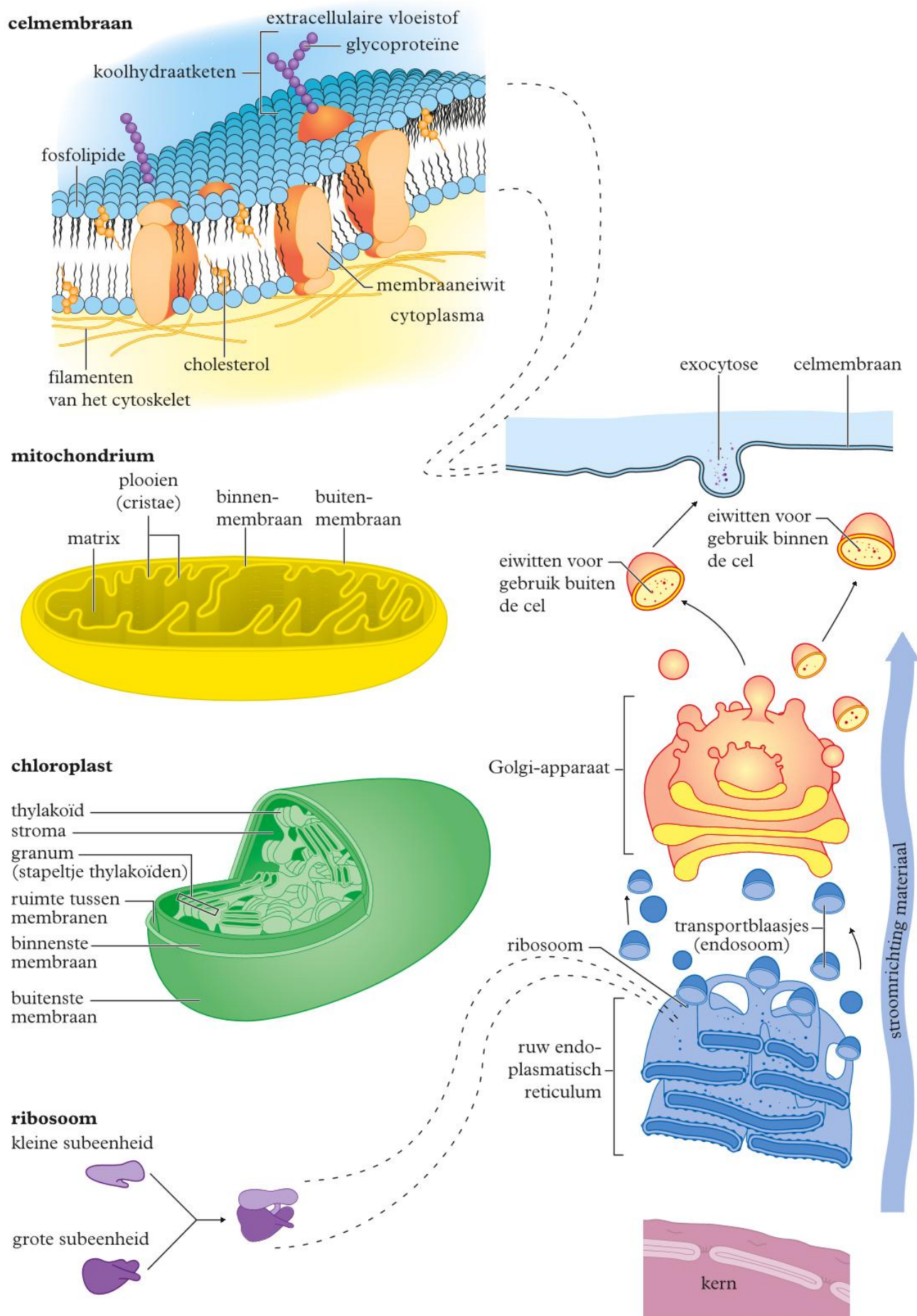
<i>rijk</i>	<i>voeding</i>	<i>grootte cellen</i>	<i>celkern</i>	<i>celwand</i>	<i>grote vacuole</i>
1 planten	autotroof, behalve enkele parasieten	10-100 μm	ja, eukaryoot	om elke cel	ja
2 dieren	heterotroof	10-100 μm	ja, eukaryoot	geen	nee
3 schimmels	heterotroof	10-100 μm	ja, eukaryoot	om elke cel	ja
4 bacteriën	heterotroof, sommige autotroof	1- 10 μm	nee, DNA vrij in grondplasma, prokaryoot	om elke cel	nee



bacterievorm	voorbeelden van geslachten	voorbeelden van soorten	belangrijkste kenmerken
staafje	Bacillus	Bacillus subtilis	sporenvormende bacterie, veel gebruikt in het laboratorium
	Bacterium	Chlorobacterium spec.	fotosynthetiserende bacterie
		Clostridium botulinum	strikt anaerobe gram-positieve sporenvormende bacterie, veroorzaker van botulisme middels een zeer giftig toxine (botuline)
		Lactobacillus bulgaricus	melkzuur-(yoghurt-)vormende gram-positieve bacterie
		Listeria monocytogenes	gram-positief, overleeft in rauwmelkse producten, heeft flagel, veroorzaker listeriosis
		Escherichia coli	gram-negatieve darmbacterie, veel gebruikt in laboratoria en indicator voor (fecale) verontreiniging van oppervlaktewater (i.v.m. kwaliteit zwemwater); een veroorzaker van urineweginfecties
		Salmonella spec.	gram-negatief, veroorzaker van voedselvergiftiging via o.a. rauw vlees en kruisbesmetting, ernstige vormen zijn tyfus en paratyfus
vibrio	Vibrio	Bdellovibrio bacteriovorus	gram-negatieve endoparasiet van bacteriën, met hoge dissimilatiesnelheid
		Desulfovibrio desulfuricans	strikt anaerobe H ₂ S-vormende bacterie
		Vibrio cholerae	gram-negatieve verwekker van cholera
spiril	Spirillum	Thiospirillum jenense	purperen zwavelbacterie, fotosynthetiserende bacterie met H ₂ S als waterstofdonor
			
spirocheet	Spirochaeta	Spirochaeta plicatilis	saprofytische bacterie
		Treponema pallidum	veroorzaker van syfilis
		Leptospira	
		icterohaemorrhagiae	veroorzaker van de ziekte van Weil
(mono)kok	Micrococcus	Methanococcus vannielii	methaanvormende bacterie
		Ruminococcus flavefaciens	cellulose-afbrekende bacterie in de pens van herkauwers
diplokok	Diplococcus	Neisseria gonorrhoea	veroorzaker van gonorroe (druiper) (gram-negatief)
		Neisseria meningitidis	veroorzaker van hersenvliesontsteking (nekkrimp)
tetrakok	Chroococcus	Chroococcus spec.	fotosynthetiserende cyanobacterie
	Sarcina		(zowel 1, 2 als 4 cellen bij elkaar)
streptokok	Streptococcus	Streptococcus lactis	melkzuurvormende bacterie (gram-positief)
		Streptococcus spec.	veroorzaker van roodvonk (gram-positief)
		Enterococcus faecalis	veroorzaker urineweginfecties (gram-positief)
stafylokok	Staphylococcus	Staphylococcus aureus	gram-positieve facultatief anaerobe bacterie, veroorzaker van voedselvergiftiging door toxine, ook bekend als de MRSA-bacterie in ziekenhuizen
			

■ Bacteriën worden ingedeeld in gram-negatieve en gram-positieve bacteriën. Deze indeling betreft een kleuringsverschil door celwandverschillen, die passen bij gevoeligheid voor antibiotica. Gram-negatieve bacteriën zijn doorgaans resistentier.





type stamcel

embryonale stamcel

(maximaal 4 dagen na bevruchting)

embryonale stamcel

(tot 9 dagen)

embryonale stamcel

(na ontstaan kiemlagen ecto-, endo- en mesoderm)

somatische- of weefselstamcel

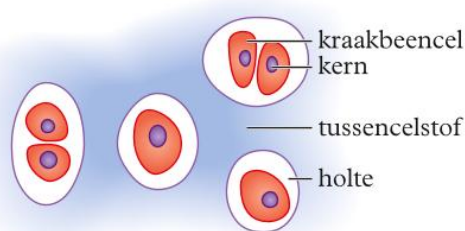
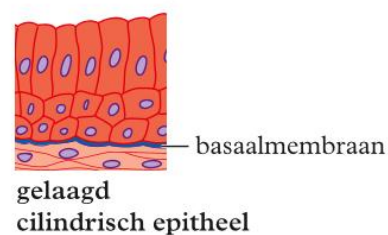
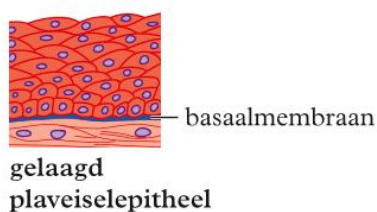
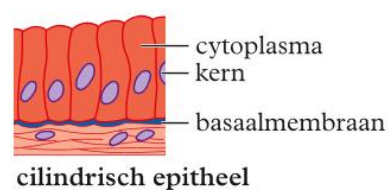
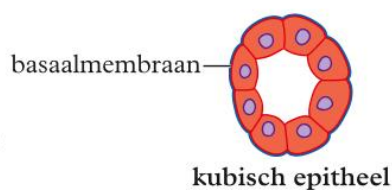
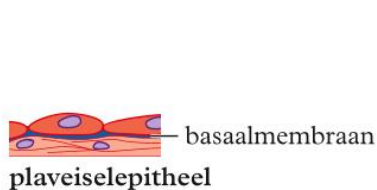
mogelijkheden

totipotent: kan tot alles differentiëren, ook tot nieuw organisme

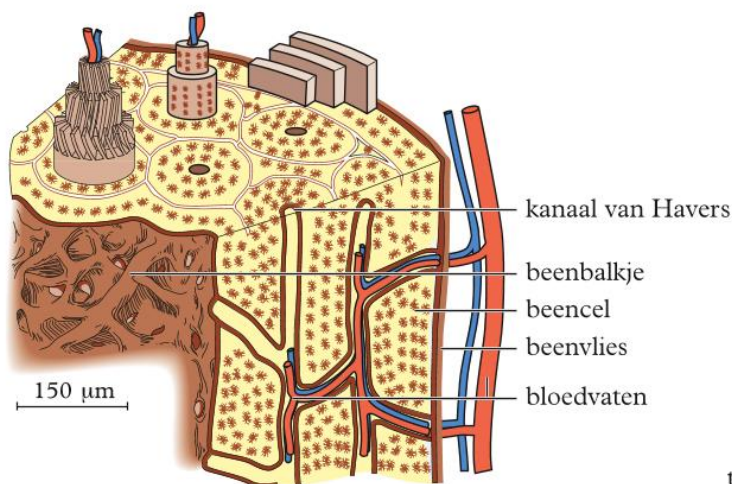
pluripotent: kan tot alles differentiëren binnen het embryo, laatste moment voor ontstaan meerling

multipotent: differentiatie tot alle cellen binnen de eigen kiemlaag; de cellen zijn gedetermineerd

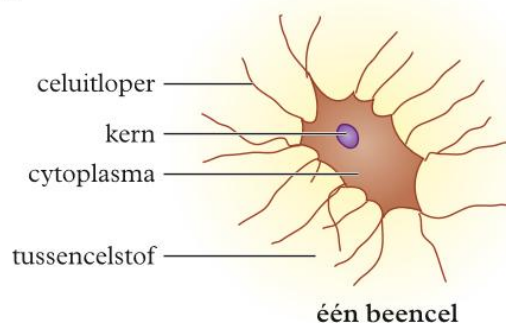
unipotent: differentiatie tot cellen binnen het weefsel waarin de stamcel zich bevindt

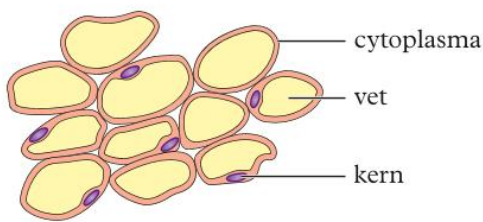


kraakbeenweefsel

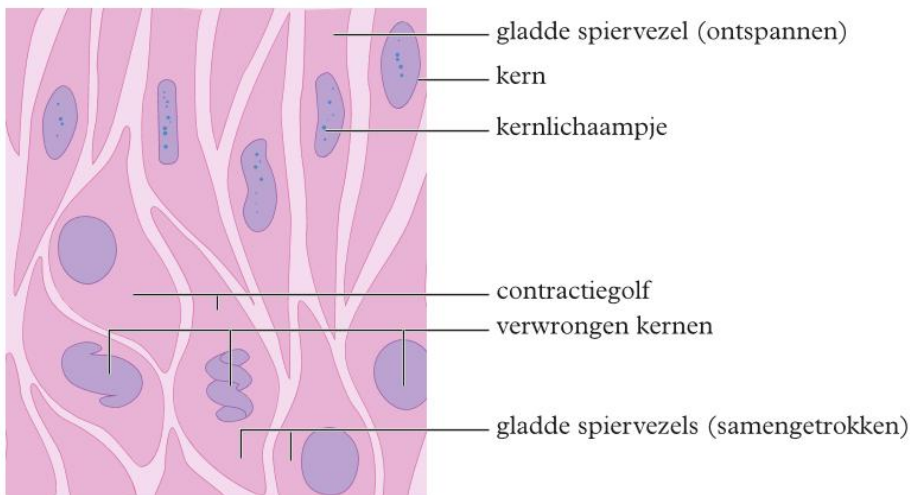
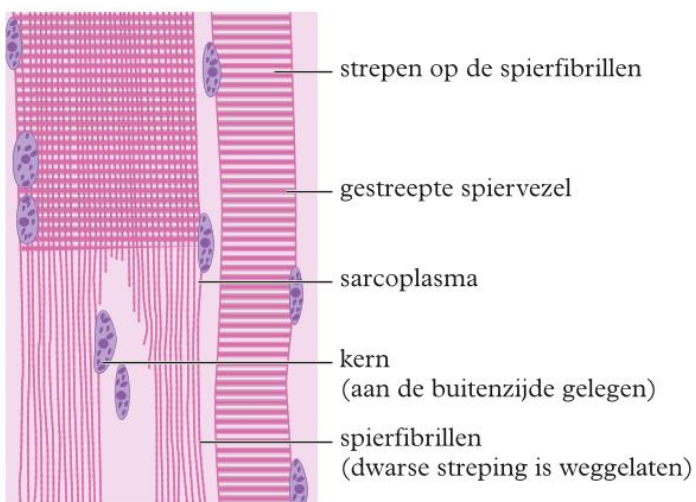
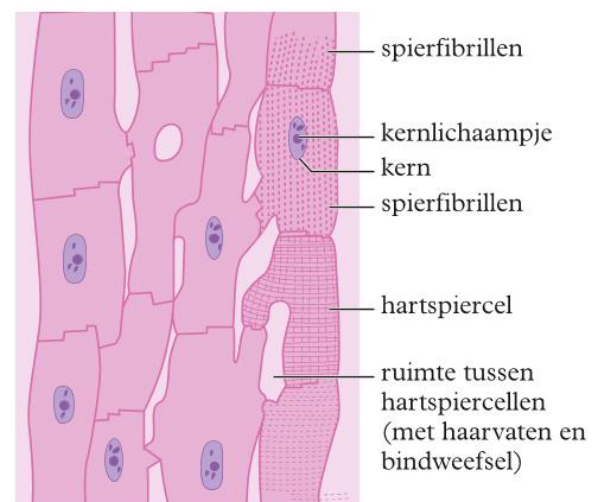


beenweefsel



**vetweefsel**

Vetweefsel is een bijzonder type bindweefsel.
De kernen zijn opzij gedrukt.

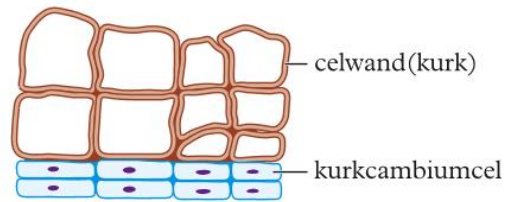
**glad spierweefsel****dwarsgestreept spierweefsel****hartspierweefsel**

81

Plantaardige weefsels

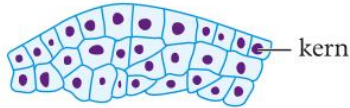
A

Dekweefsel

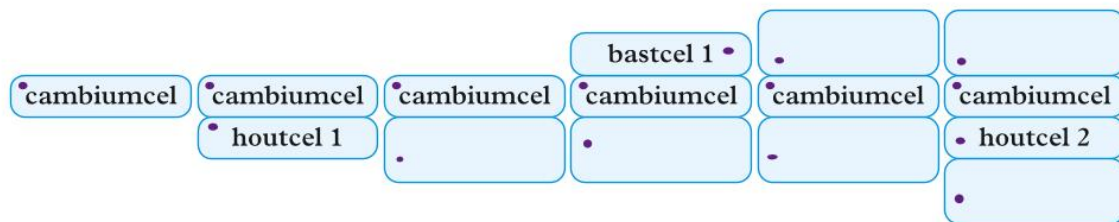


B

Deelweefsel

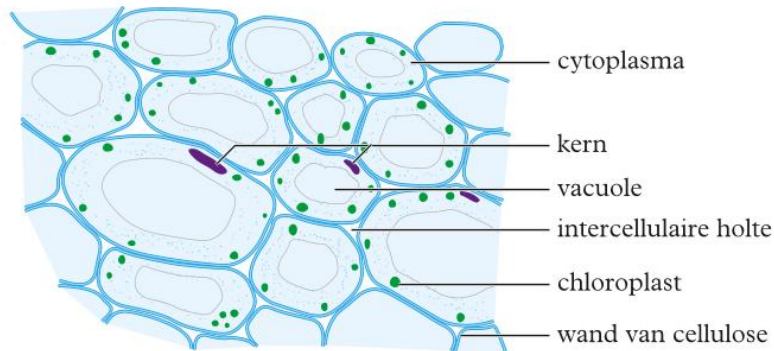


topmeristeem



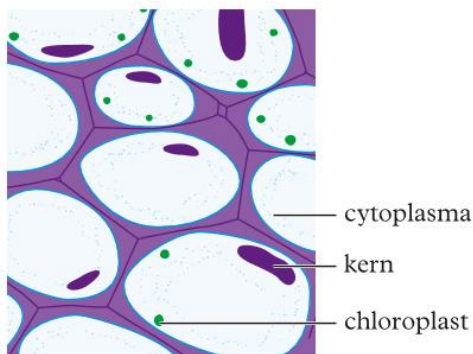
C

Parenchym

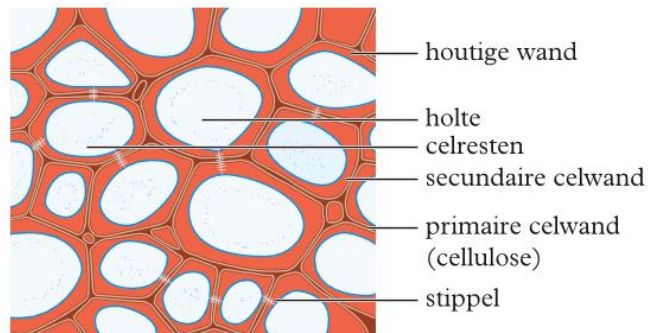


D

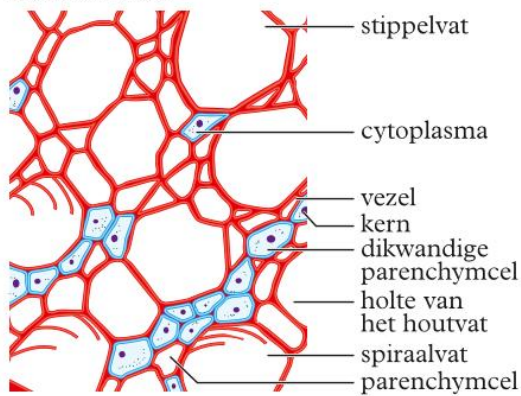
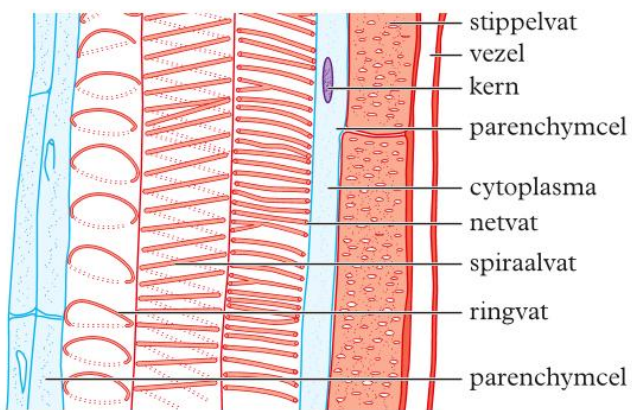
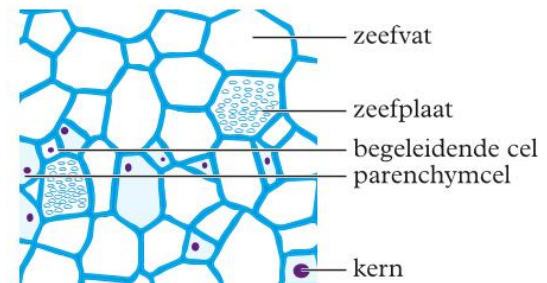
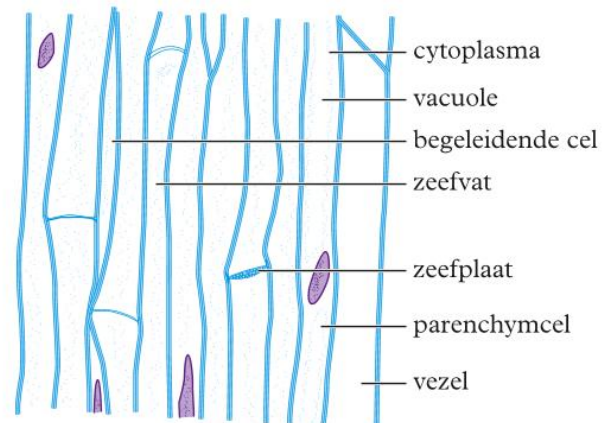
Steunweefsel



collenchym
(verdikte hoeken)



sclerenchym
(verdikte wanden)

xyleem (hout)*dwarsdoorsnede**lengtedoorsnede***floëem (bast)***dwarsdoorsnede**lengtedoorsnede*

<i>vitamine</i>	<i>nut</i>	<i>bron (N.B. ADH geldt voor volwassen vrouw en man)</i>	<i>opmerkingen</i>
A1 retinol 1917	onderdeel van rhodopsine (oogpigment) – stimuleert ontwikkeling en differentiatie van bloedcellen en in de embryonale fase van diverse organen, waaronder botontwikkeling	lever, margarine eieren, vis, via β -caroteen ADH 800-1000 μ g	schade bij overdosis – extra toediening zelden nodig – voorkomt nachtblindheid
β -caroteen provitamine A1	antioxidant – omzetting naar vitamine A1	fruit m.n. mango en mandarijn en groenten m.n. spinazie en wortels	overdosis via supplementen kan bij rokers risico op longkanker verhogen – 1 μ g levert plm 0,1 μ g retinol
B1 thiamine 1926	co-enzym bij vet- en koolhydraatmetabolisme en productie enkele neurotransmitters	volkorenbrood, (varkens)vlees, aardappelen, vliesrijst ADH 1,0-1,5 mg	extra toediening zelden nodig – tekort kan ontstaan bij overmatig alcoholgebruik
B2 riboflavine 1936	vormt onderdeel van o.a. FAD – onderdeel van diverse stofwisselingsenzymen – belangrijk voor zenuwstelsel, stofwisseling, haar en huid	melk, vlees, in mindere mate groenten en fruit ADH 1,0-1,1 mg	bij tekort mondhoeke-infecties en ontstoken slijmvliezen – bloedarmoede – E101
B3 nicotine- zuur, nicotinamide 1937	voorloperstof van nicotinamide van NAD/ NADP – energievoorziening cellen – rol in het zenuwstelsel en de huid	zuivel, vlees, graanproducten, groenten, fruit ADH 15-20 mg	ook eigen synthese uit tryptofaan – tekort is zeldzaam – E375
B5 panthotheenzuur 1930	onderdeel van co-enzym A – belangrijk bij afbraak van eiwitten, vetten en koolhydraten – rol bij vorming hormonen	melk, aardappelen, brood, vlees groenten	tekort is zeldzaam
B6 pyridoxine / pyridoxal / pyridoxamine 1934	onderdeel van plm 100 enzymen – rol bij biosynthese aantal neurotransmitters – rol bij vorming heem in hemoglobine	kip, lever, eieren, vis, brood, aardappelen, peulvruchten, rijst ADH 1,3-1,7 mg	tekort is zeldzaam – overdosis geeft schade aan zenuwstelsel (geheugen en denken) en veroorzaakt lichtovergevoelig- heid
B8 biotine	rol bij opbouw en afbraak van koolhydraten en eiwitten, opbouw van vetzuren, invloed op haar en huid – zorgt voor opname vitamine C uit darmen	eieren, melk, lever, sojaproducten, noten, volkorenproducten, synthese door darmbacteriën ADH 400 μ g	tekort is zeldzaam – huidaandoeningen – anemie
B11 foliumzuur / folaten 1939	rol bij vorming rode bloedcellen – bij vorming DNA en RNA – ontwikkeling zenuwstelsel foetus	groene groenten, fruit, lever, gist, volkorenproducten ADH 300 μ g	folaten zijn zeer instabiel, daarom als synthetisch foliumzuur in voedingssupplement – foliumzuur is schadelijk bij overdosis – spina bifida (open ruggetje)

<i>vitamine</i>	<i>nut</i>	<i>bron (N.B. ADH geldt voor volwassen vrouw en man)</i>	<i>opmerkingen</i>
B12 cobalamine 1948	rol bij vorming rode bloedcellen – vorming myelineschedes – rol bij (trans-)aminering – beïnvloedt stofwisseling van foliumzuur	lever, vlees, vis, melk, kaas, eieren ADH 2,8 µg	waarschijnlijk enige cobalthoudende stof – tekort ontstaat meestal door verstoorde opname of langdurig veganisme – lichaam legt voorraad aan – preventie van diverse vormen van anemie en neurologische beschadigingen
C L-ascorbine-zuur 1932	antioxidant - stimuleert opname van ijzer - co-enzym van > 800 enzymen - invloed op weerstand – synthese collageen	fruit, m.n. paprika, kiwi en citrusvruchten, spruitjes, aardappels ADH 70 mg	temperatuurgevoelig – synergie van vitamine C en bepaalde flavonoiden – overdosis verdwijnt via nieren – eigen synthese bij aantal zoogdiersoorten – chronisch tekort veroorzaakt scheurbuik: loszittende tanden, bloedingen, anemie, bot- en spierpijn – E300
D2 ergocalciferol D3 cholecalciferol 1919	rol bij calcium- en fosfaatopname in dunne darm – idem reabsorptie in nieren – afzetting in bot en gebit – goed functioneren spieren, zenuwen en bloedstolling – immuunrespons	vette vis, levertraan, paddestoelen, toegevoegd aan margarine ADH 5-10 µg	omgezet tot werkzame hormoon calcitriol – via zonlicht eigen productie in de huid – overdosis geeft schade aan hart en nieren – tekort dreigt bij mensen met permanent bedekte huid of sterke pigmentatie – tekort oorzaak spierzwakte – werking D3 10× zo sterk als D2
E D-α-tocoferol 1922	antioxidant – rol bij aanmaak rode bloedcellen – belangrijk voor spieren	plantaardige oliën, granen, noten, zaden ADH 9,3-11,8 mg	tekort komt zelden voor – overdosis schadelijk voor weefsels
F linolzuur 1929	rol bij decarboxylering – verlagend effect op cholesterolgehalte in bloed	plantaardige oliën	voor vitamine aangezien bij ontdekking in 1929, maar essentieel onverzadigd vetzuur – toegevoegd aan vele vetten en oliën
K1 fylloquinon K2 menaquinon 1935	synthese van trombinogeen en andere bloedstollingscomponenten – botvorming	K1: bladgroenten, tomaten K2: kaas, ei, vlees, melk	vanaf 3 ^e maand via darmbacteriën – tekort bij leverziekten en darmaandoeningen – overdosis zeldzaam (mogelijk trombose)
Q ubiquinon 1957	als co-factor in de elektronen-transportketen	eigen synthese	vaak gebruikt als supplement Q10 – alleen verlaging bloeddruk bewezen

<i>nummer</i>	<i>stoffen</i>	<i>functie</i>
100	curcumine	kl
101	lactoflavine	kl
101	riboflavine	kl
102	tartrazine	kl
104	chinolinegeel	kl
110	zonnegeel FCF, oranjegeel S	kl
120	cochenille, karmijnzuur, karmijn	kl
122	azorubine, karmozijn	kl
123	amarant	kl
124	ponceau 4R, cochenillerood	kl
127	erythrosine	kl
128	rood 2G	kl
129	allurarood AC	kl
131	patentblauw V	kl
132	indigotine, indigokarmijn	kl
133	briljantblauw FCF	kl
140	chlorofylen en chlorofylinen	kl
141	kopercomplexen van chlorofylen en chlorofylinen	kl
142	groen S, briljantzuurgroen	kl
150	caramellen	kl
151	briljantzwart BN, zwart PN	kl
153	carbo medicinalis vegetabilis (actieve kool)	kl
154	bruin FK	kl
155	bruin HT	kl
160	carotenoiden	kl
161	xanthofylen	kl
162	bietenrood, betanine	kl
163	anthocyanen	kl
170	calciumcarbonaat	ak, kl
171	titaandioxide	kl
172	ijzeroxiden en ijzerhydroxiden	kl
200	sorbinezuur	cs
202, 203	sorbaten	cs
210, 211	benzoaten	cs
214 t/m	ethylesters van <i>p</i> -hydroxy- benzoëzuurverbindingen	cs
217	benzoëzuurverbindingen	
220	zwaveligzuur	cs
234	nisine	cs
235	natamycine (pimaricine)	cs
249 t/m	nitrieten	cs
252		
260	azijn(zuur)	cs, vz, zr
261 en	acetaat (kalium-)	zr, vz
263		
270	melkzuur	vz, zr

<i>nummer</i>	<i>stoffen</i>	<i>functie</i>
280	propionzuur	cs
290	koolstofdioxide	cs, dg
296	appelzuur	vz, zr
297	fumaarzuur	vz
300	ascorbinezuur	ao, bm, zr
301, 302	ascorbaten	ao, bm, zr
306 t/m	tocoferolen (concentraat)	ao, em
309		
310 t/m	gallaten	ao
312		
315	erythorbinezuur	ao
316	ascorbaat (natriumiso-)	ao
316	natriumerythorbaat	ao
320	butylhydroxyanisol (BHA)	ao
321	butylhydroxytolueen (BHT)	ao
322	lecithine	bm, cs, em, st, vd
325 t/m	lactaten	vz, zr
327		
330	citroenzuur	cv, vz, zr
331 t/m	citraten	cv, vz, zr
333		
334	wijnsteenzuur	cv, vz, zr
335 t/m	tartraten	cv, vz, zr
337		
338	fosforzuur	cv, zr
339 t/m	fosfaten	ak, bm, cv, em, gm, rm, sz, st, zr
341		
363	barnsteenzuur	oi
380	citraten	cv, vz, zr
400	alginezuur	gm, st, vd
401 t/m	alginaten	gm, st, vd
405		
401	ascorbaat	zr
406	agar-agar	gm, st, vd
407	carrageen	st, vd
408	furcelleraan	gm
410	johannesbroodpitmeel	st, vd, vm
412	guargom	st, vd, vm
413	tragacanth	st, vd
414	arabische gom	st, vd
415	xanthaangom	st, vd, vm
416	karayagom	vd
417	taragom	st, vd
420	sorbitol	bv, st, vs, zs
421	mannitol	vs, zs

<i>nummer</i>	<i>stoffen</i>	<i>functie</i>
422	glycerol	bv, oi
432 t/m	polyoxyethyleen-20-	em
436	sorbitaanvetzuren	
440	pectine	gm, st, vd
442	ammoniumfosfatiden	em
450 t/m	fosfaten (di-)	ak, bm, cv,
452		em, gm, cm,
		sz, st, zr
460 t/m	cellulosen	em, gm, st,
466		vd, vm
471	mono- en diglyceriden van vetzuren	em
472	veresterde mono- en diglyceriden van vetzuren	em
474	suikerglyceriden	em
475	polyglycerolesters van vetzuren	em
476	polyglycerolpolyricinoleaat	em
482	calciumstearoyl-2-lactylaar	em
491, 492,	sorbitaanvetzuren	em
494		
503	carbonaat (ammonium-)	rm
509	calciumchloride	ak, sz, st
510	ammoniumchloride (salmiak)	oi
541	fosfaat (natriumaluminium-)	ak, bm, cv,
		em, gm, cm,
		sz, st, zr
552, 554,	silicaten	ak
559		
570	vetzuren	oi
575	gluconodeltalacton	vz
578	guanylaar (calcium-)	sv

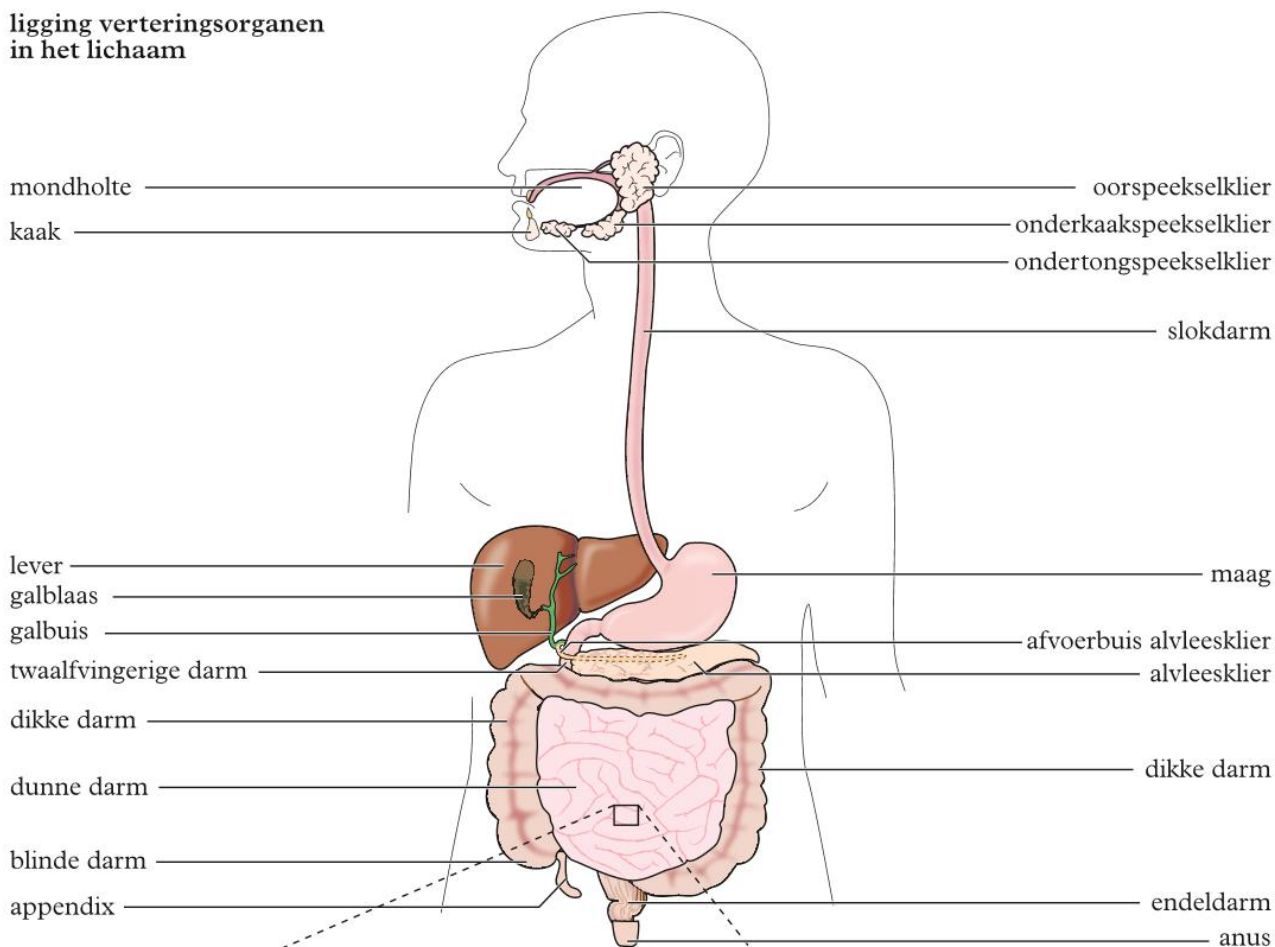
betekenis van de afkortingen

ak	antiklontermiddel
ao	antioxidant
bm	brood-/meelverbeteraar
bv	bevochtigingsmiddel
cs	conserveermiddel
cv	complexvormer
dg	drijfgas/verpakkingsgas
em	emulgator
ez	enzym
gl	glansmiddel
gm	geleermiddel
kl	kleurstof

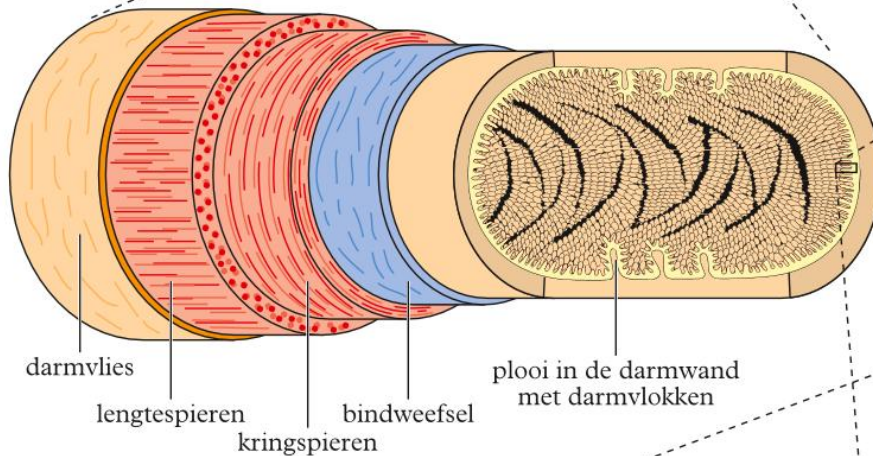
<i>nummer</i>	<i>stoffen</i>	<i>functie</i>
620 t/m	glutamaten	sv
625		
626	guanylzuur	sv
627	guanylaten	sv
630	inosinezuur	sv
631 t/m	inosinaten	sv
633		
640	glycine	bv, oi
640	natriumglycinaat	oi, zr
901	bijenwas, wit en geel	gl
902	candellilawas	gl
903	carnaubawas	gl
938	argon	dg
939	helium	dg
941	stikstof(gas)	dg
948	zuurstof	dg
950	acesulfaam	zs
951	aspartaam	zs
952	cyclamaat	zs
953	isomalt	vs, zs
954	sacharine (en het natrium-, kalium- en calciumzout)	zs
957	thaumatine	zs
959	neohesperidine	zs
965	maltitol	vs, zs
966	lactitol	vs, zs
967	xylitol	zs
1102	glucose-oxidase	ez
1103	invertase	ez
1105	lysozym	ez
1200	polydextrose	vs
1440	hydroxypropylzetmeel	gm, st, vd
1442	hydroxypropyldizetmeelfosfaat	gm, st, vd

betekenis van de afkortingen

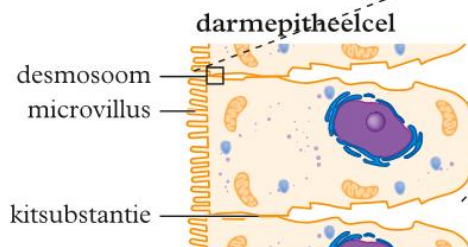
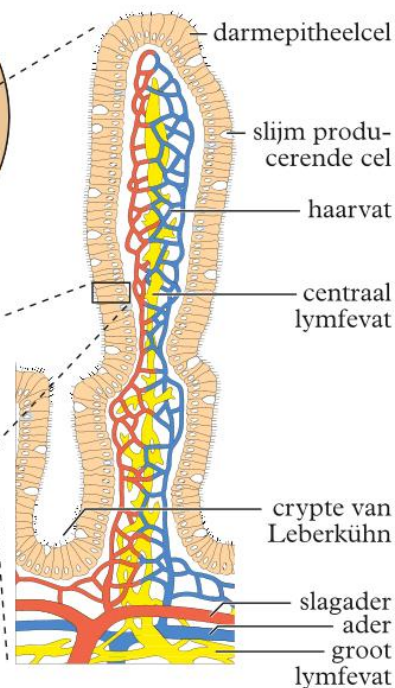
oi	overig(e) ingrediënt/hulpstof
rm	rijsmiddel
st	stabilisator
sv	smaakversterker
sz	smeltzout
vd	verdikkingsmiddel
vm	verstevigingsmiddel
vs	vulstof
vz	voedingszuur
zr	zuurteregelaar
zs	zoetstof

ligging verteringsorganen
in het lichaam

detail dunne darm

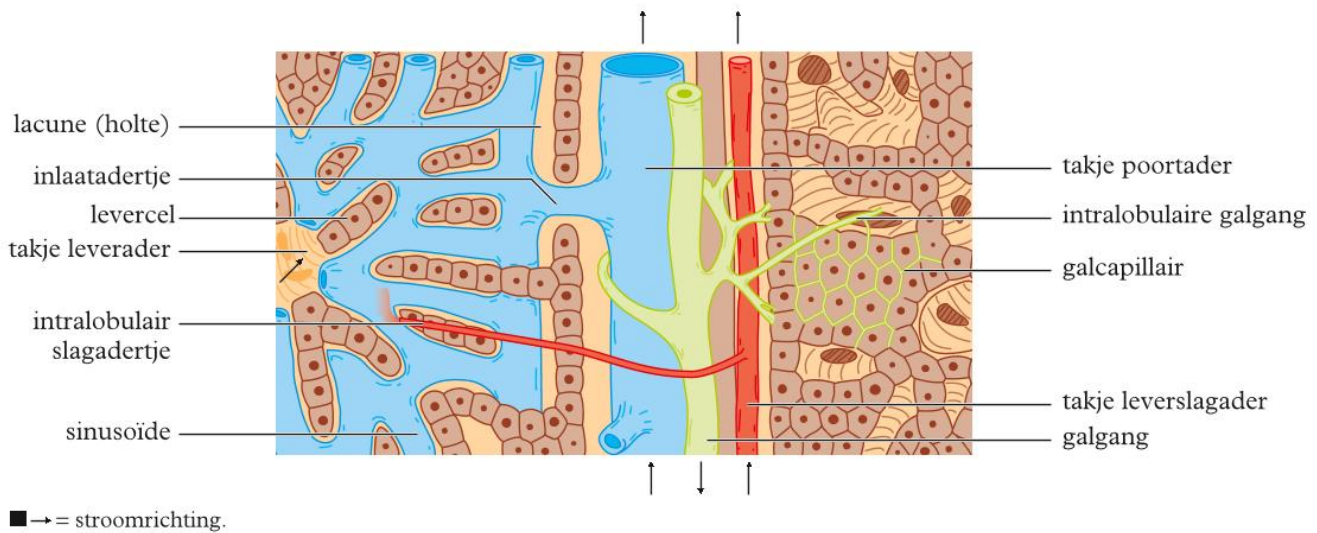


detail darmvlok



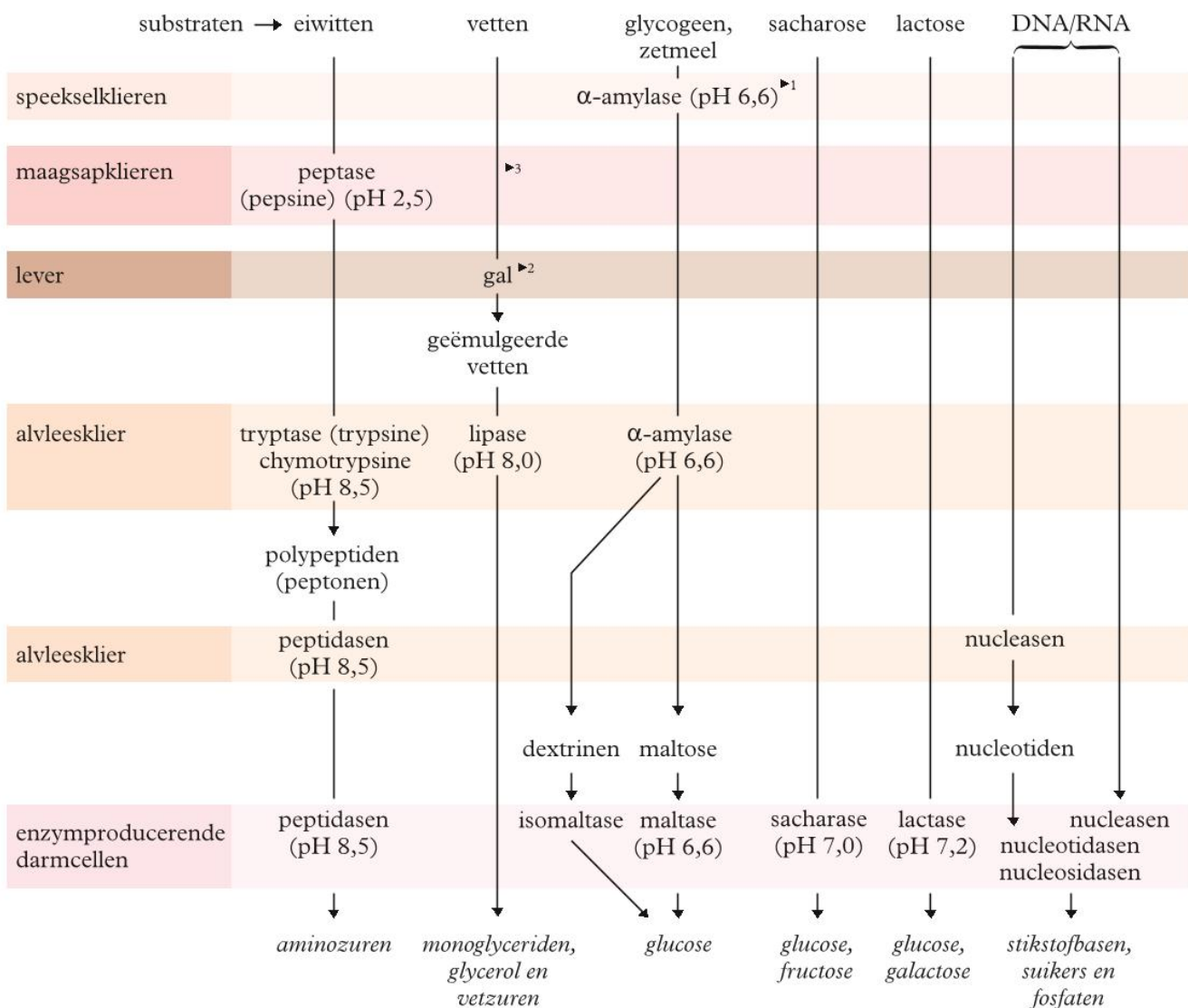
■ De lever is wat te hoog getekend en de galblaas ligt aan de achterzijde van de lever.

■ De illustraties zijn schematische voorstellingen.



Spijsverteringsenzymen

E

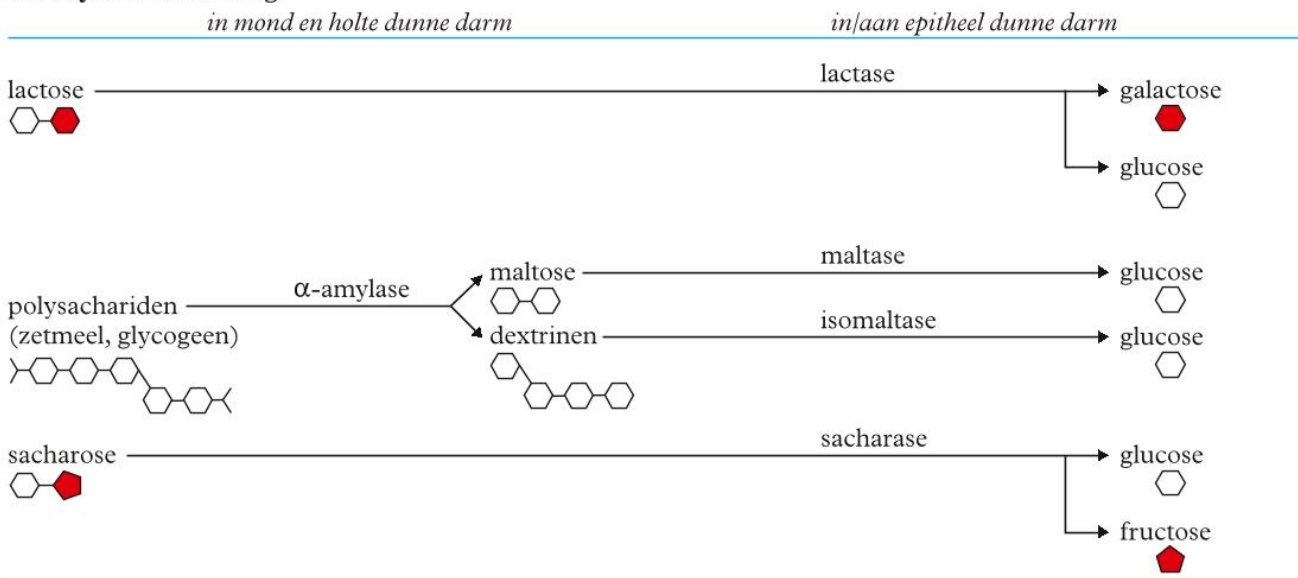
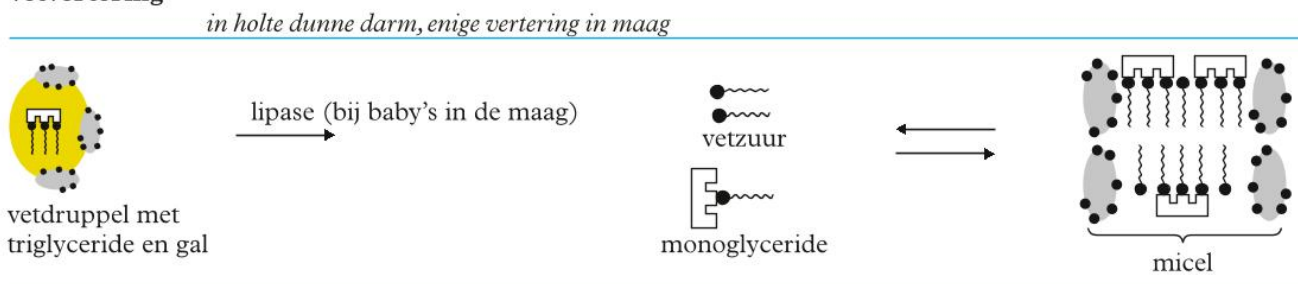
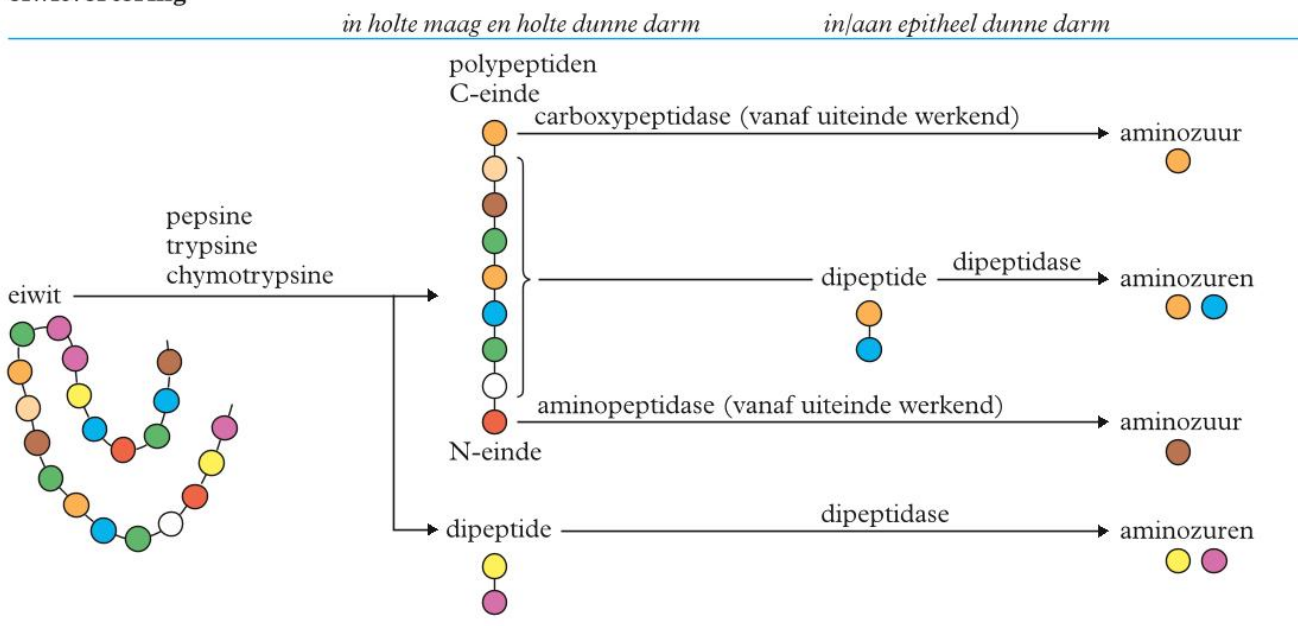


1 ► pH-optimum

2 ► geen enzym

3 ► bij baby's maaglipase (pH 2,0 – 6,0), voor vertering van melkvet

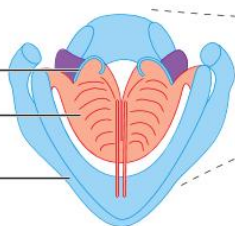
<i>spijsverteringssap</i>	<i>samenstelling</i>	<i>functie en bijzonderheden</i>
speeksel	water	oplosmiddel voor voedingsstoffen
1 - 1,5 L d ⁻¹	slijm	maakt voedsel glad
pH = 6,0 - 7,5	-amylase	koolhydraatverterend enzym
	lysozymen	antibacteriële werking; ernstige aantasting van gebit als geen speeksel wordt geproduceerd
	thiocyanaat	
	antistoffen	
	Na ⁺ , K ⁺ , HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻ neutraliseert H ⁺ -ionen
maagsap	pepsinogeen	pro-enzym van eiwitverterend enzym pepsine (peptase)
1,5 - 2,5 L d ⁻¹	HCl	doodt micro-organismen; denatureert eiwitten;
pH = 1,5 - 3,5		activeert vorming van pepsine
	intrinsieke factor	bindt vit B12, zodat dit kan worden geresorbeerd;
		bij te geringe productie bloedarmoede
	slijm	beschermde de maagwand tegen inwerking HCl en enzymen uit het maagsap
	maaglipase	vetverterend enzym, bij baby's, voor vertering van melkvetten
	water	oplosmiddel
alvleessap	HCO ₃ ⁻	neutraliseert HCl uit de maag
1 - 1,3 L d ⁻¹	water	oplosmiddel
pH = 7,1 - 8,2	trypsinogeen	pro-enzym van eiwitverterend enzym trypsine (tryptase)
	chymotrypsinogeen	pro-enzym van eiwitverterend enzym chymotrypsine
	pro-carboxypeptidase	pro-enzym van poly- en oligopeptidenverterend enzym carboxypeptidase
	amylase	koolhydraatverterend enzym
	lipase	vetverterend enzym
	fosfolipasen	fosfolipidenverterende enzymen
	cholesterolesterase	cholesterolesterverterend enzym
gal	galkleurstoffen	afvalproducten van hemoglobine uitgescheiden door en/of gevormd in de lever
0,3 - 1,0 L d ⁻¹	water	oplosmiddel
pH = 7,0 - 7,7	galzuren	emulgeren van vetten
	cholesterol	uitscheiding o.a. voor regulering van de cholesterolspiegel
dunnedarmsap	slijm	beschermde darmwand tegen enzymen en mechanische beschadiging; afgegeven door slijmbekercellen
1,8 - 2,5 L d ⁻¹	water	oplosmiddel; afgegeven door de crypten van Lieberkühn
pH = 6,5 - 8,0	lactase	koolhydraatverterende enzymen
	sacharase	
	maltase	
	isomaltase	
	aminopeptidase	poly- en oligopeptiden verterend enzym
	dipeptidasen	dipeptiden verterende enzymen
	nucleasen	RNA- en DNA-verterende enzymen
	nucleotidasen	
	nucleosidasen	
dikkedarmsap	slijm	beschermde de darmwand tegen bacteriën en mechanische beschadiging; gemaakt en afgegeven door slijmbekercellen
0,2 L d ⁻¹	HCO ₃ ⁻	neutralisatie van H ⁺ -ionen; afgegeven door de crypten van Lieberkühn
pH = 7,5 - 8,0		

koolhydraatvertering**vetvertering****eiwitvertering**

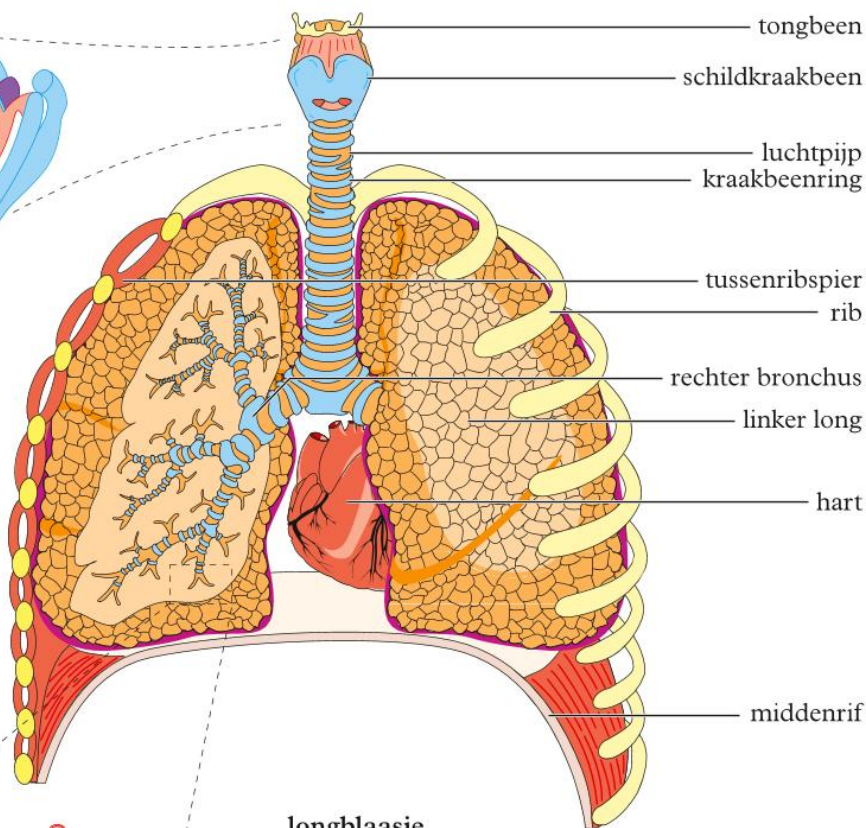
■ Voor formules: zie tabellen 67F, G en H.

bovenaanzicht strottenhoofd
(stemplooi gesloten)

bekerkraakbeentje
stempier
schildkraakbeen

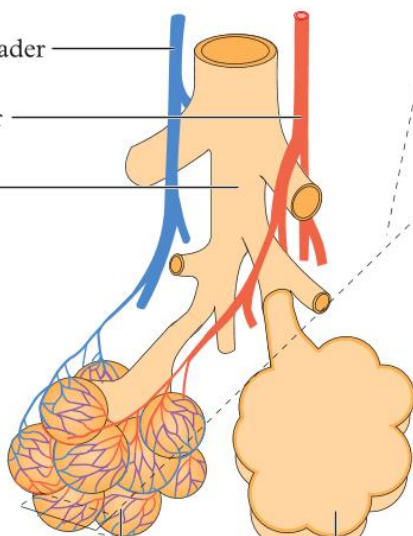


longen in borstkas



longtrechtertjes

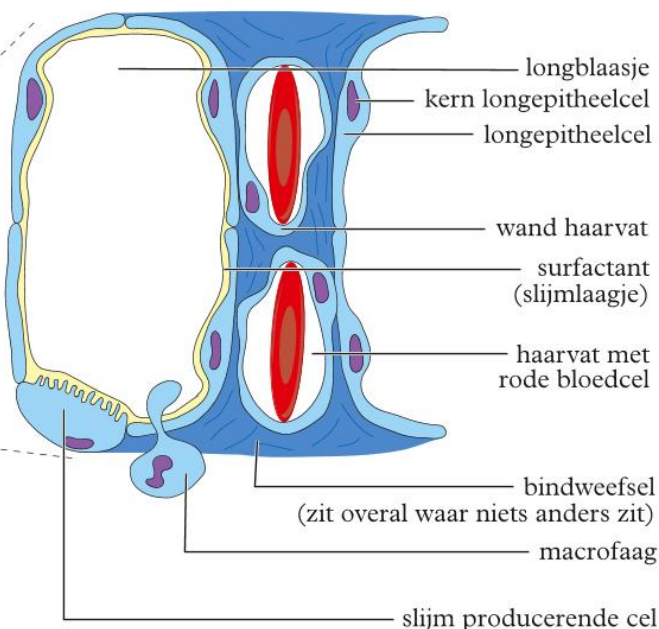
takje longslagader
takje longader
bronchiolus



longblaasje
(met haarvaten)

longtrechtertje

longblaasje

75 μm 

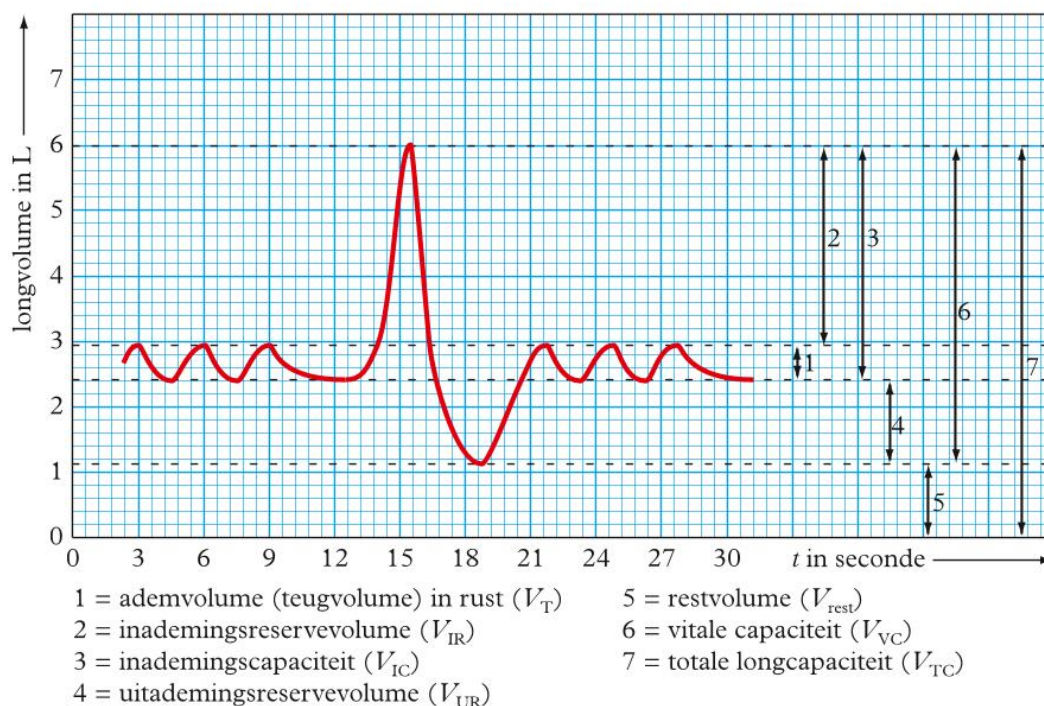
■ Wet van Fick:

aantal mol dat per seconde
oppervlakte A passeert

$$n = DA \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

D = diffusiecoëfficiënt

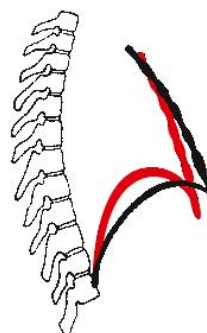
$\frac{\Delta c}{\Delta x}$ = concentratiegradiënt



longvolume in L bij gezonde, rechtopstaande mens

geslacht	vrouw	man	man
leeftijd	20-30 jaar	20-30 jaar	50-60 jaar
lichaamsoppervlakte	1,7 m ²	1,7 m ²	1,6 m ²
V_{IC}	2,4	3,6	2,6
V_{UR}	0,8	1,2	1,0
V_{VC}	3,2	4,8	3,6
V_{rest}	1,0	1,2	2,4
V_{TC}	4,2	6,0	6,0
$V_{rest}/V_{TC} \times 100\%$	24%	20%	40%

stand middenrif en borstbeen bij in- en uitademing



Samenstelling gassen in lucht en bloed

C

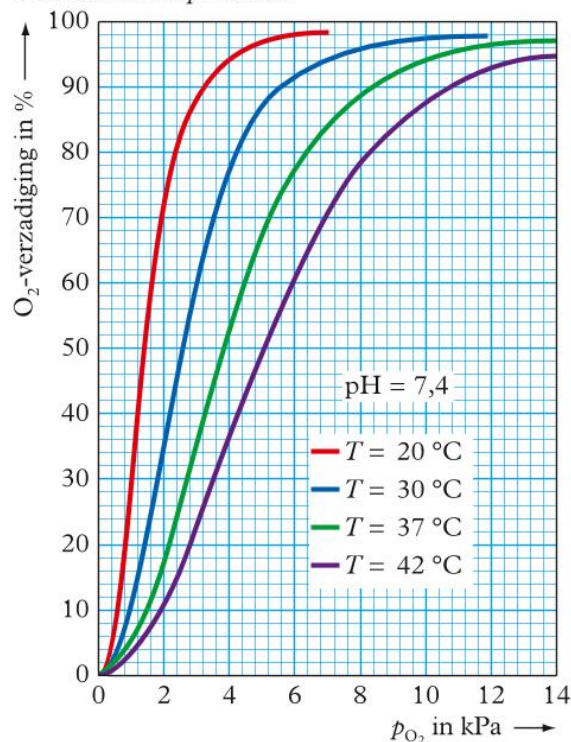
partiële gasdruk van de belangrijkste gassen bij ademhaling in kPa en volume-% bij $p = p_0$

	p_{O_2}	vol %	p_{CO_2}	vol %	p_{N_2}	vol %	p_{H_2O}	p_{totaal}^{1}
inademiingslucht	19,9	20,9	0	0,03	75,1	79,0	6,3	101,3
uitademiingslucht	15,4	16,2	3,7	3,9	75,9	79,8	6,3	101,3
lucht in longblaasjes	13,3	14,0	5,3	5,6	76,4	80,4	6,3	101,3
bloed dat longhaarvaten binnenkomt	5,3		6,1		77,1		6,3	94,8
bloed dat longhaarvaten verlaat	12,6		5,3		77,1		6,3	101,3
weefsels	<5,3	-	> 6,1	-	-	-	-	-
buitenlucht (droog)	21,1	20,9	0	0,03	80,1	79,0		101,3

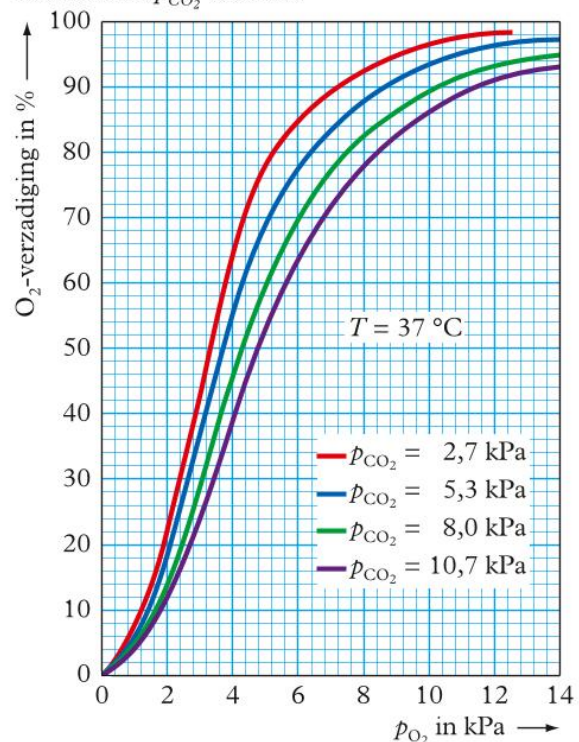
1 $\triangleright p_0 = 101,35 \text{ kPa}$

100% O_2 -verzadiging komt overeen met 20 mL per 100 mL bloed

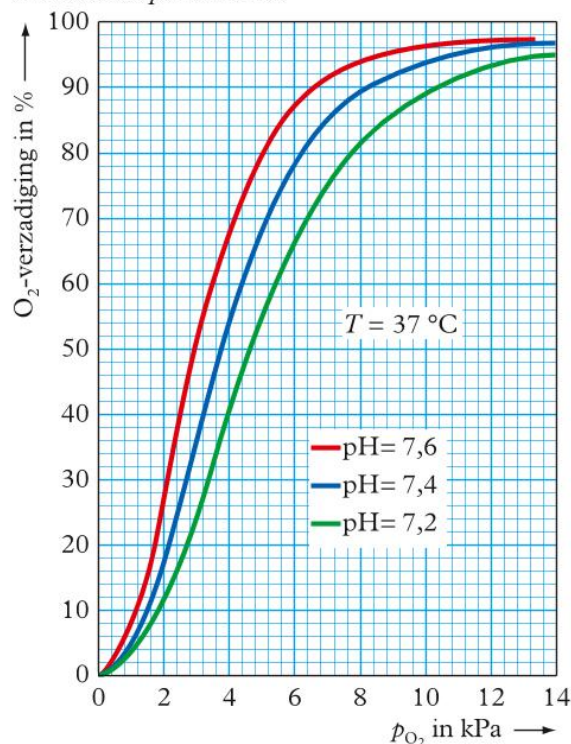
Zuurstofverzadiging van hemoglobine bij verschillende temperaturen



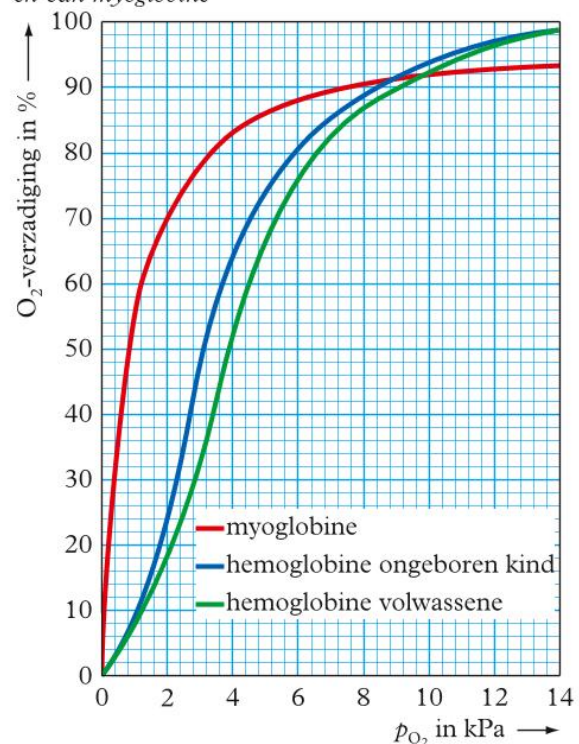
Zuurstofverzadiging van hemoglobine bij verschillende p_{CO_2} -waarden

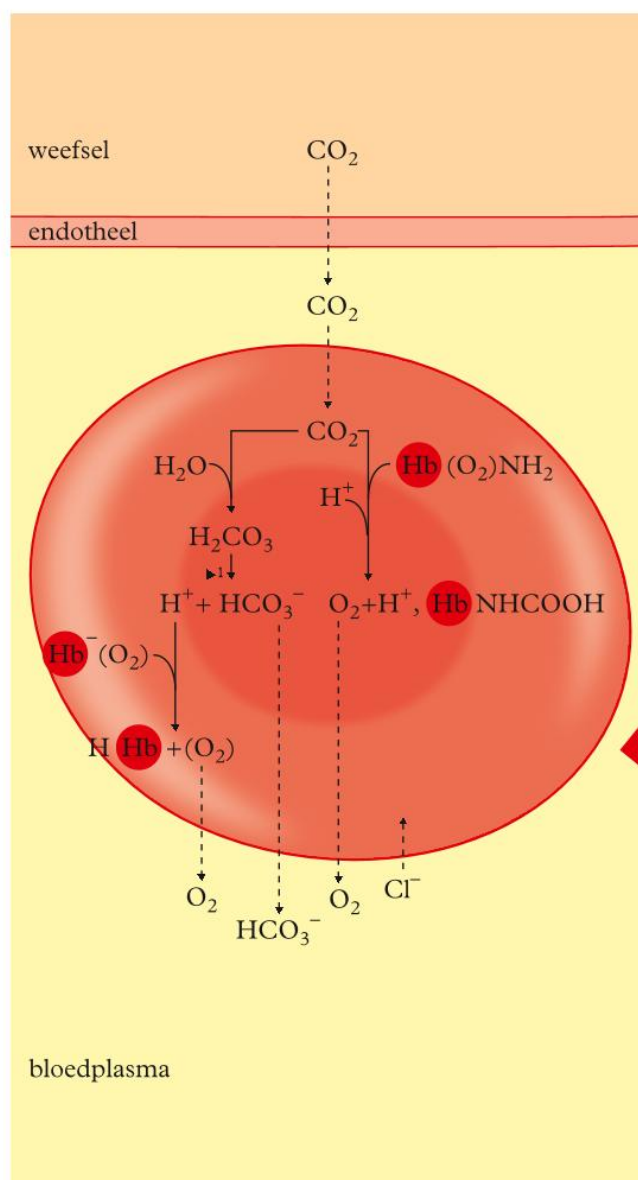
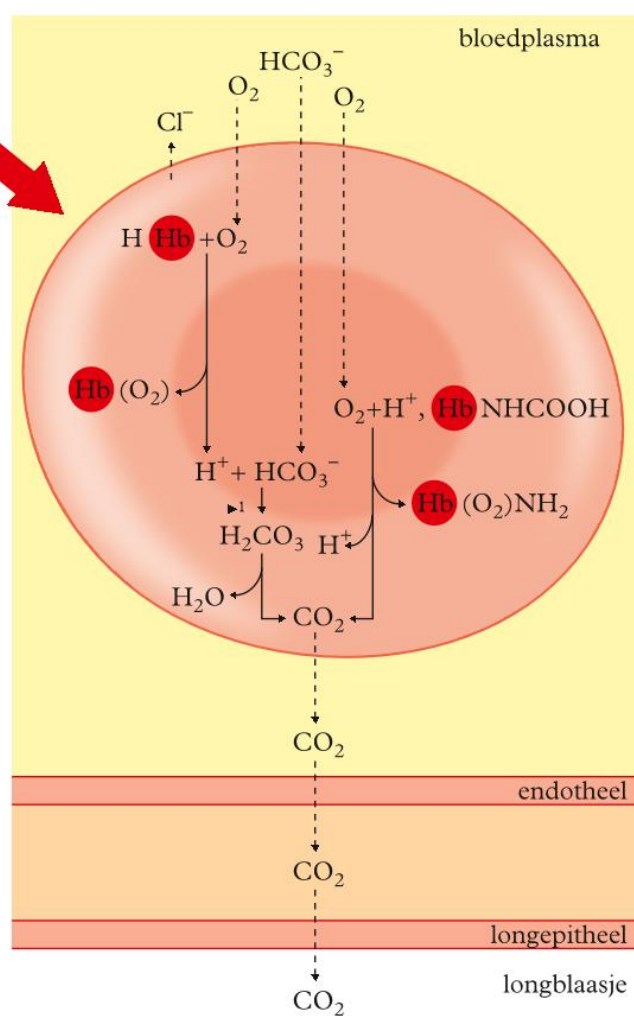


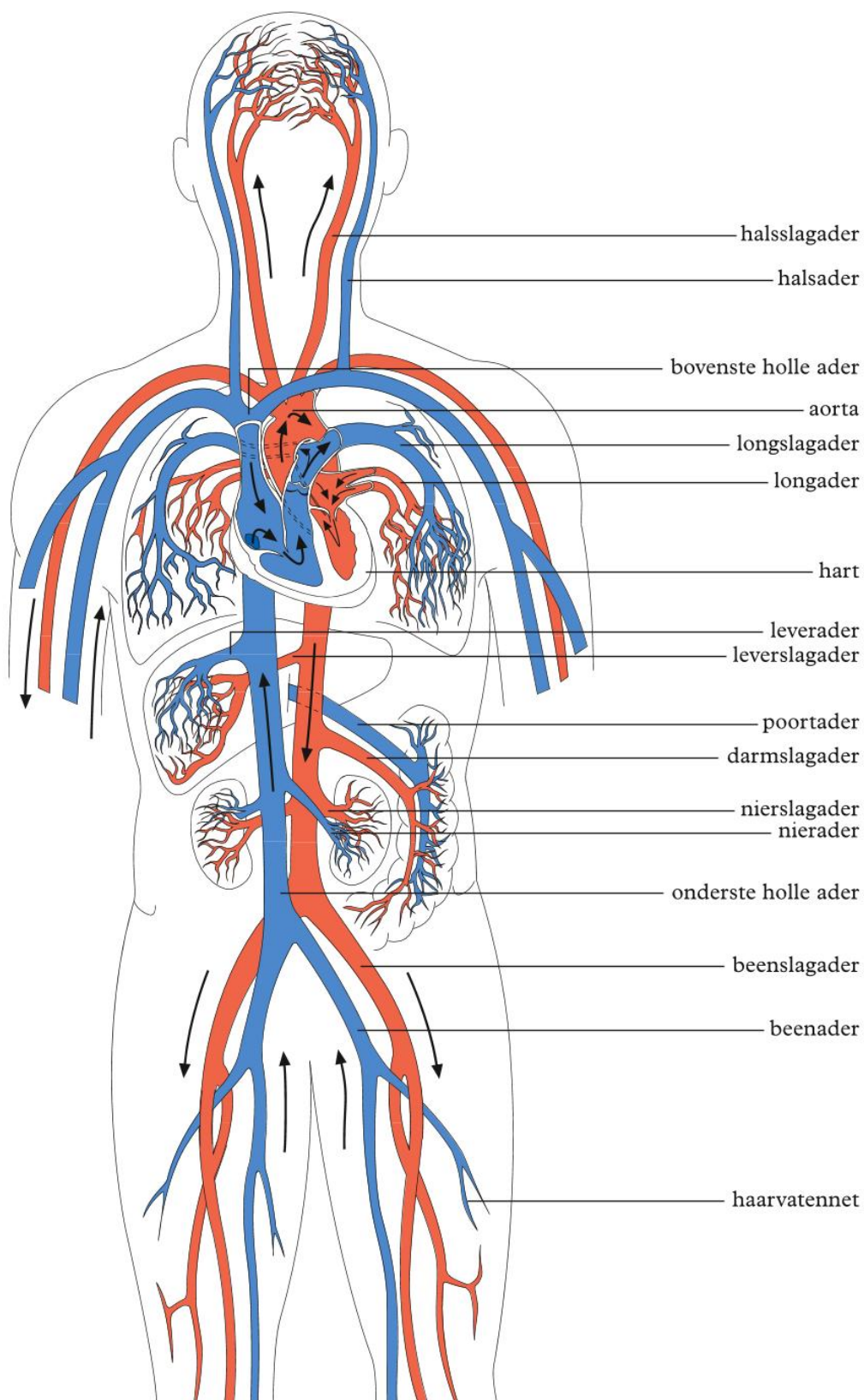
Zuurstofverzadiging van hemoglobine bij verschillende pH-waarden



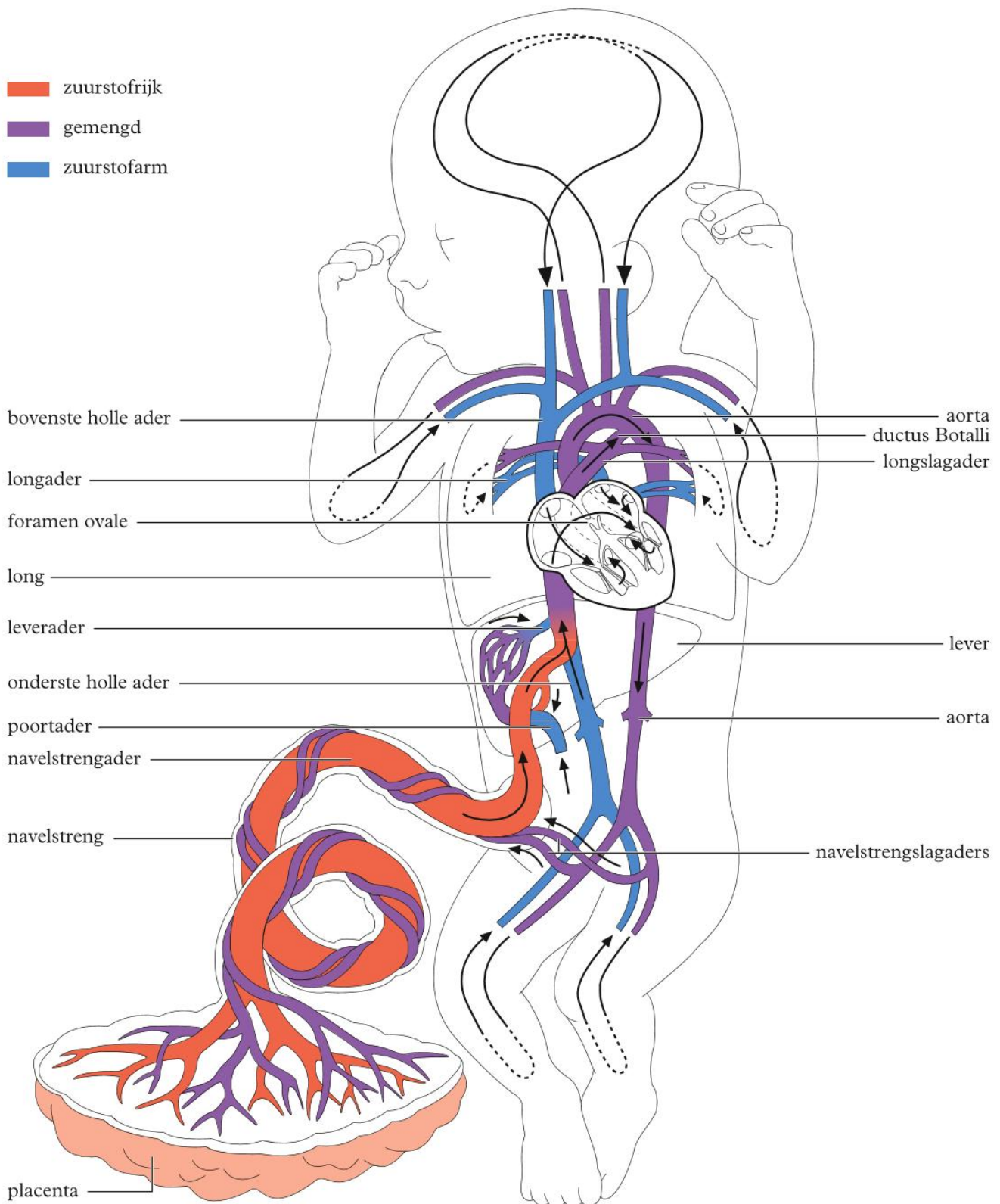
Zuurstofverzadiging van hemoglobine van een ongeboren kind en van een volwassene en van myoglobine



CO₂-opname uit weefsel**CO₂-afgifte aan longblaasjes**

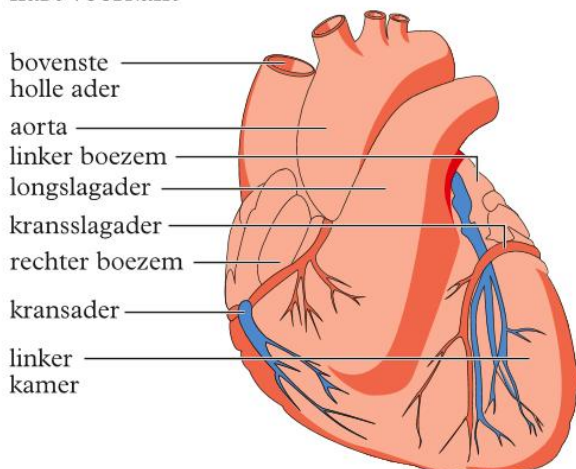


- zuurstofrijk
- gemengd
- zuurstofarm

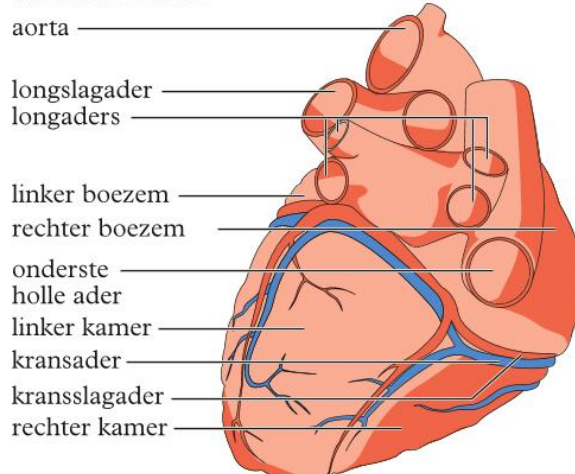


Hart

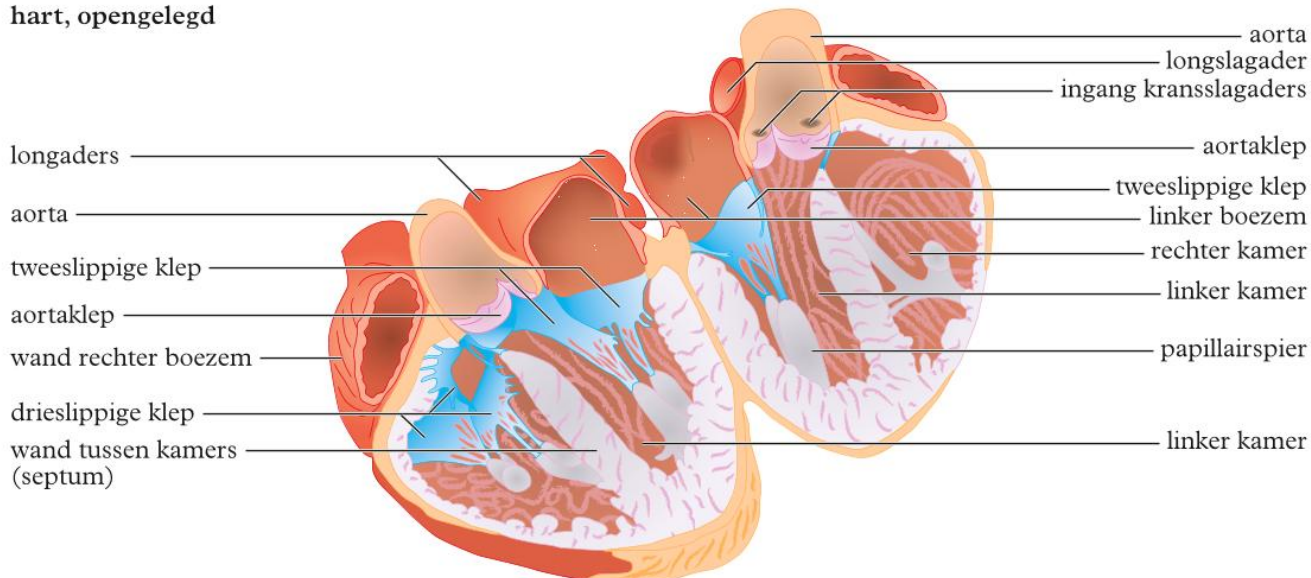
hart voorkant



hart achterkant

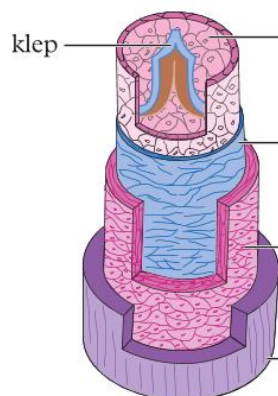


hart, opengelegd

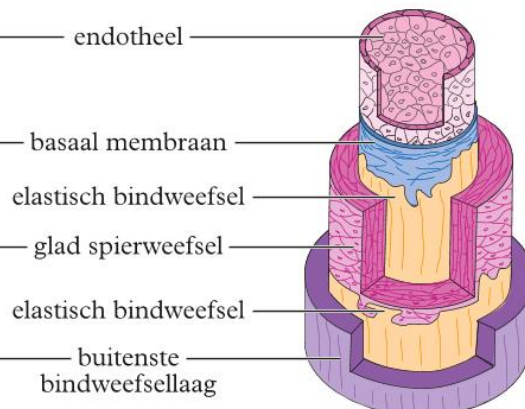


Bloedvaten

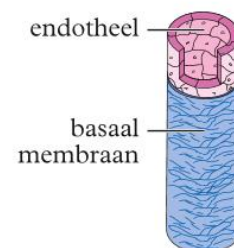
ader, vene



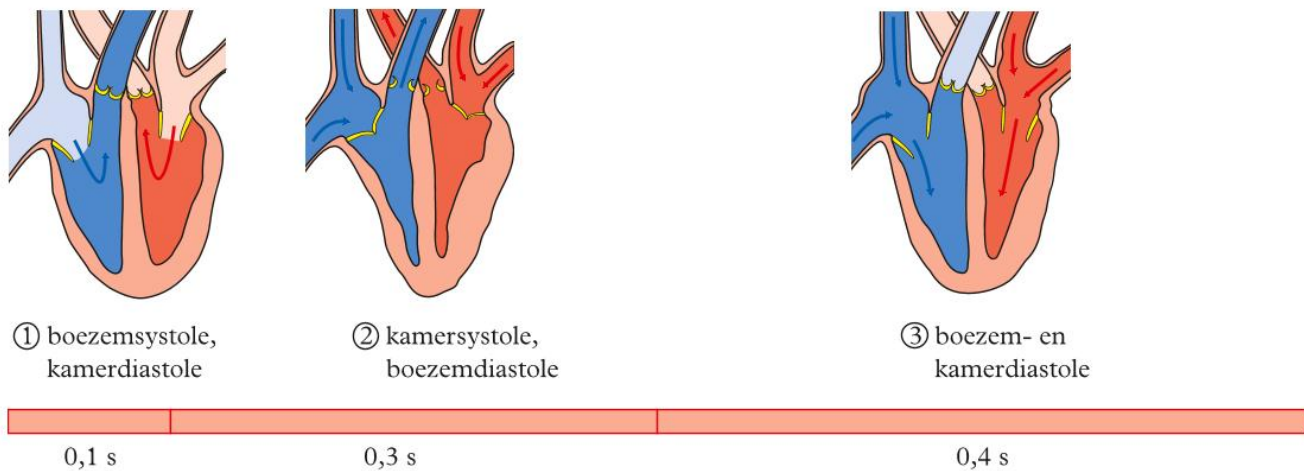
slagader, arterie



haarvat, capillair



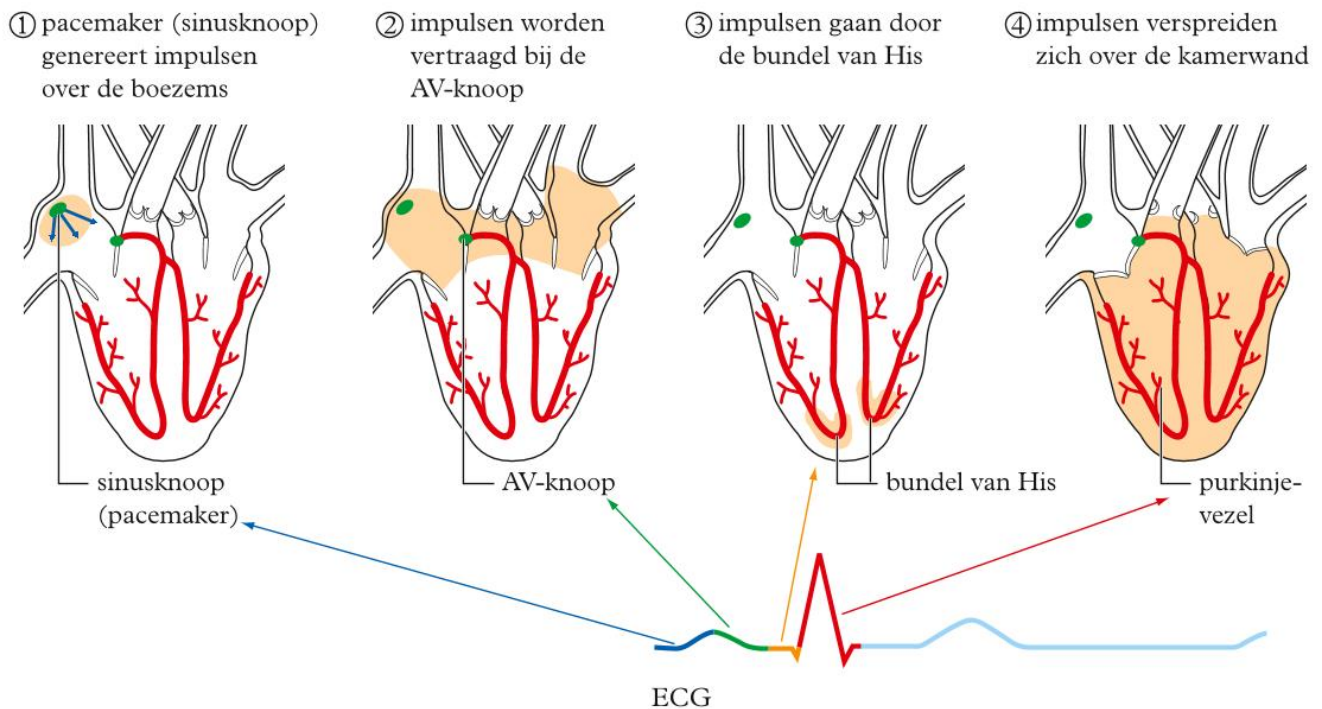
de hartcyclus bij een hartslagfrequentie van 75 slagen per minuut

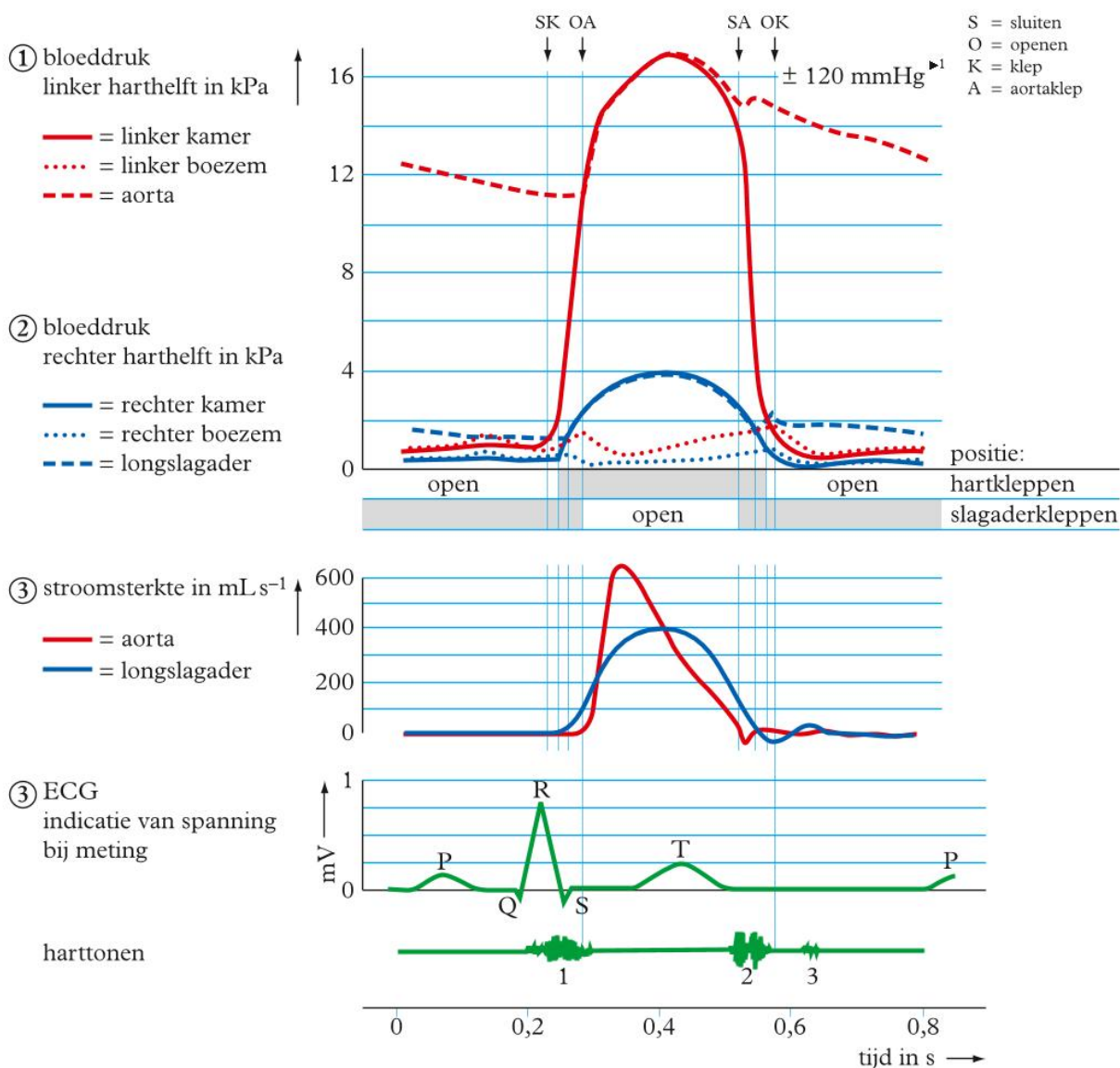


Prikkelgeleiding van het hart

2

prikkelgedrag in relatie tot het ECG





hart:

volume per kamer 130 cm^3

pompvolume per kamer 80 cm^3 per hartslag

frequentie $50\text{--}200 \text{ min}^{-1}$

hartminuutvolume (HMV) $4,5\text{--}22 \text{ Lmin}^{-1}$

bloed:

dichtheid $1,05 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

gemiddelde snelheid in de aorta $0,40 \text{ ms}^{-1}$

viscositeit $5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$

viscositeit plasma $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$

P-top depolarisatie van de boezemspier (atriumspier)

Q-, R-, S-top

(QRS-complex) depolarisatie van de kamerspier (ventrikelspier)

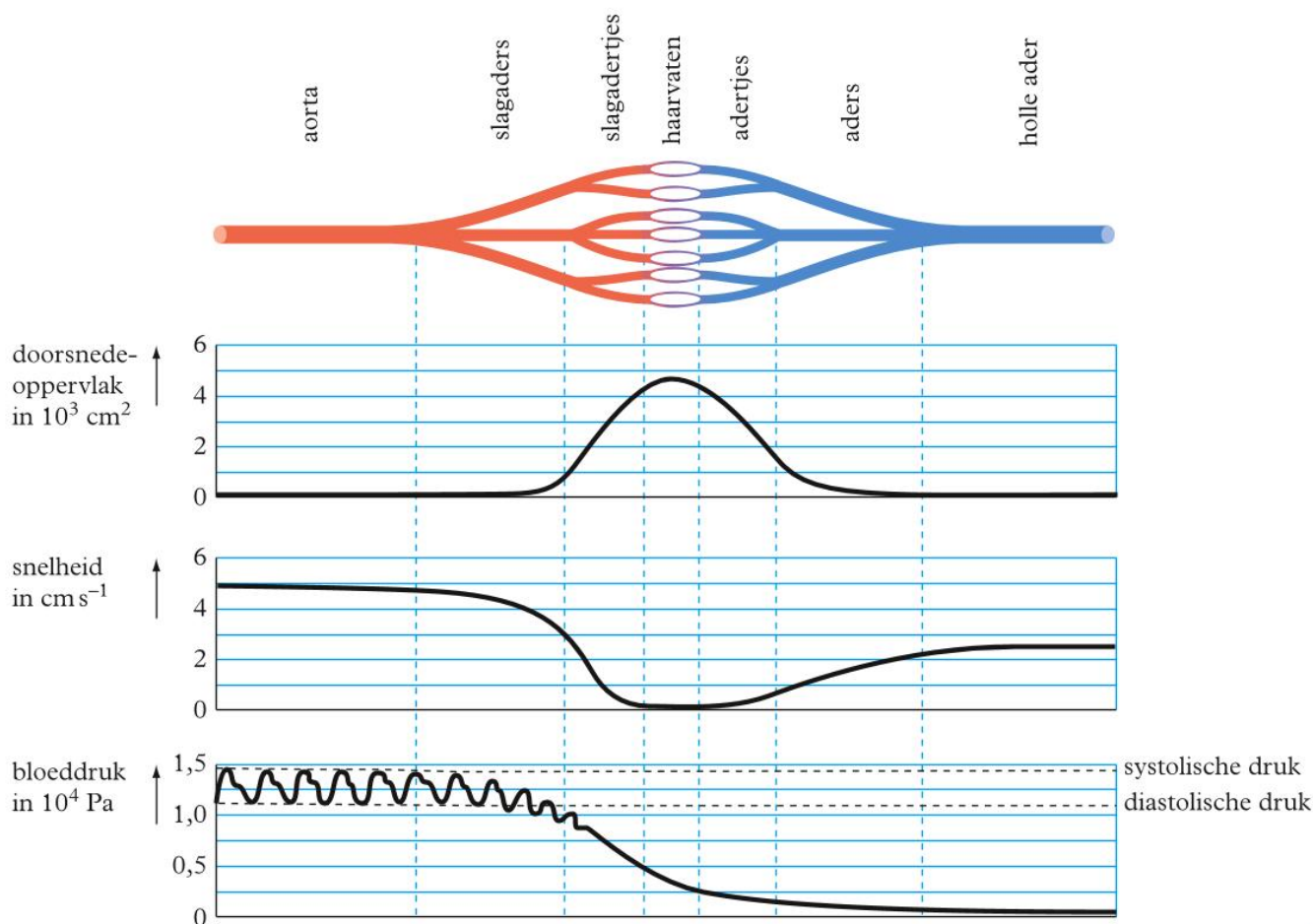
T-top repolarisatie van de kamerspier

repolarisatie van de boezemspier valt in tijd samen met het QRS-complex.

1 ► mmHg = 133 Pa: zie tabel 5.

Bloeddruk in het bloedvatstelsel

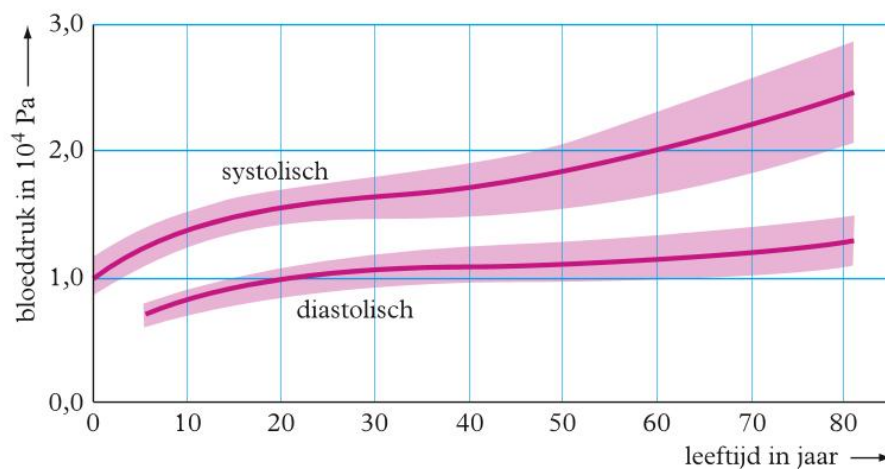
1



Bloeddruk als functie van de leeftijd

2

gemiddeld over ca. 20 000 proefpersonen in rust met standaarddeviatie



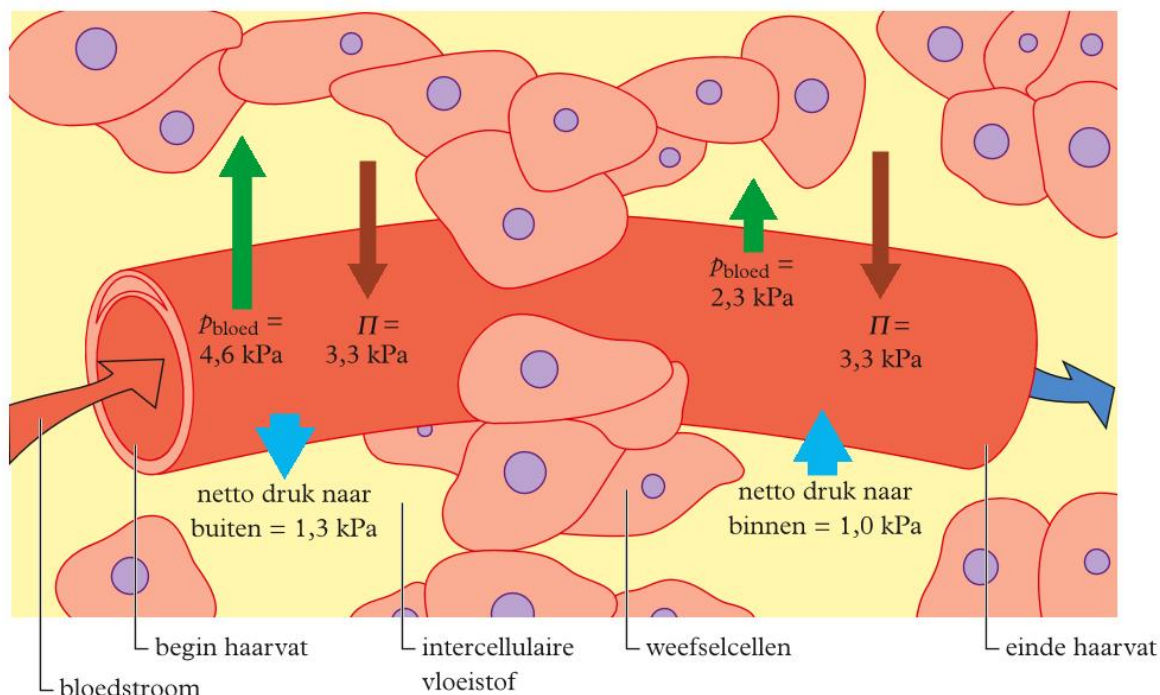
Bloedverdeling over de organen

F

verdeling van bloed over organen in %

	buikorganen	hart	nieren	skelet	hersenen	huid	spieren
rust	20-25	4-5	20	3-5	15	5	15-20
zware arbeid	3-5	4-5	3	0,5-1	3-4	80-85	

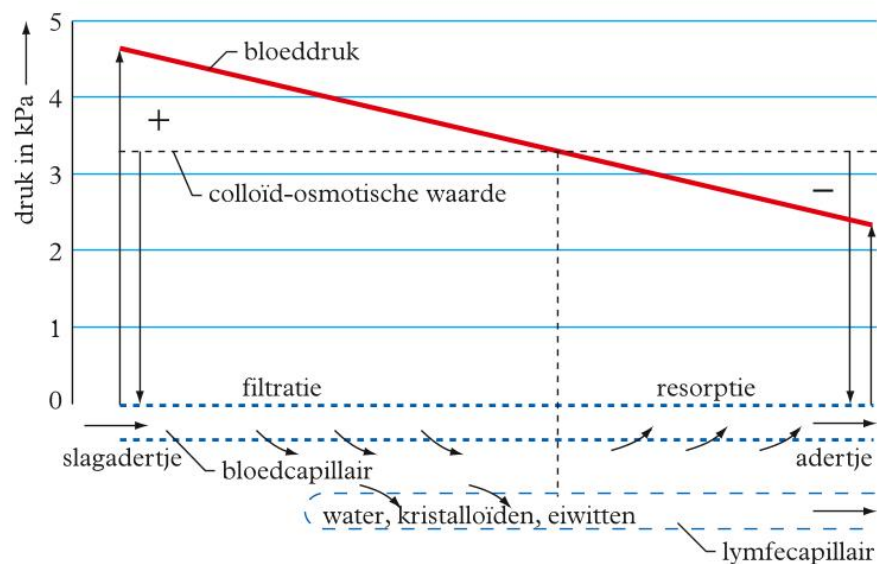
schematische weergave



■ Π = osmotische waarde

p_{bloed} = bloeddruk

grafische weergave

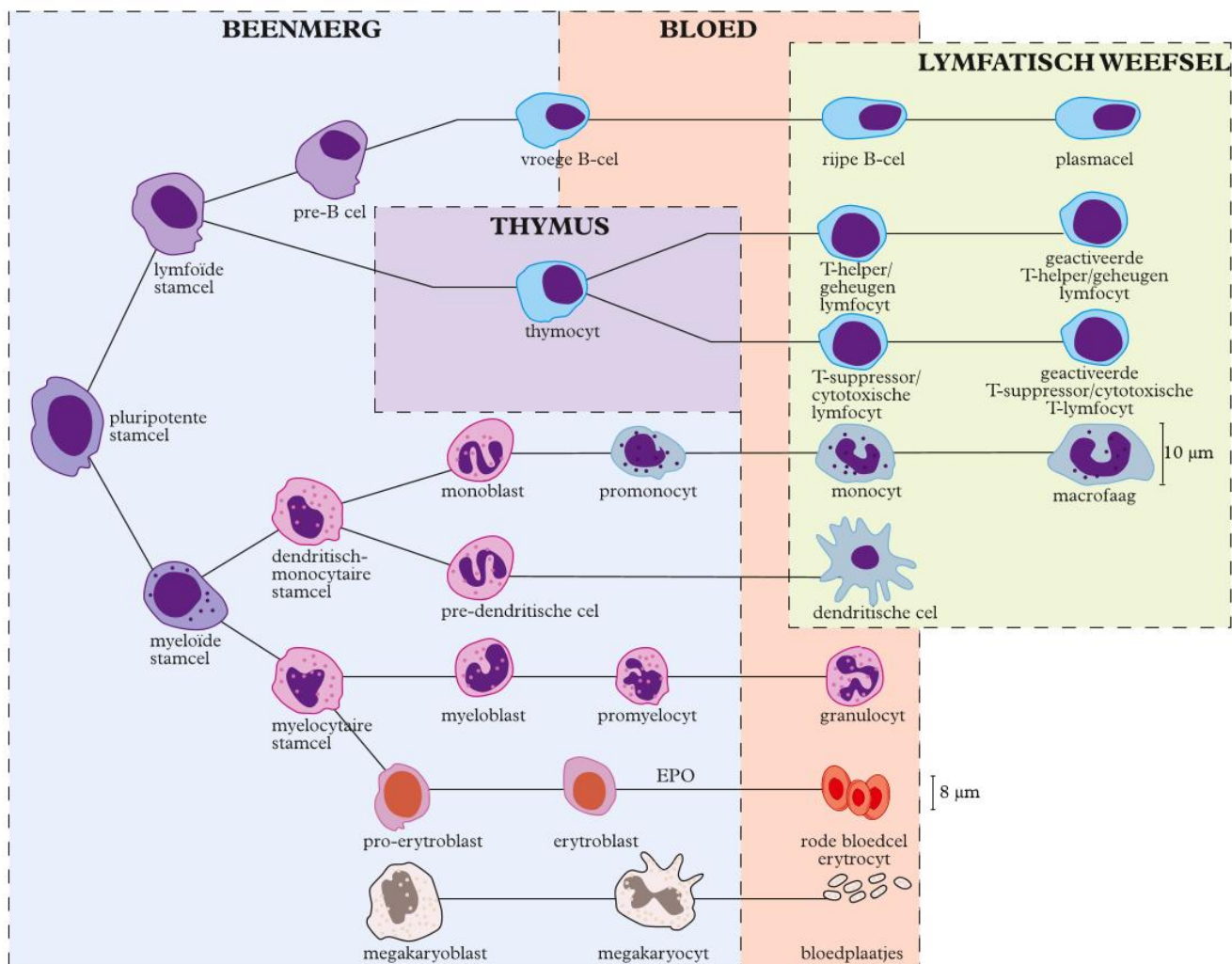


■ Links van de verticale stippellijn is de hydrostatische druk hoger dan de colloïd-osmotische waarde en heeft de overhand op de vochtuittrekking. Rechts van deze stippellijn treedt resorptie op als gevolg van het overwicht van de colloïd-osmotische waarde. Al het uitgetreden eiwit en een gedeelte van het interstitiële vocht worden afgevoerd via de lymfocapillairen.

■ In de medische fysiologie is mmHg als eenheid van bloeddruk blijvend erkend; zie tabel 5.

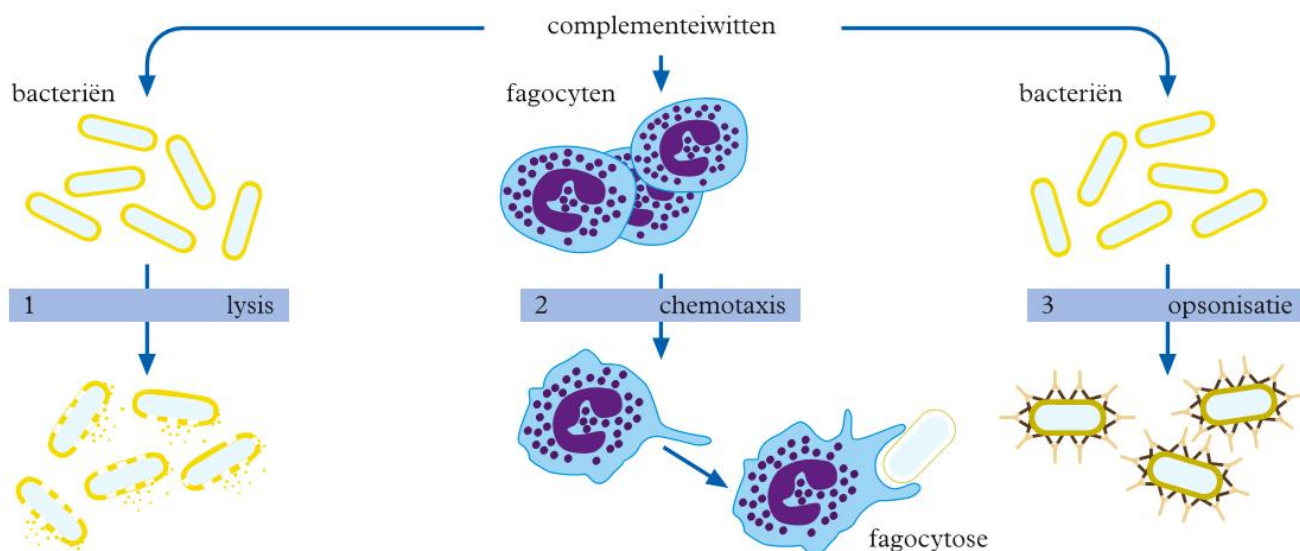
samenstelling	hoeveelheid
vaste bestanddelen (hematocriet)	42 – 47 volume-% van het bloed
	aantal per mm^3 bloed
• rode bloedcellen	$4,2 \cdot 10^6 - 6,2 \cdot 10^6$
• bloedplaatjes	$0,14 \cdot 10^6 - 0,34 \cdot 10^6$
• witte bloedcellen	$5 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^3$
- neutrofiële granulocyten	40 – 70%
- lymfocyten	20 – 40%
- monocyten	2 – 10%
- eosinofiele granulocyten	1 – 6%
- basofiele granulocyten	< 1%
plasma	53 – 58 volume-% van het bloed
• water	92 volume-% van het plasma
• eiwitten	7 volume-% van het plasma
	concentratie in g L^{-1} plasma
- albumine ($M = 6,9 \cdot 10^4$)	32 – 50
- globulinen ($M = 1 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^7$)	15 – 30
- fibrinogeen	2 – 5
• overige stoffen	concentratie in g L^{-1} plasma
- glucose	0,6 – 1,3
- cholesterol	1,3 – 3,5
- bilirubine	0,0 – 0,011
- ureum	0,14 – 0,40
- natriumionen	3,1 – 3,6
- kaliumionen	0,12 – 0,21
- calciumionen	0,08 – 0,12
- ijzerionen	0,0004 – 0,0021
- chloride-ionen	3,6 – 3,8
- diverse andere stoffen	sterk wisselend

■ De hoeveelheid bloed bij de mens bedraagt ca. $\frac{1}{13}$ e deel van het lichaamsgewicht.



■ Sommige stadia zijn niet getekend omdat er geen verschillen in anatomie met het voorstadium zijn.

■ De rijpingsprocessen worden door vele hormonen beïnvloed, waaronder EPO en interleukinen (IL).



Niet-specifieke barrières tegen binnendringen van micro-organismen

<i>lichaams- oppervlak</i>	<i>fysische barrière voor micro-organismen</i>	<i>biochemische barrière voor micro-organismen</i>
huid	een voor de meeste micro-organismen ondoordringbare aaneengesloten laag van dode, verhoorde cellen	verlaagde pH door melkzuur en vetzuren uit zweetklieren en talgklieren; remmende stoffen uitgescheiden door commensalen
neusholte	neusharen (houden deeltjes tegen) en trilhaar- epitheel (zorgt voor slijmstroom naar de keelholte, waar het slijm wordt doorgeslikt)	lysozym (tast bacteriecelwand aan)
luchtpijp	trilhaarepitheel (zie neusholte)	
ogen	stroming van traanvocht	lysozym (tast bacteriecelwand aan)
mond- en keelholte	speeksel en slijm (wordt doorgeslikt)	lysozym en thiocynaat (remmende stoffen)
maag		zeer lage pH en eiwitverterende enzymen
darmen	vloeistofstroom (snel bij diarree)	eiwitverterende enzymen; remmende stoffen, uitgescheiden door autochtone bacteriën
urinelwegen	vloeistofstroom	
vagina	slijmlaag	lage pH (door commensale bacteriën)

Niet-specifieke en specifieke afweer

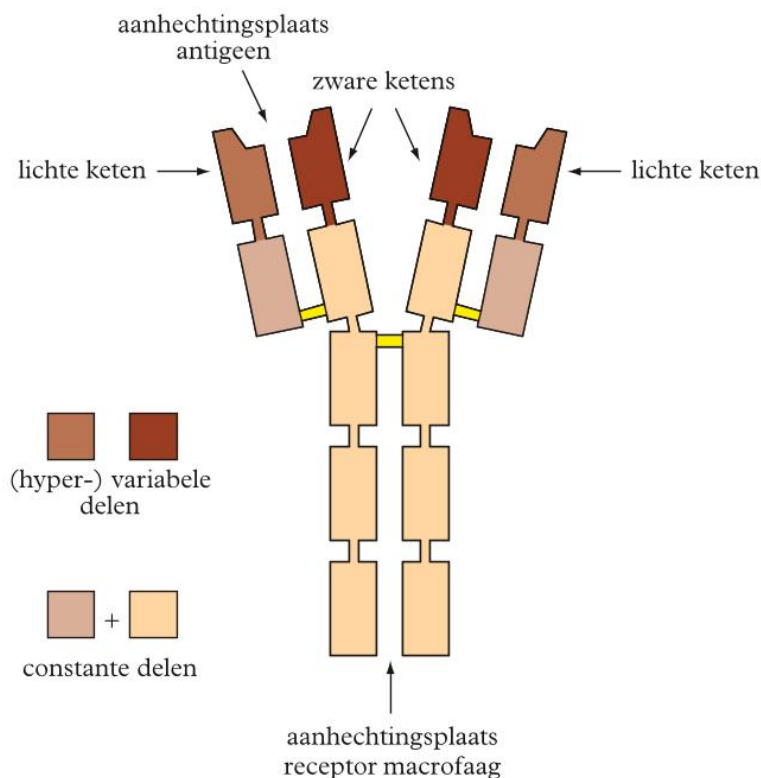
<i>niet-specifieke afweer (aangeboren)</i>	<i>specifieke afweer (verworven)</i>
fysische barrière (huid, slijmvliezen)	humorale immuniteit door B-lymfocyten (productie antistoffen)
chemische barrière (lysozymen, complement- eiwitten en interferonen)	cellulaire immuniteit door T-lymfocyten (T-helper-cellen, cytotoxische T-cellen en T-suppressorcellen)
‘natural killer’-cellen	
fagocyten	
ontstekingsreactie en koorts	
gericht tegen meerdere typen ziekteverwekkers	telkens gericht tegen één type ziekteverwekker
weerstand blijft gelijk, ook na herhaalde infectie	weerstand neemt toe na herhaalde infectie door de vorming van geheugencellen

Ontstekingsreactie

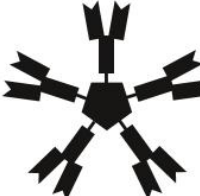
Bij infectie of schade aan een weefsel geven getroffen cellen mediators (signaalmoleculen) af waardoor

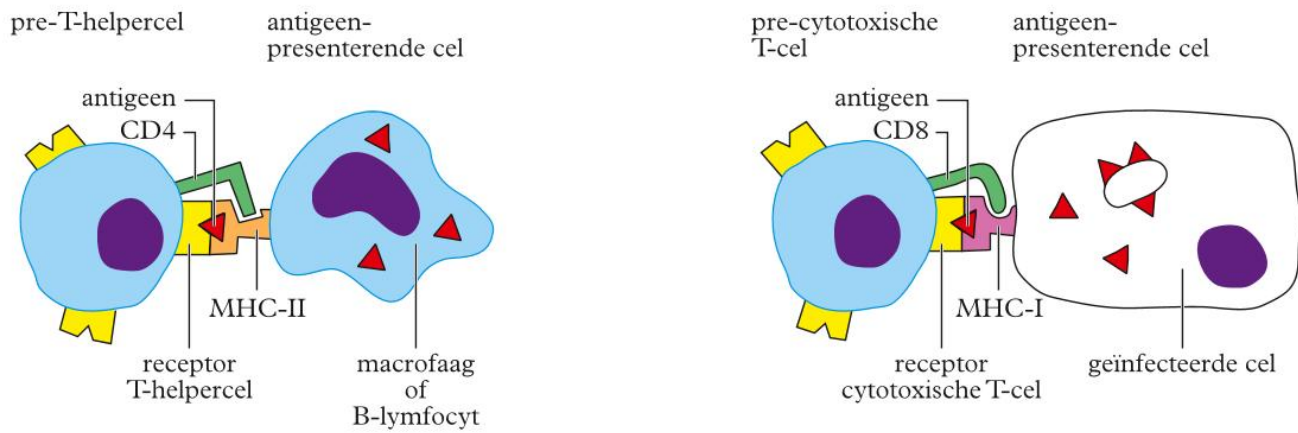
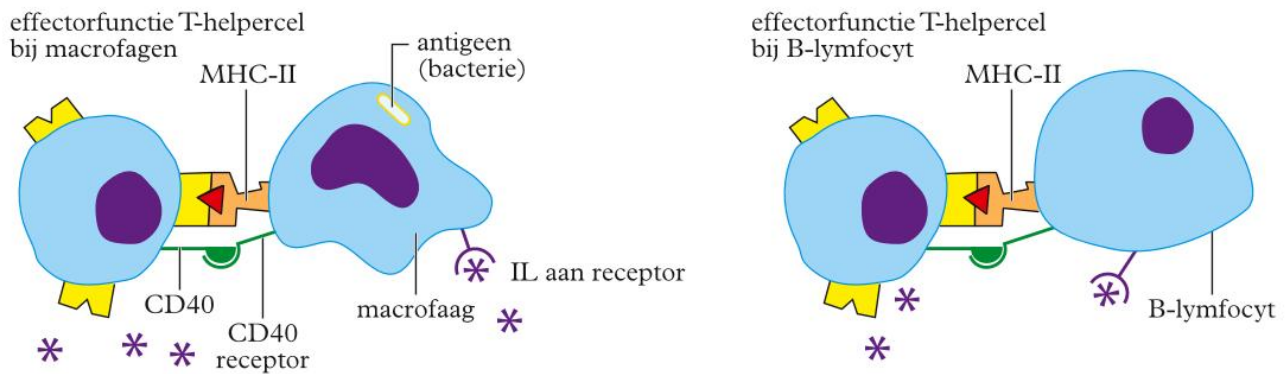
- doorbloeding van het weefsel toeneemt (door bloedvatverwijding)
- fagocyten door chemotaxis naar de ontstekingshaard migreren
- langskomende fagocyten aan de haarvatwand hechten, m.b.v. niet-specifieke receptoren (→ fagocytose)
- doorlaatbaarheid van de haarvaten groter wordt (→ uitlekken van vocht en plasma-eiwitten → weefselzwellen)

basisstructuur



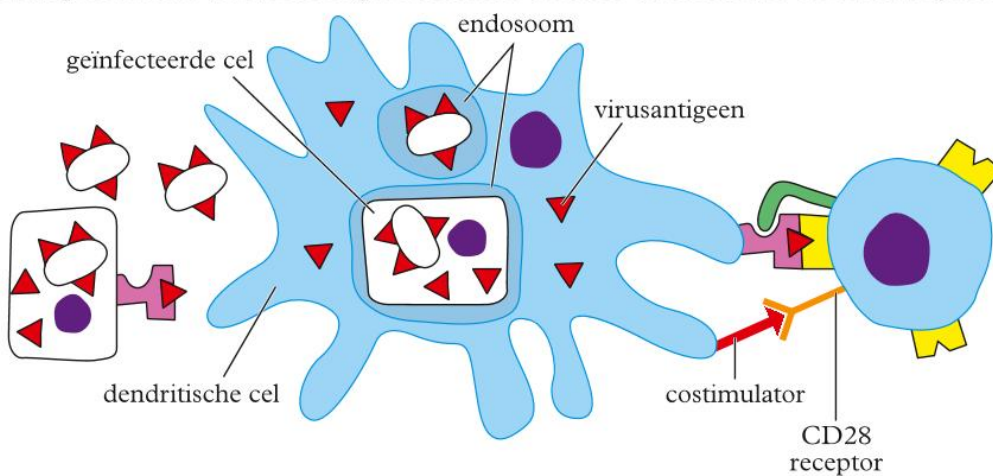
enkele eigenschappen van de hoofdgroepen van antistoffen

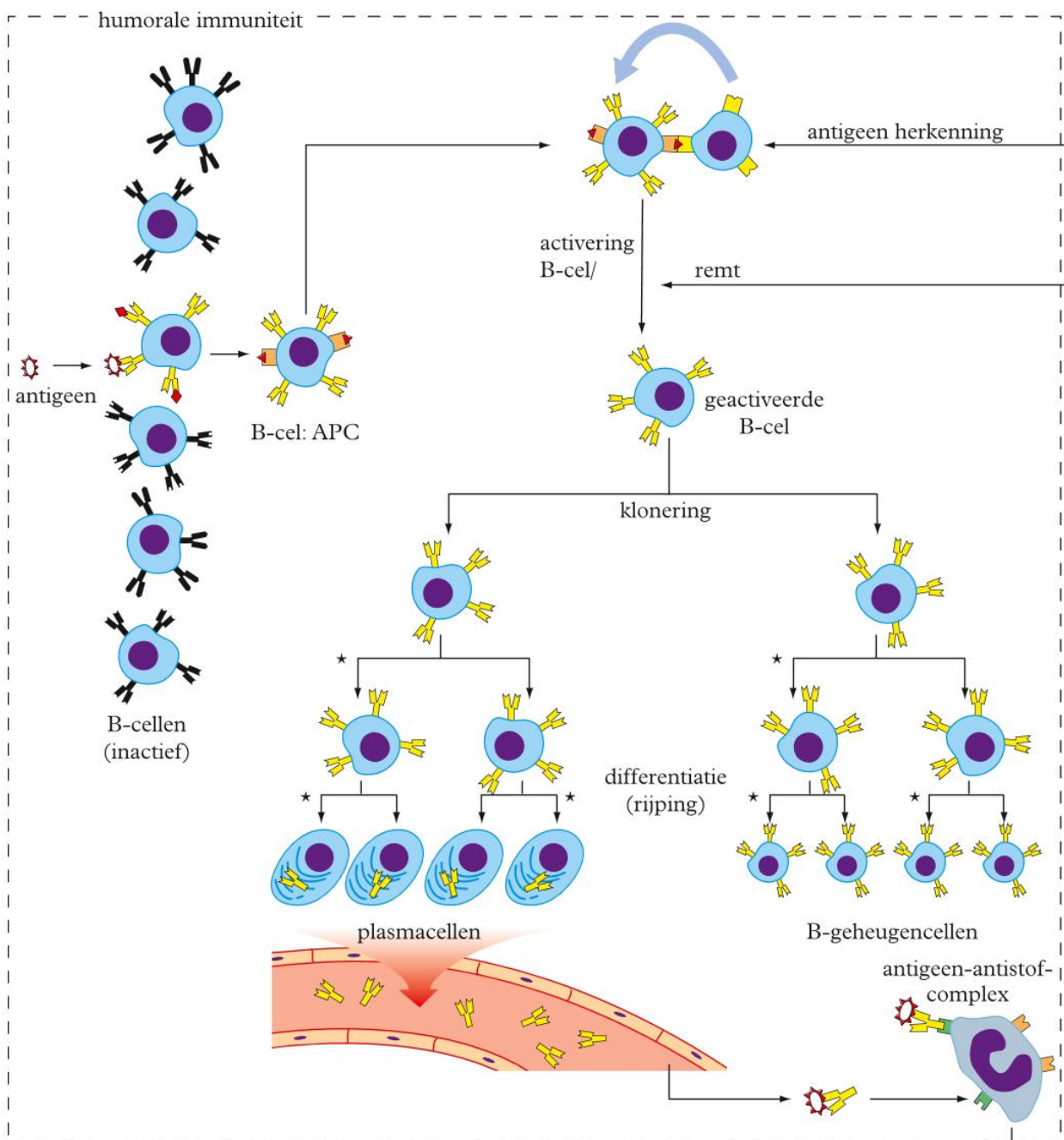
	IgG	IgA	IgM	IgD	IgE
molecuul-massa in u	150 000	385 000	900 000	185 000	200 000
% van totale hoeveelheid antistoffen	80	13	6	0 - 1	0,002
voorkomen/kenmerken	in lichaams-vloeistoffen, vooral buiten de vaten: - in geringe mate in speeksel - darmsap - geringe hoeveelheid in moedermelk	in slijm en andere afscheidings-producten: - traanvocht - speeksel - luchtwegen - darmsap - vaginaal slijm - moedermelk in lymfeknoop van keel en neus, darmslijmvlies en luchtwegen	in lichaams-vloeistoffen, bevorderen de klontering	aan het oppervlak van B-lymfocyten	in lichaams-vloeistoffen: - slijm luchtwegen - darmsap bij overmaat vorming: allergische reacties
kunnen door placenta heen	+	-	-	-	-
binding aan macrofagen	+	±	-	-	-
structuur	 IgG	 IgA	 IgM	 IgD	 IgE

binding van T-cellen aan antigeenpresenterende cellen**versterkt**

■ CD4 en CD8 zijn koppelingseiwitten.

■ Door de MHC-moleculen kunnen T-cellen onderscheid maken tussen eigen en vreemde peptiden.

kruispresentatie van virus of geïnfecteerde cel door dendritische cellen aan cytotoxische T-cel



NIC = niet geïnfecteerde cel

IC = geïnfecteerde cel

T_c-cel = cytotoxische T-cel

→ = (contact)activatie m.b.v. cytokinen

* = cytokinen, stimuleren klonering en differentiatie

APC = antigeenpresenterende cel

Y = (membraangebonden) antistofmolecuul

■ = MHC-eiwit klasse I

■ = MHC-eiwit klasse II

□ = T-celreceptoren

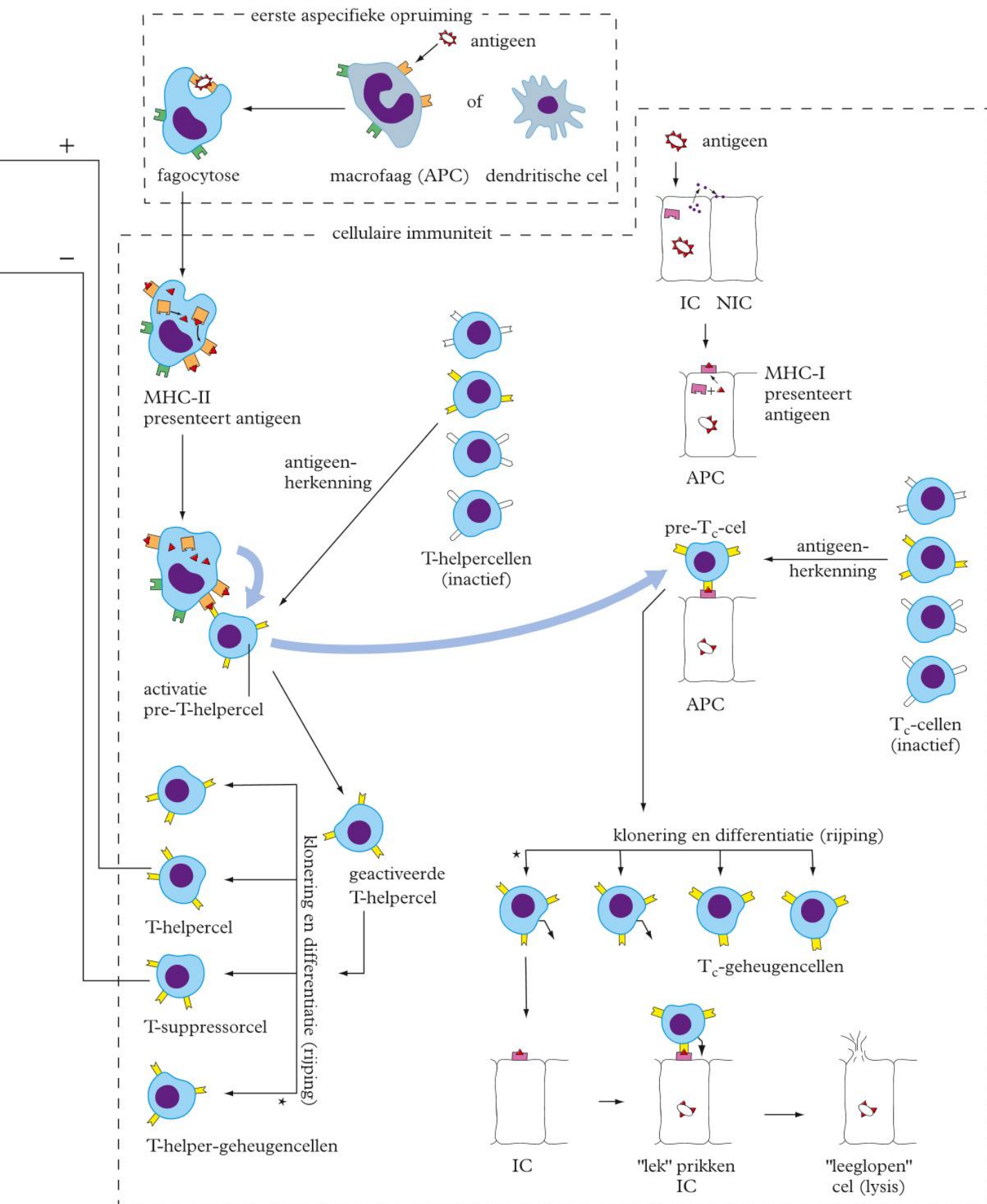
▶ = antigeenmolecuul

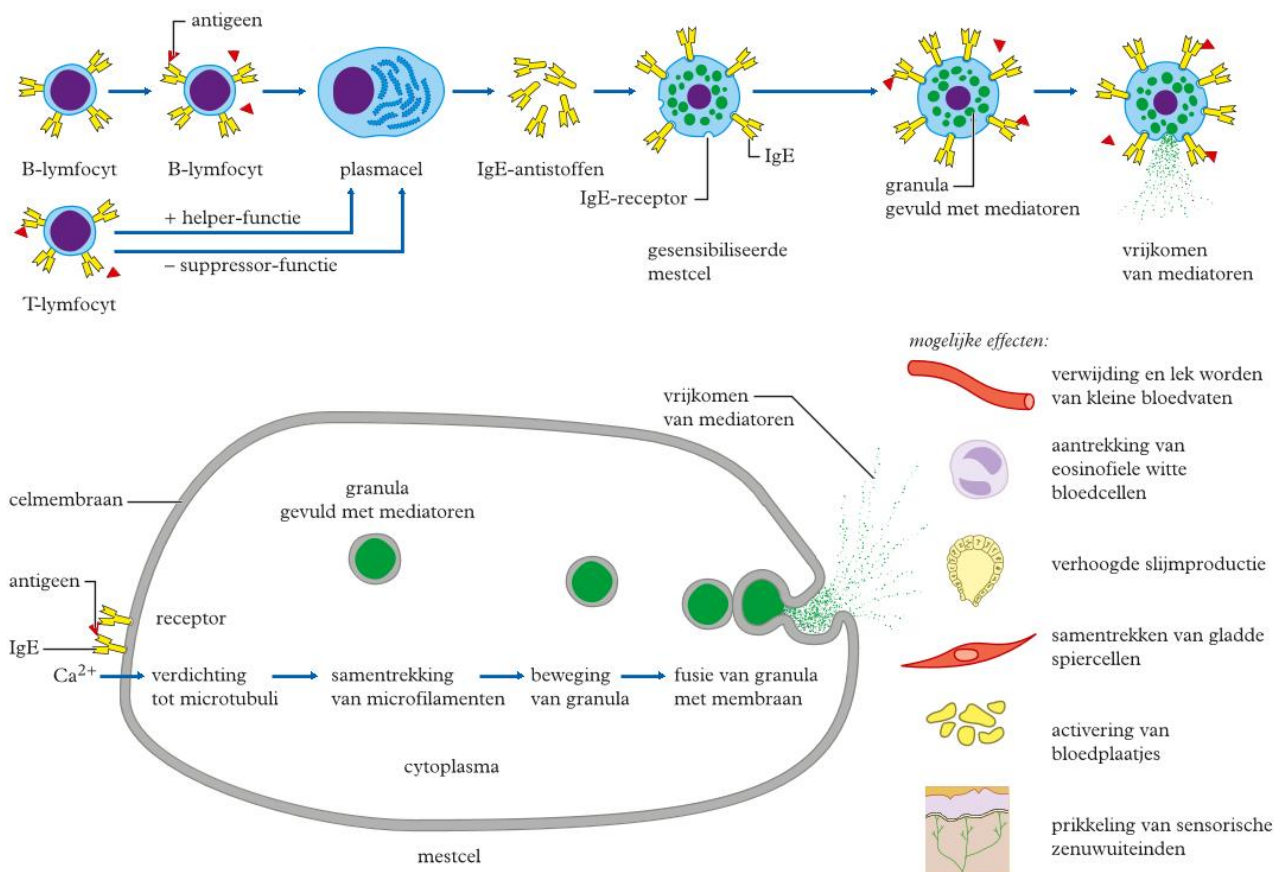
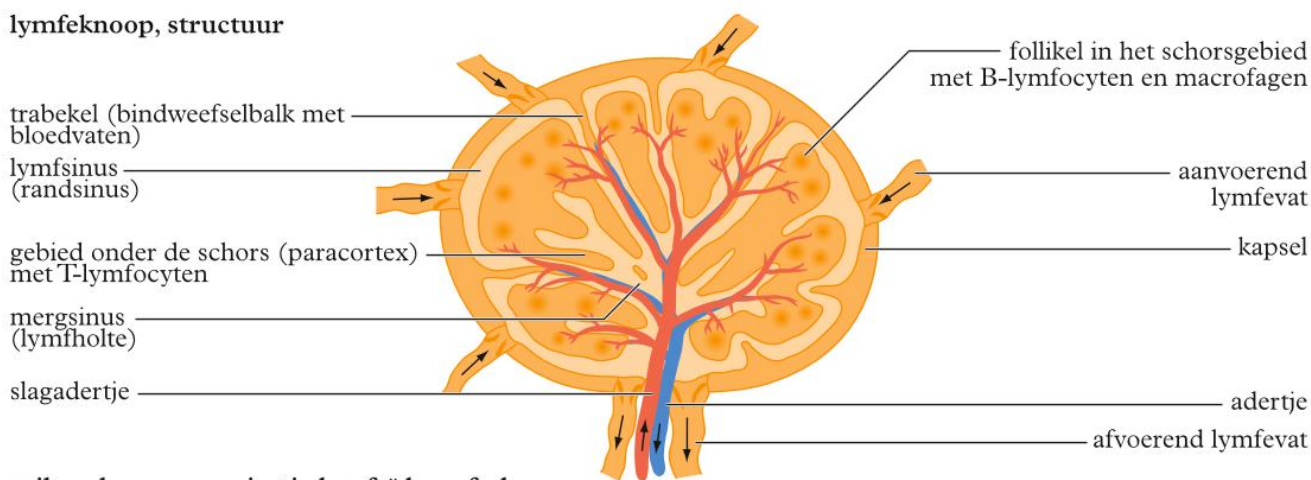
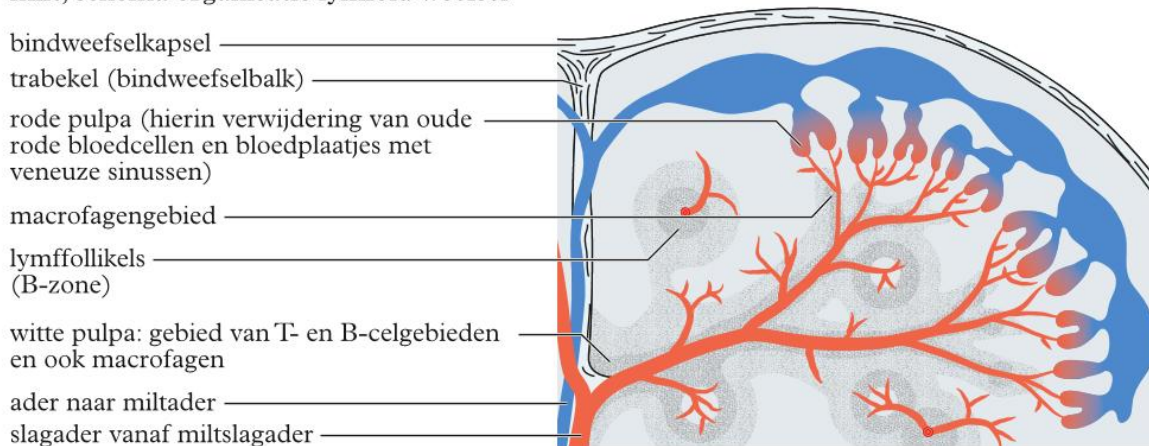
■ = antistofreceptor

■ = aspecifieke receptor

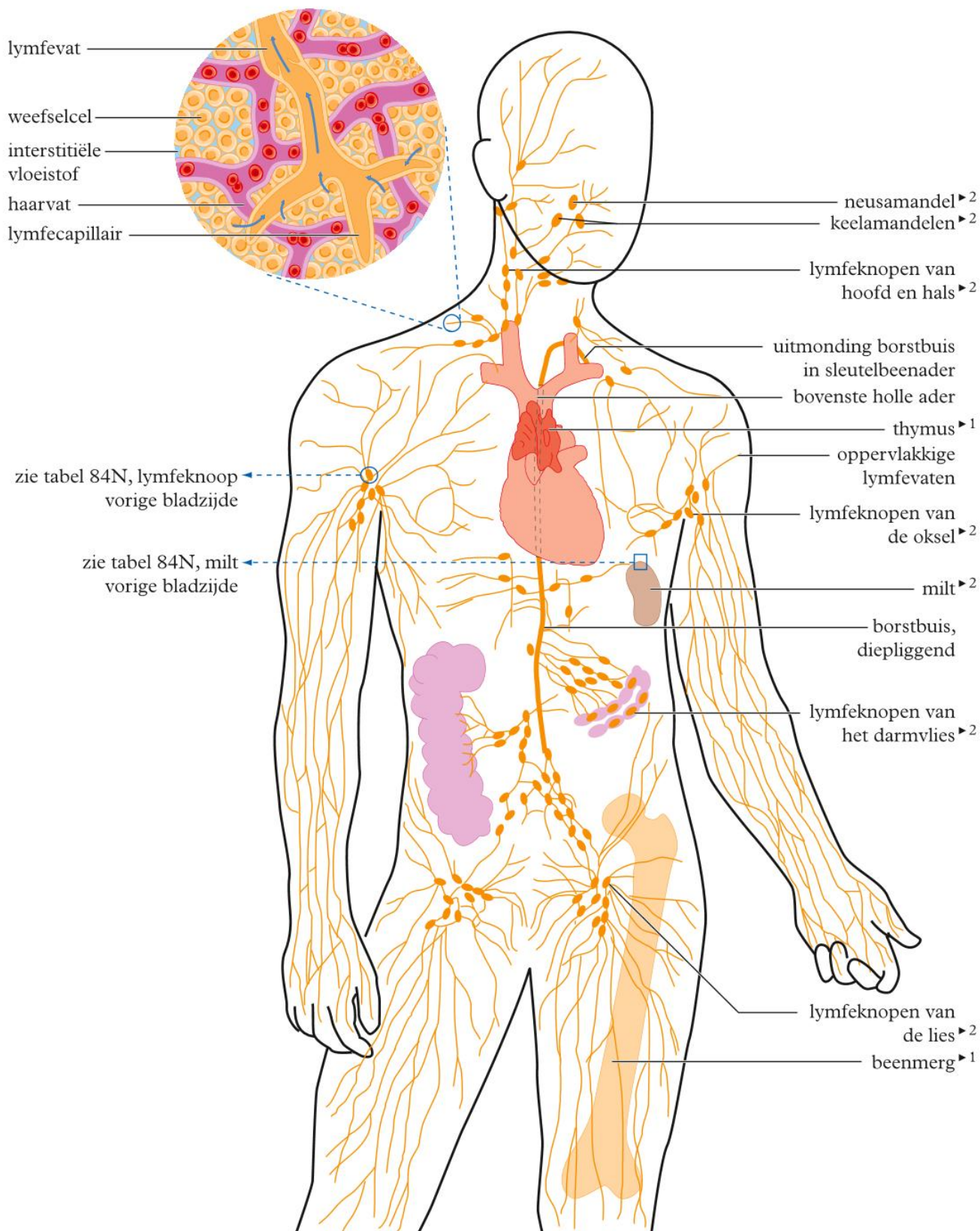
* = interferonen, waarschuwen naburige cellen

■ Bacteriën en hun toxinen worden hoofdzakelijk onschadelijk gemaakt via de humorale immunititeit, virussen en kankercellen (met lichaamsvreemde eiwitten) door de cellulaire immunititeit, aangevuld met humorale immunititeit.



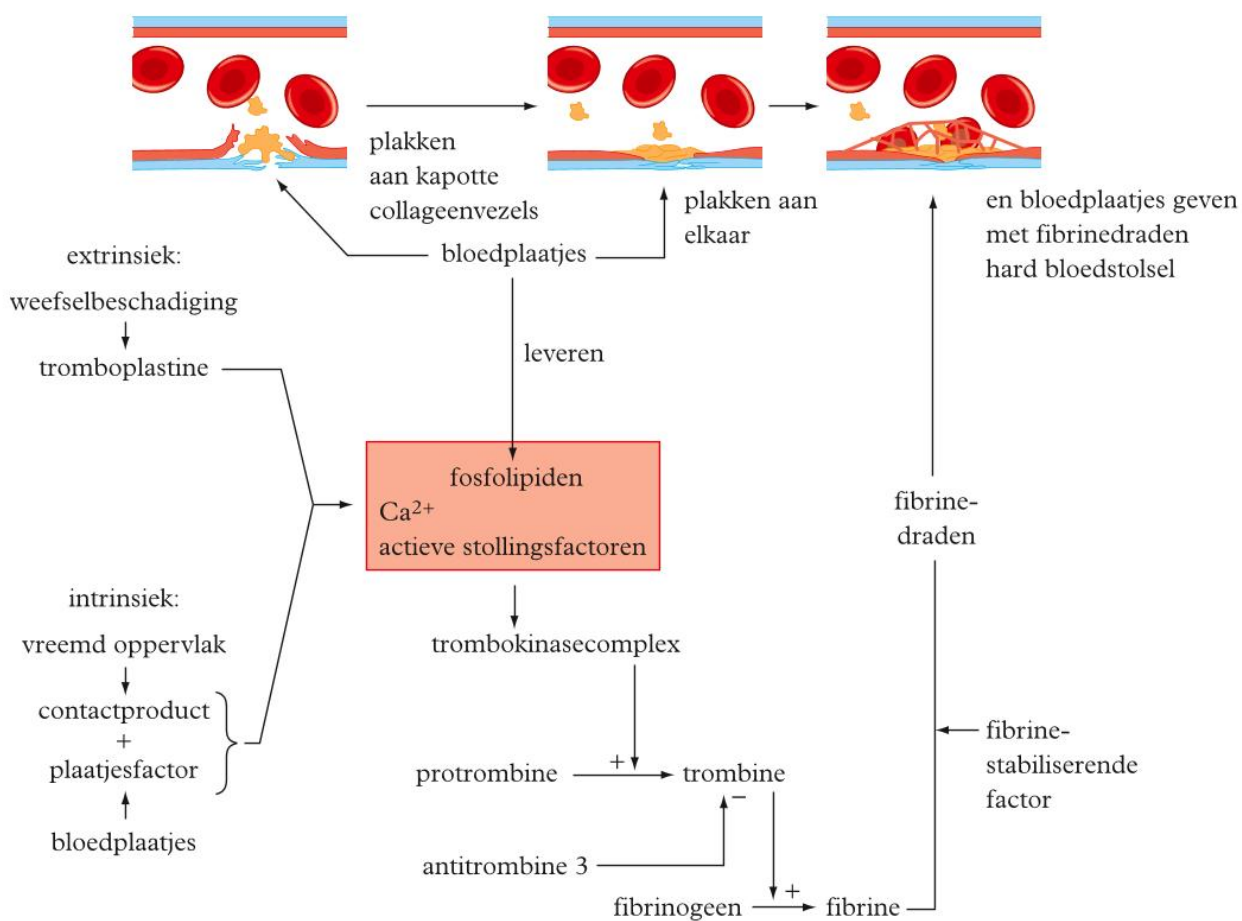
**lymfeknoop, structuur****milt, schema organisatie lymfoïd weefsel**

detail lymfevat

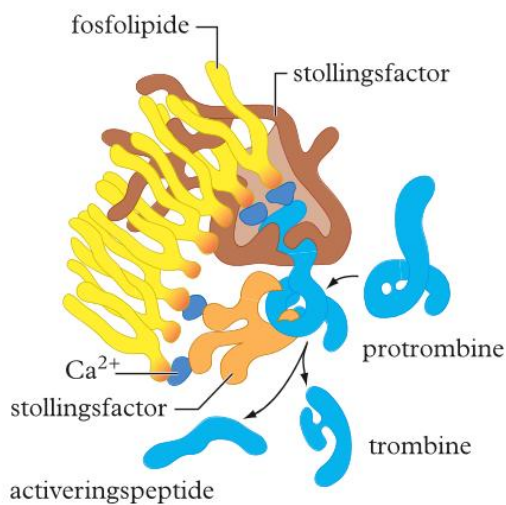


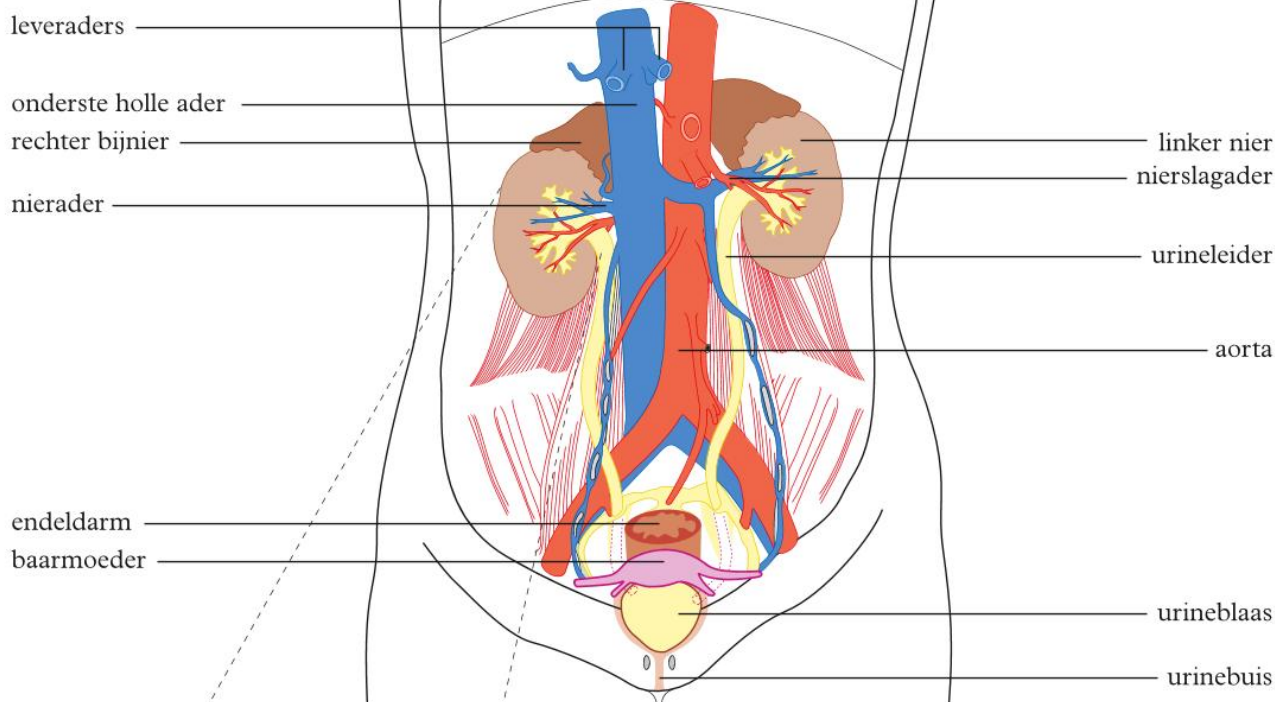
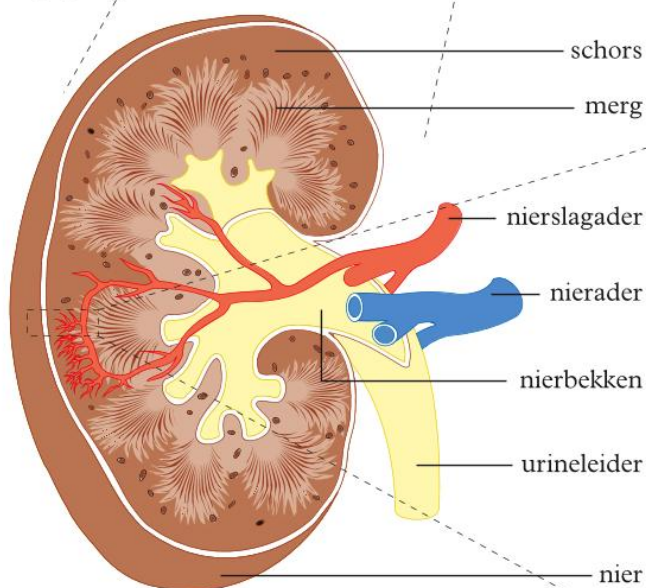
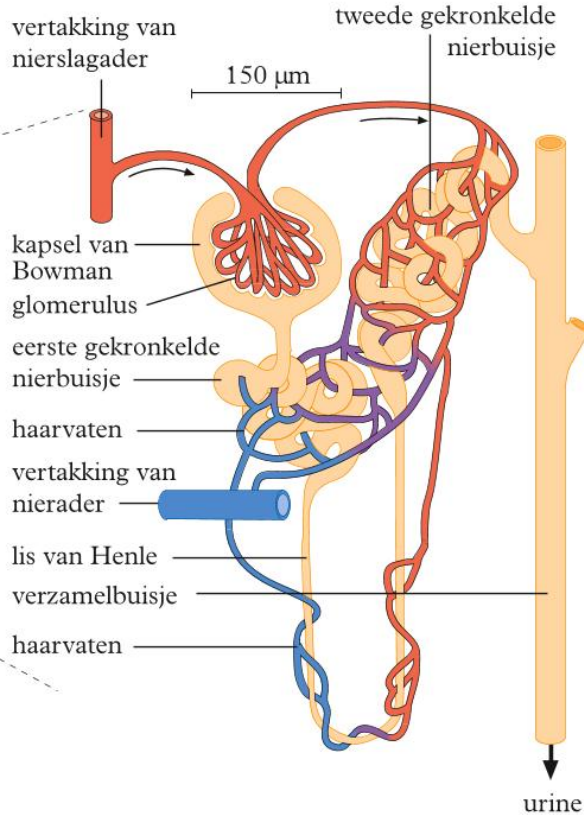
1 ► primaire weefsels van het immuunsysteem

2 ► secundaire weefsels van het immuunsysteem



splitsing van pro-trombine door het trombokinasecomplex

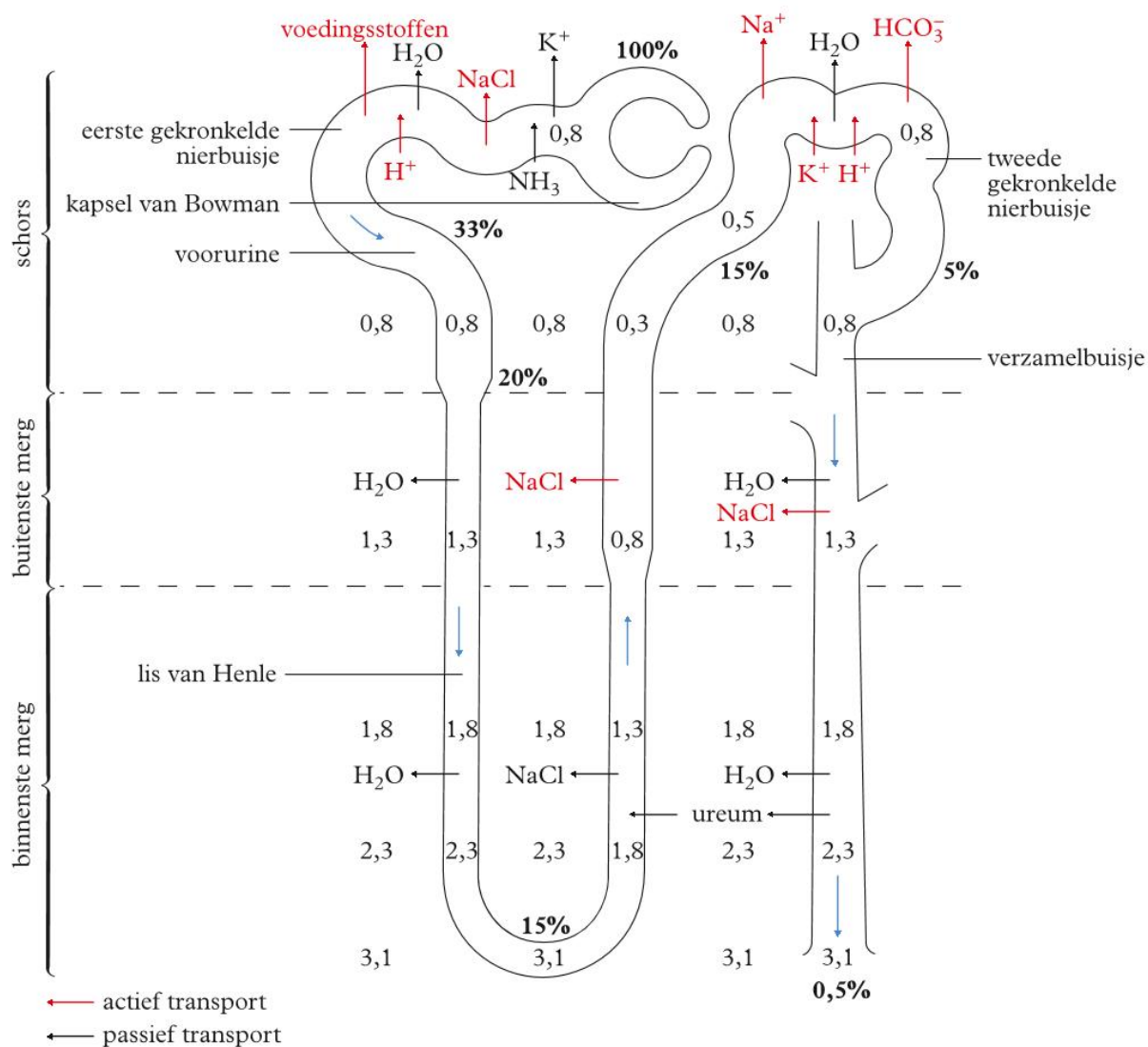


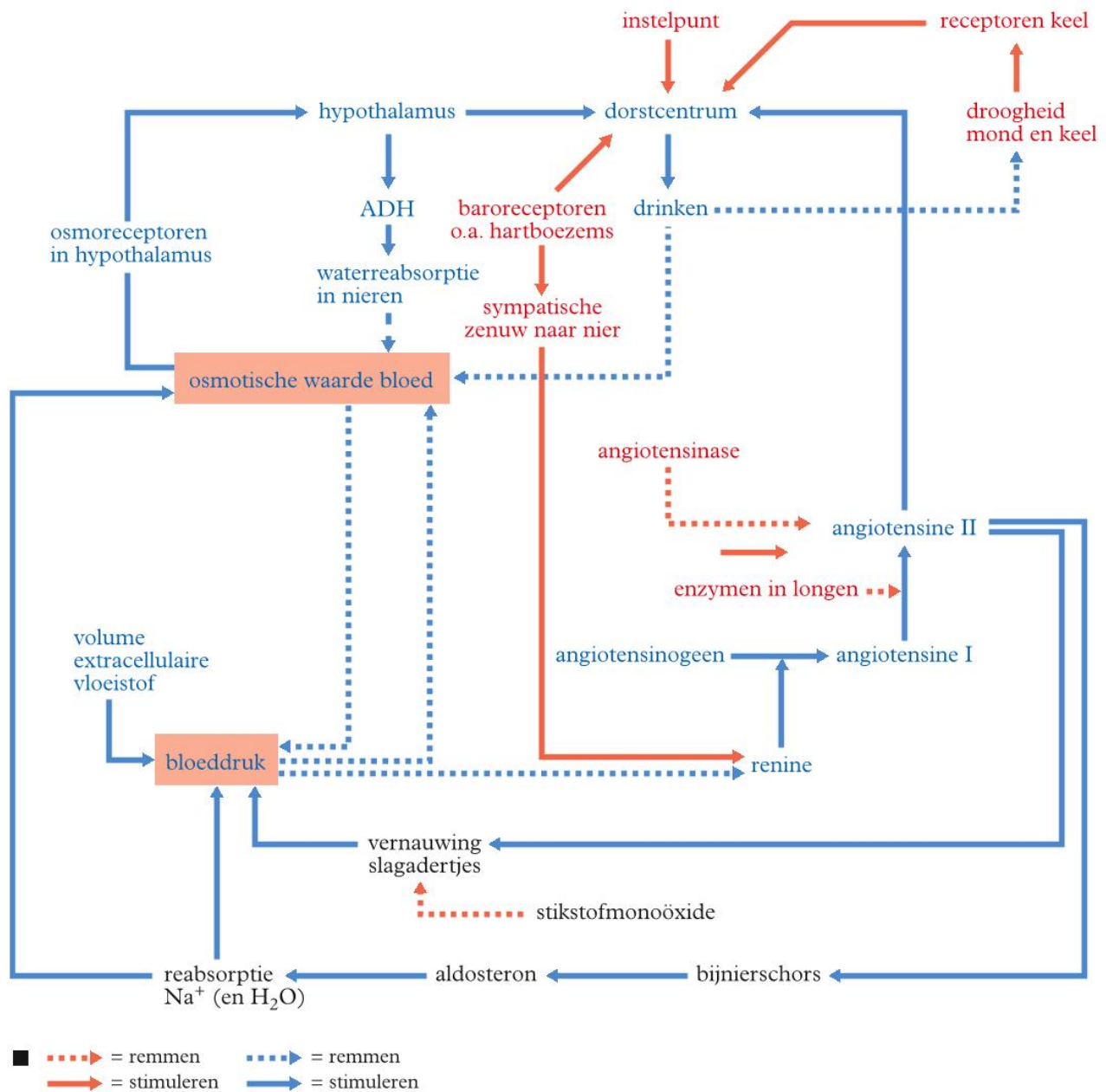
ligging in het lichaam**nier, opengewerkt****nefron**

	<i>bloedplasma bevat (in %)</i>	<i>voorurine bevat (in %)</i>	<i>urine bevat (in %)</i>	<i>concentratie- veranderingsfactor (urine/voorurine)</i>
eiwitten	7,5	—	—	—
glucose	0,1	0,1	—	—
waterstofcarbonaat	0,16	0,16	0,1	1 ×
natrium	0,4	0,4	0,35	1 ×
chloride	0,36	0,36	0,6	2 ×
calcium	0,01	0,01	0,03	3 ×
magnesium	0,005	0,005	0,02	4 ×
kalium	0,02	0,02	0,15	7 ×
fosfaat	0,025	0,025	0,4	16 ×
sulfaat	0,005	0,005	0,12	24 ×
ureum	0,03	0,03	2,0	67 ×
creatinine	0,001	0,001	0,07	70 ×

C Concentratieveranderingen in een niereenheid, nefron

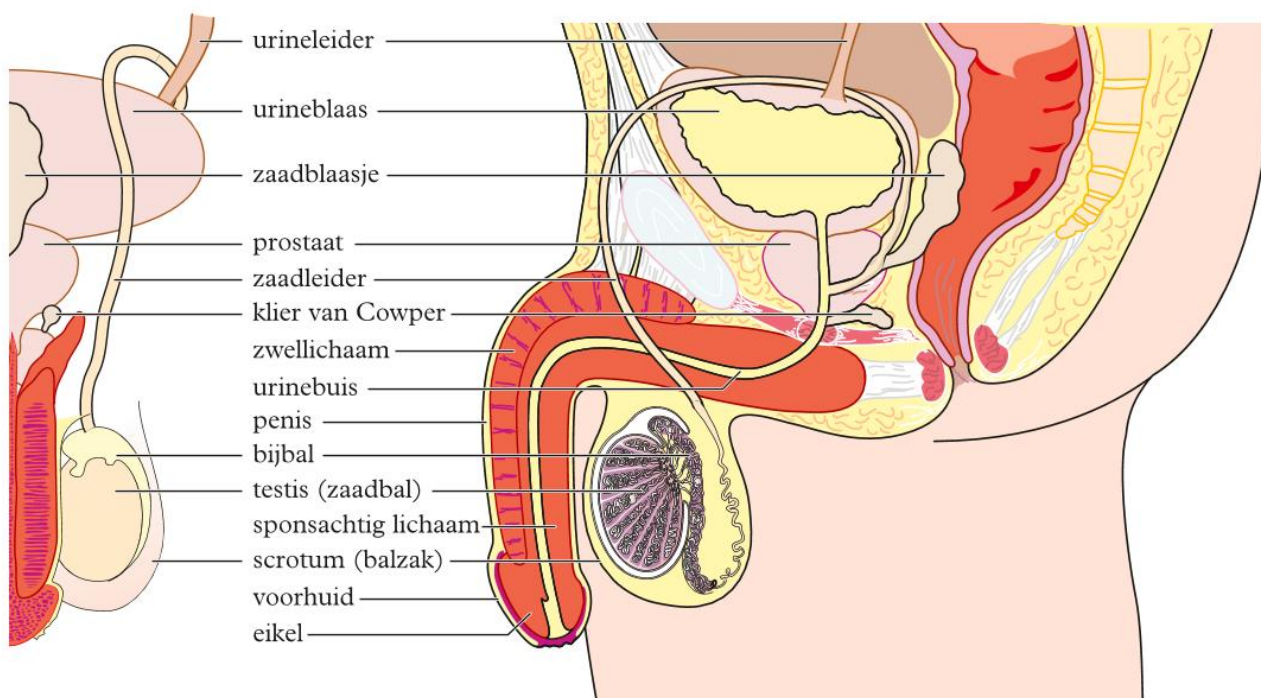
De percentages zijn de filtraatvolumes die nog aanwezig zijn tussen het kapsel van Bowman en het einde van het verzamelbuisje. De andere getallen geven de plaatselijke osmotische waarde in 10^6 Pa.



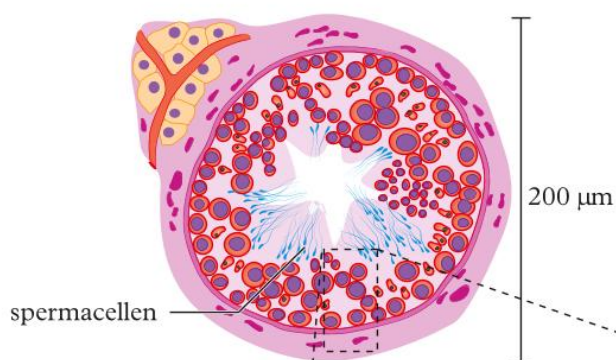


vooraanzicht, linkerhelft

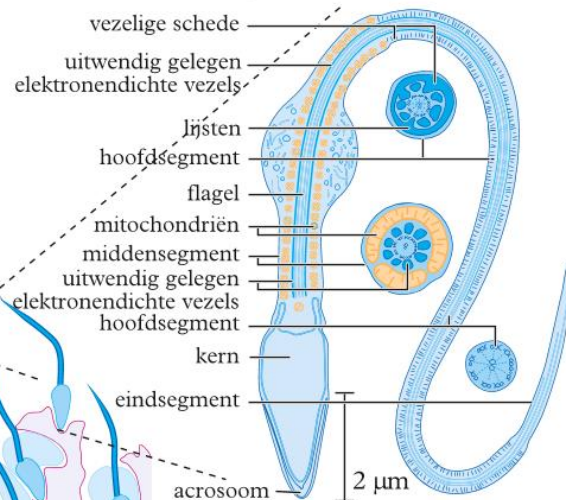
zijaanzicht, doorsnede



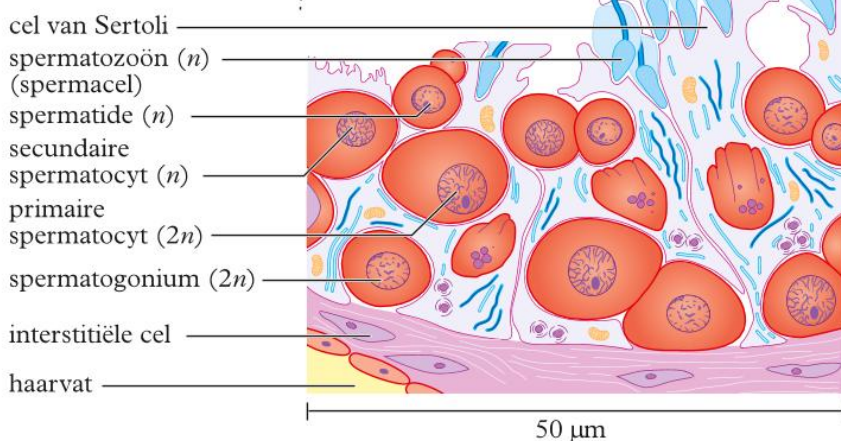
zaadbuisje



spermacel

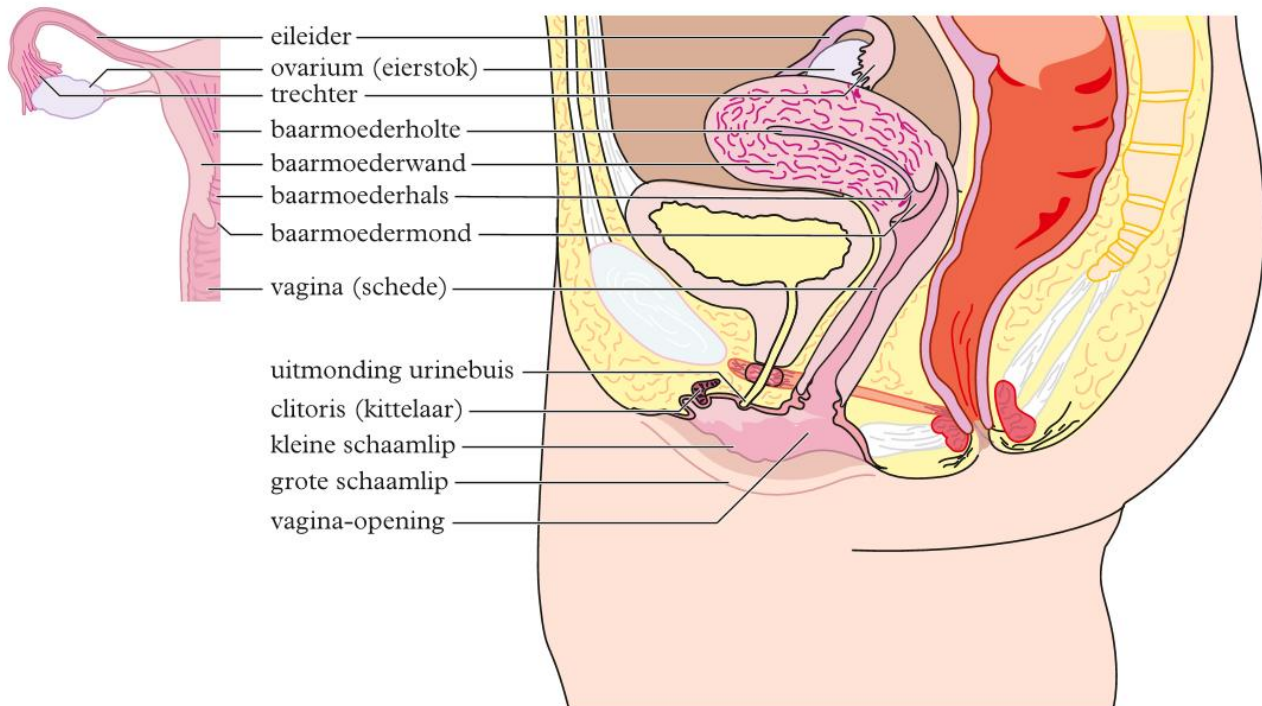


zaadbuisje, detail



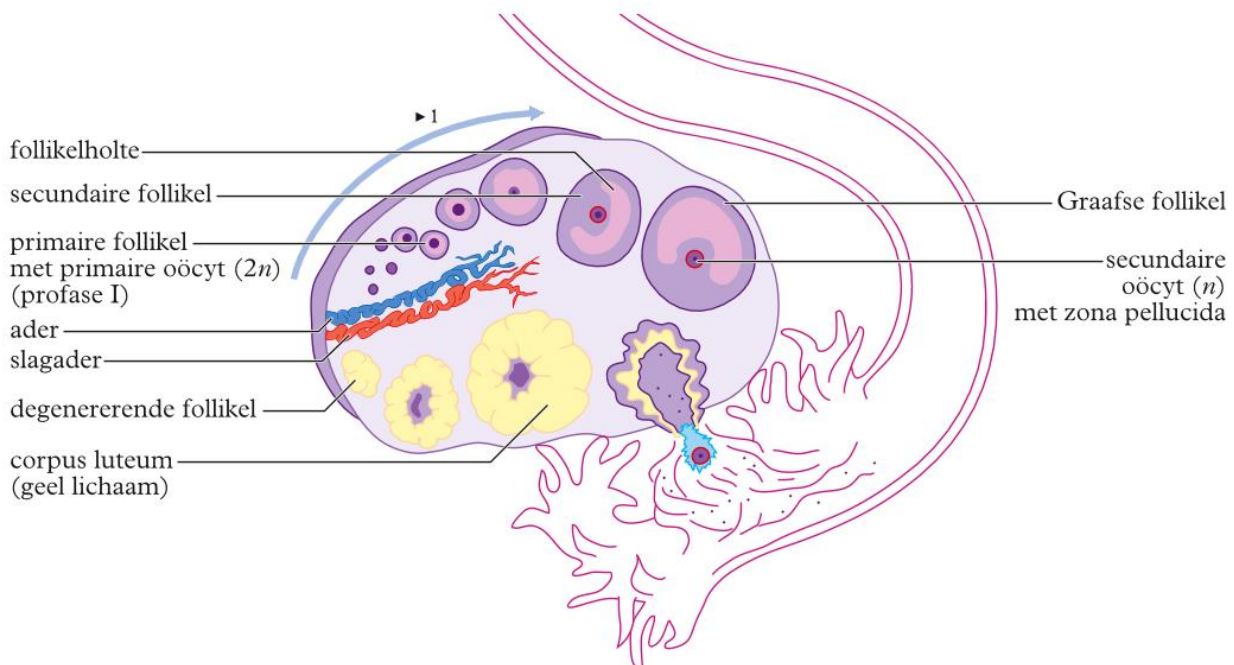
vooraanzicht, doorsnede

zijaanzicht, doorsnede



Ovarium: ontwikkelingsstadia follikel

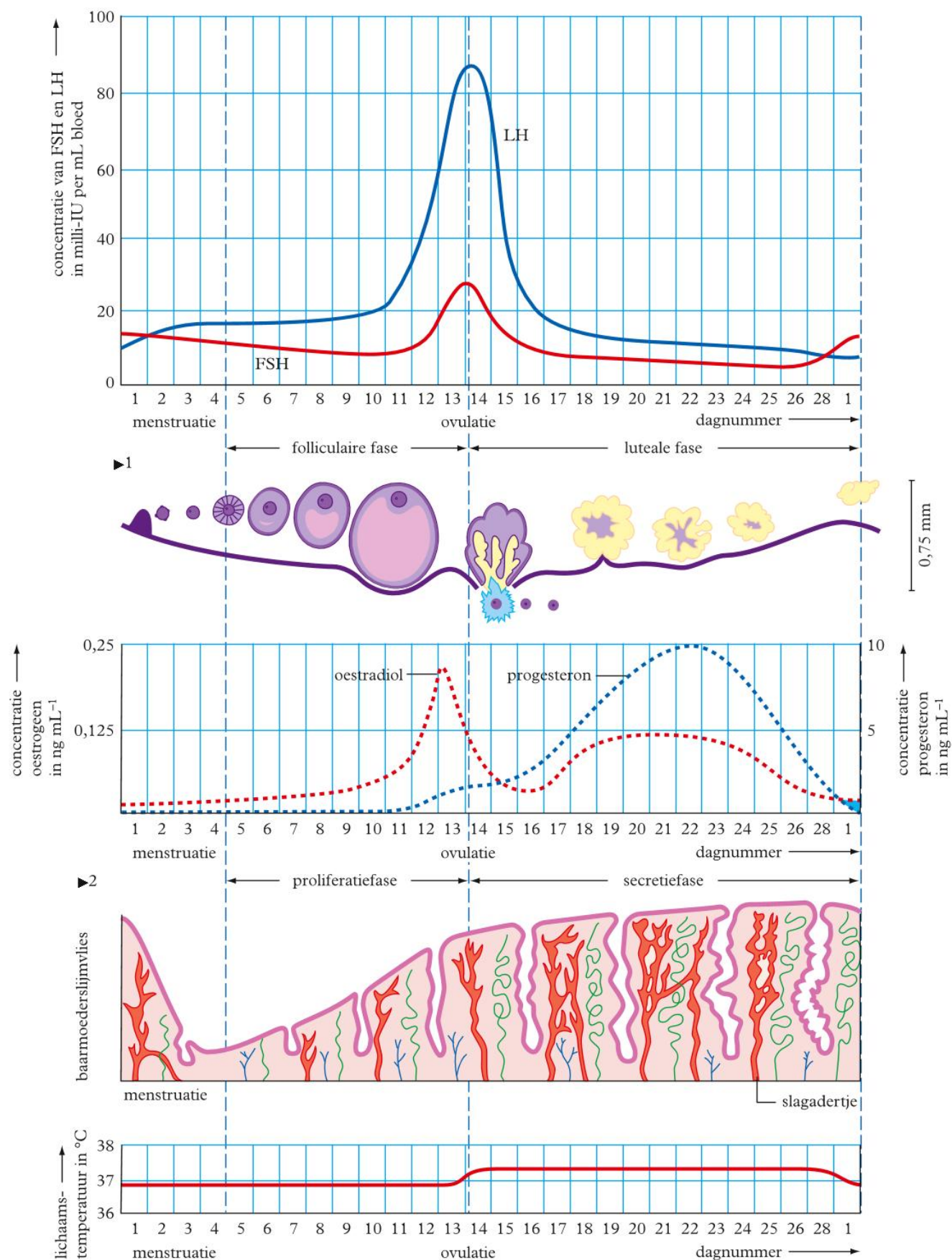
2



■ De verschillende onderdelen zijn niet op dezelfde schaal getekend.

■ De verschillende stadia komen in werkelijkheid niet alle tegelijk voor.

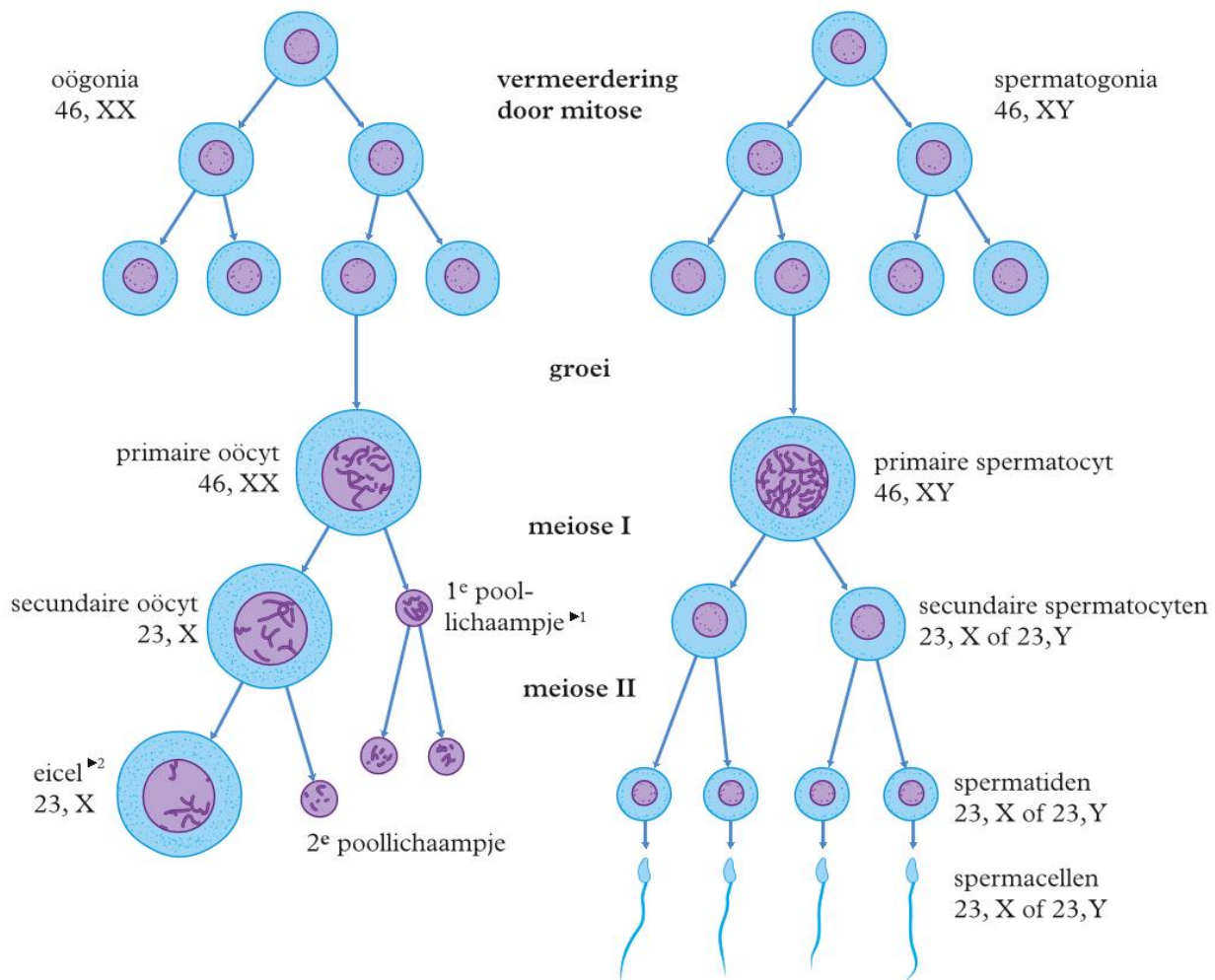
1 ► richting van ontwikkeling.



■ Zwangerschap: zie tabel 86E.

1 ► ontwikkeling follikel c.q. geel lichaam

2 ► ontwikkeling baarmoederslijmvlies met bloedvaten

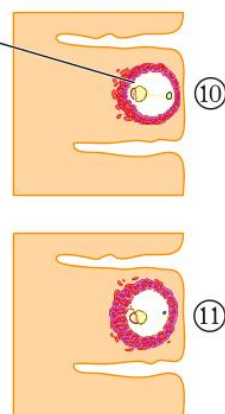
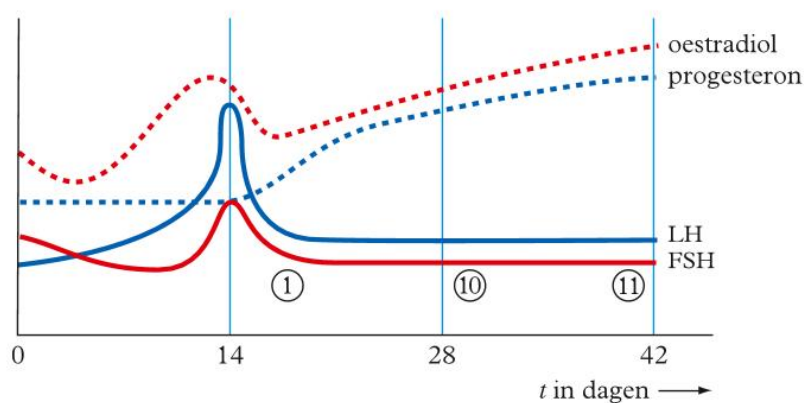
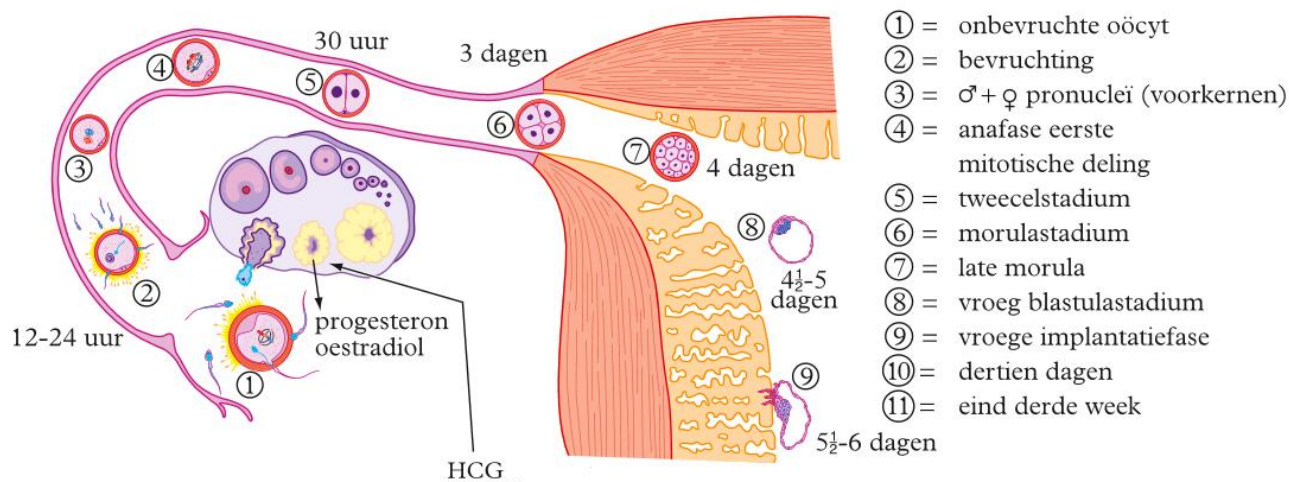


■ Mitose en meiose: zie tabel 76B.

1 ► Bij het 1^e poollichaampje kan wel of niet meiose II plaatsvinden.

2 ► Na bevruchting wordt de meiose II in de eikel voltooid.

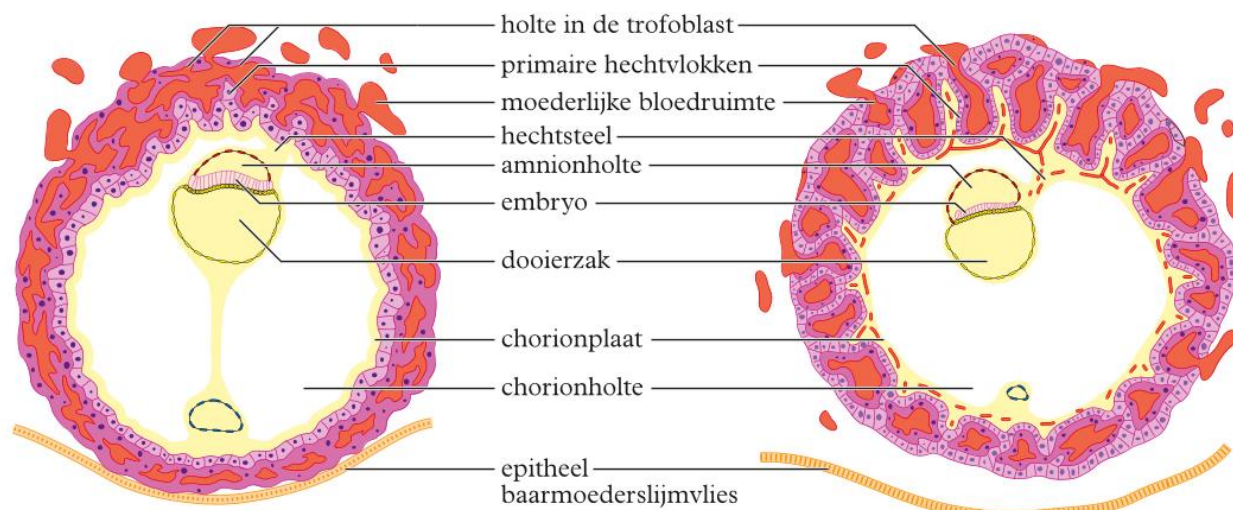
eerste weken



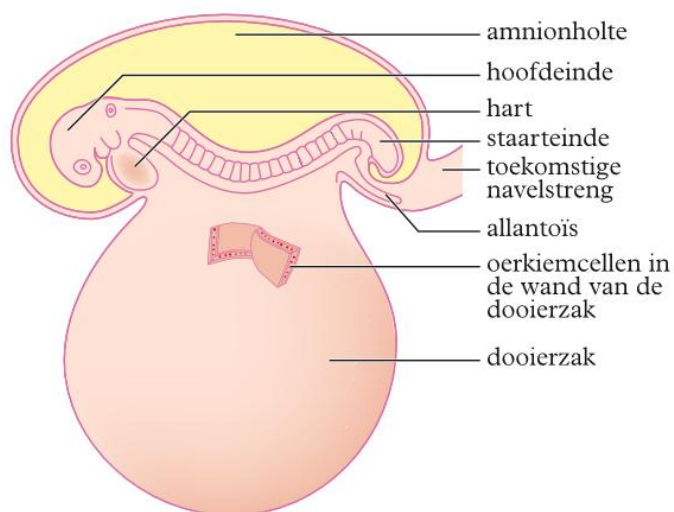
■ FSH/LH resp. oestrogeen/progesteron in onderlinge verhouding.

dertien dagen

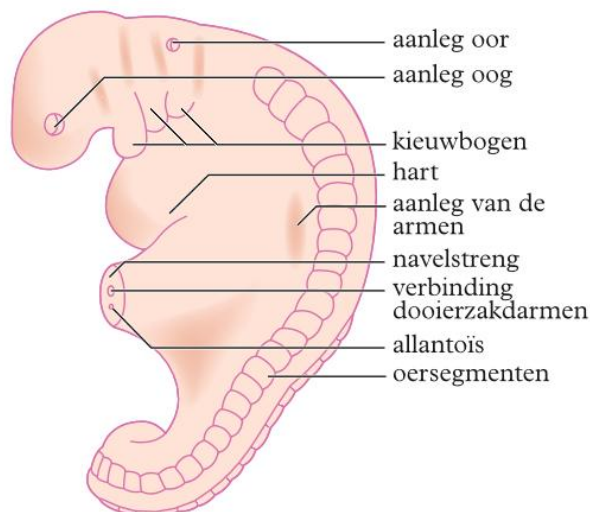
einde derde week



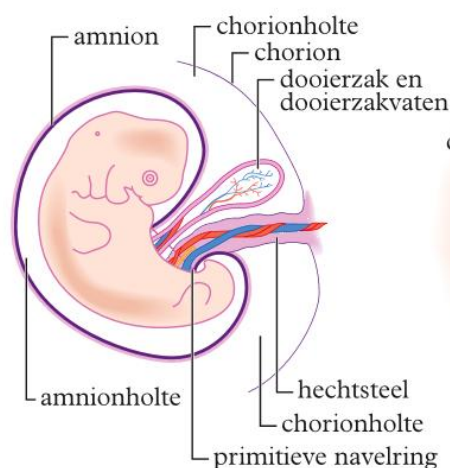
drie weken, alleen embryo met dooierzak



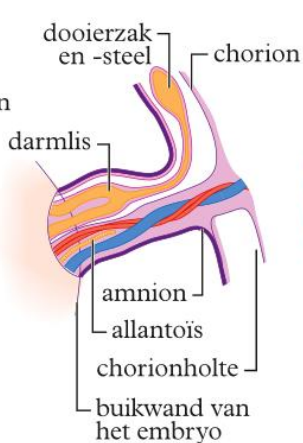
27 dagen, alleen embryo



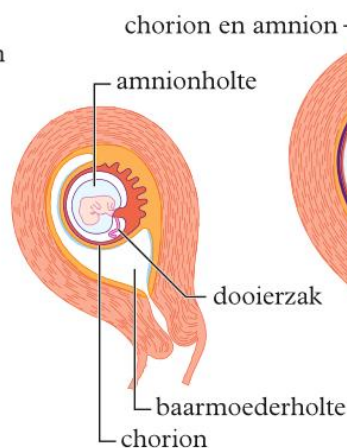
vijf weken, embryo



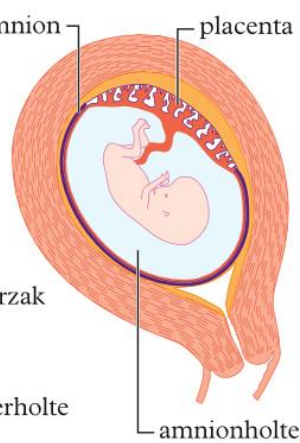
tien weken, navelstreng



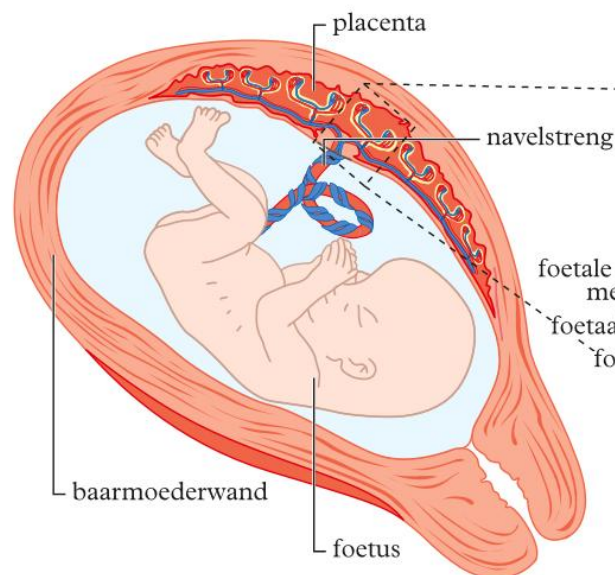
eind tweede maand



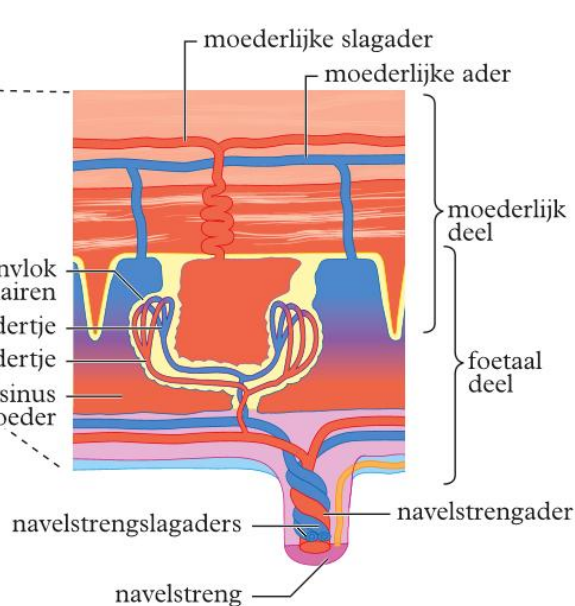
eind derde maand



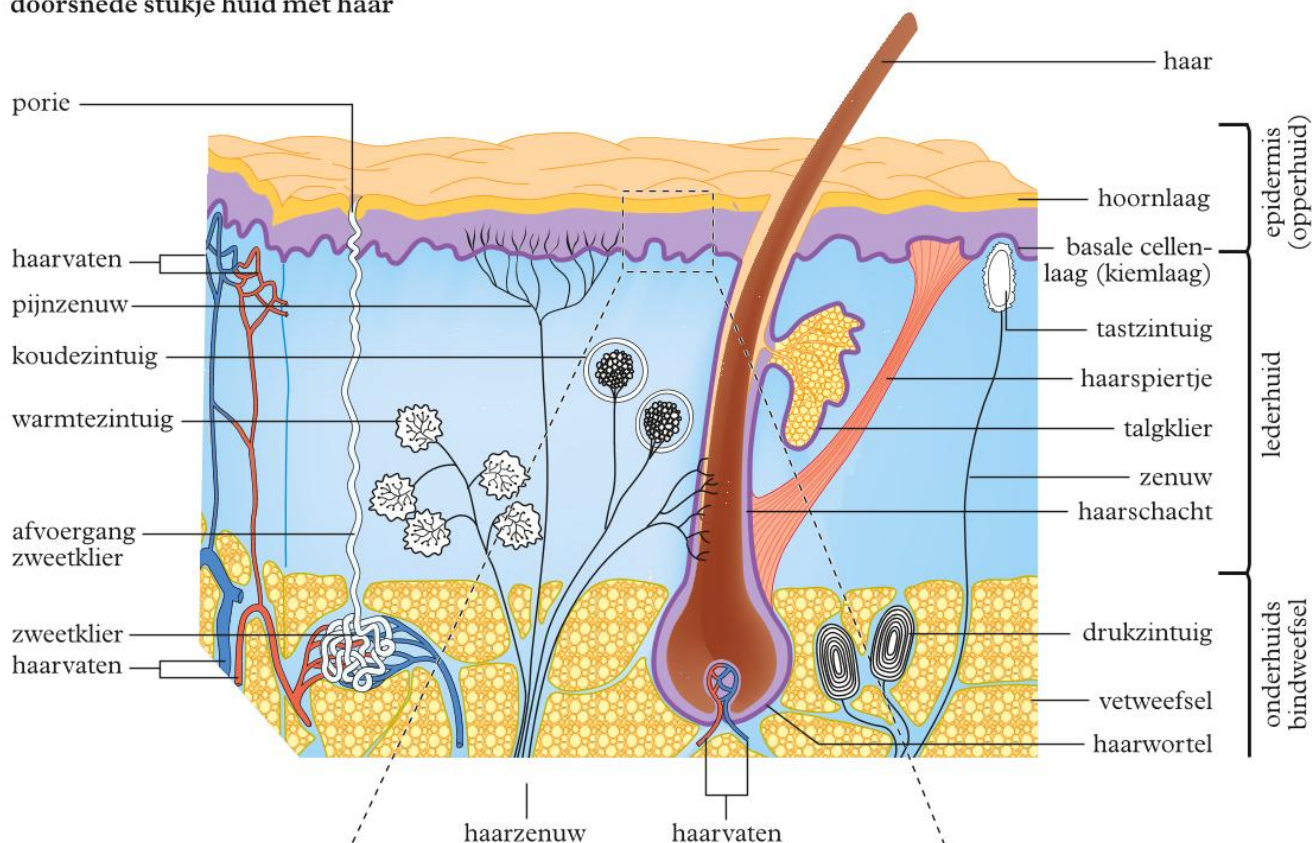
drie-en-een halve maand



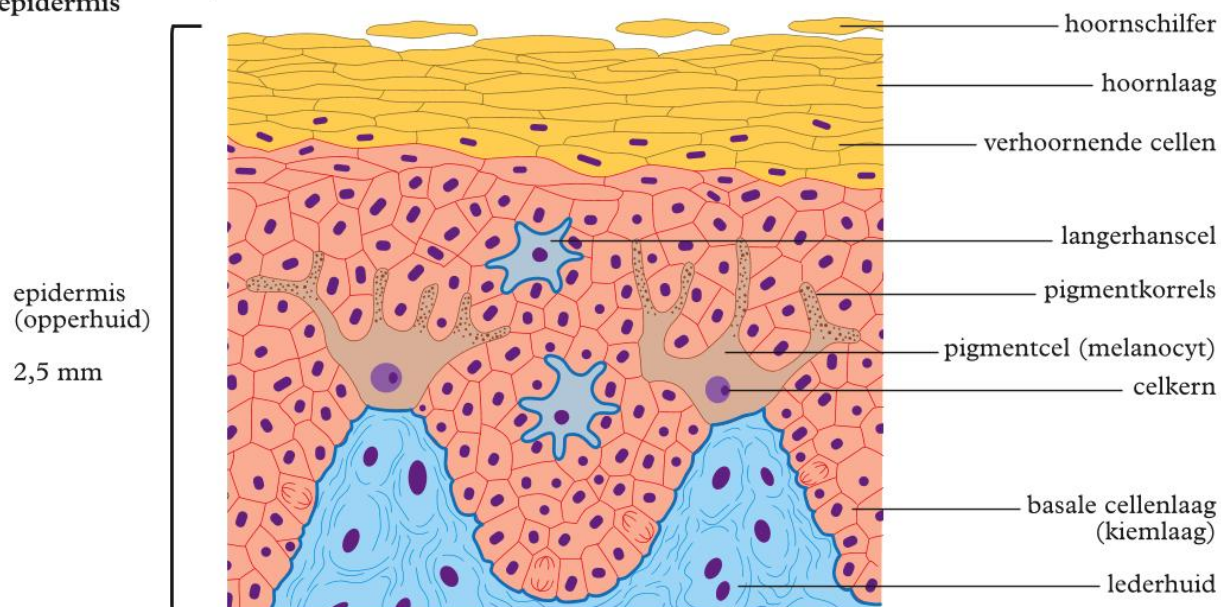
placenta, detail



doorsnede stukje huid met haar

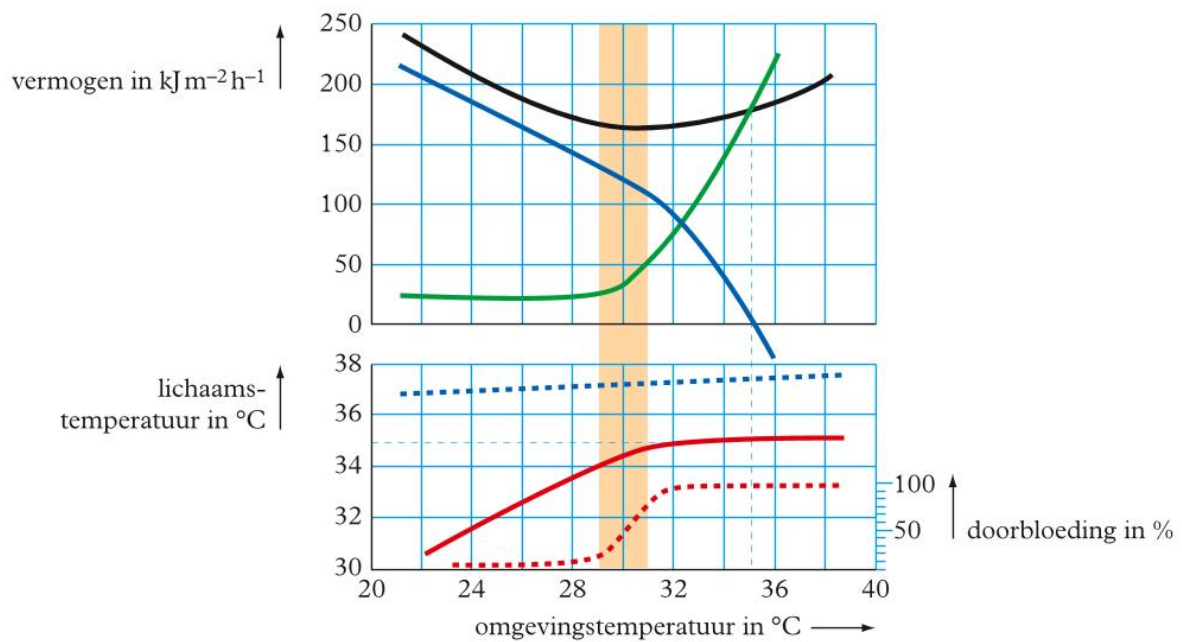


detail epidermis



■ Zie ook tabel 27B.

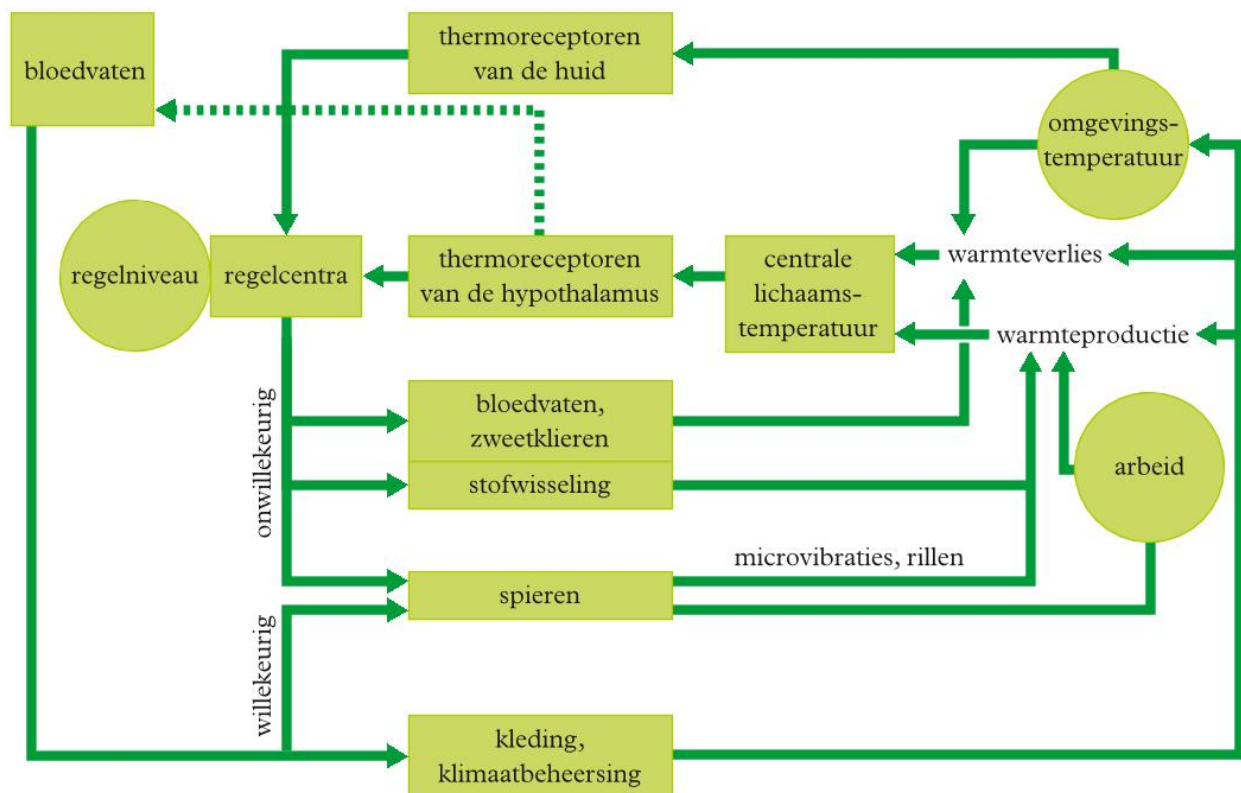
warmteregulatie bij een rustende niet-geklede mens



— = warmteproductie van het lichaam
 — = warmteafgifte door middel van straling en geleiding
 — = warmteafgifte door middel van verdamping

— = huidtemperatuur
 ... = rectale temperatuur
 ... = doorbloeding huid

schema van de temperatuurregeling



87

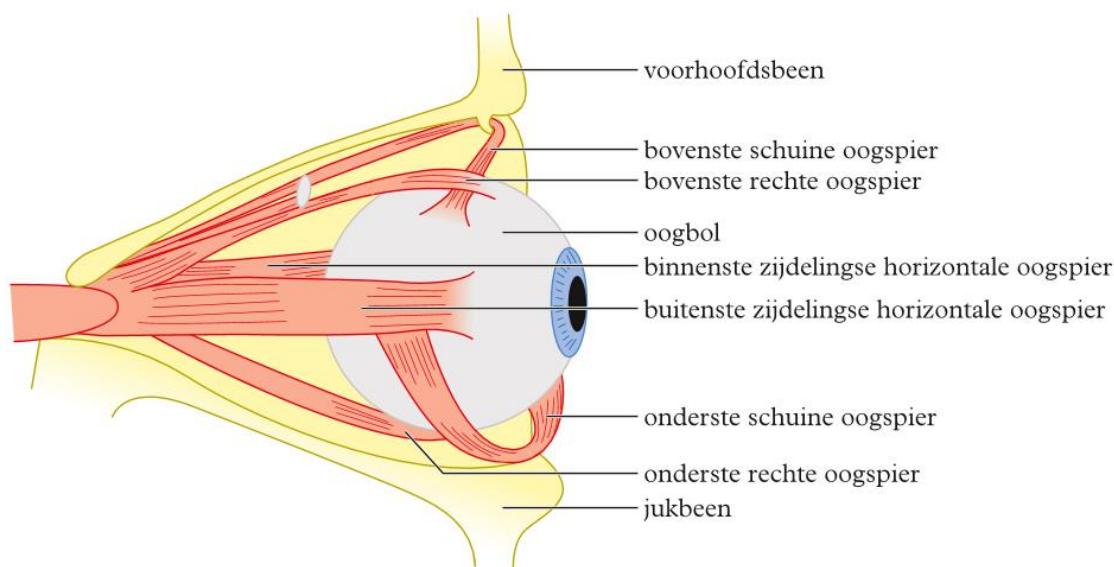
Zintuigen

C

Oog

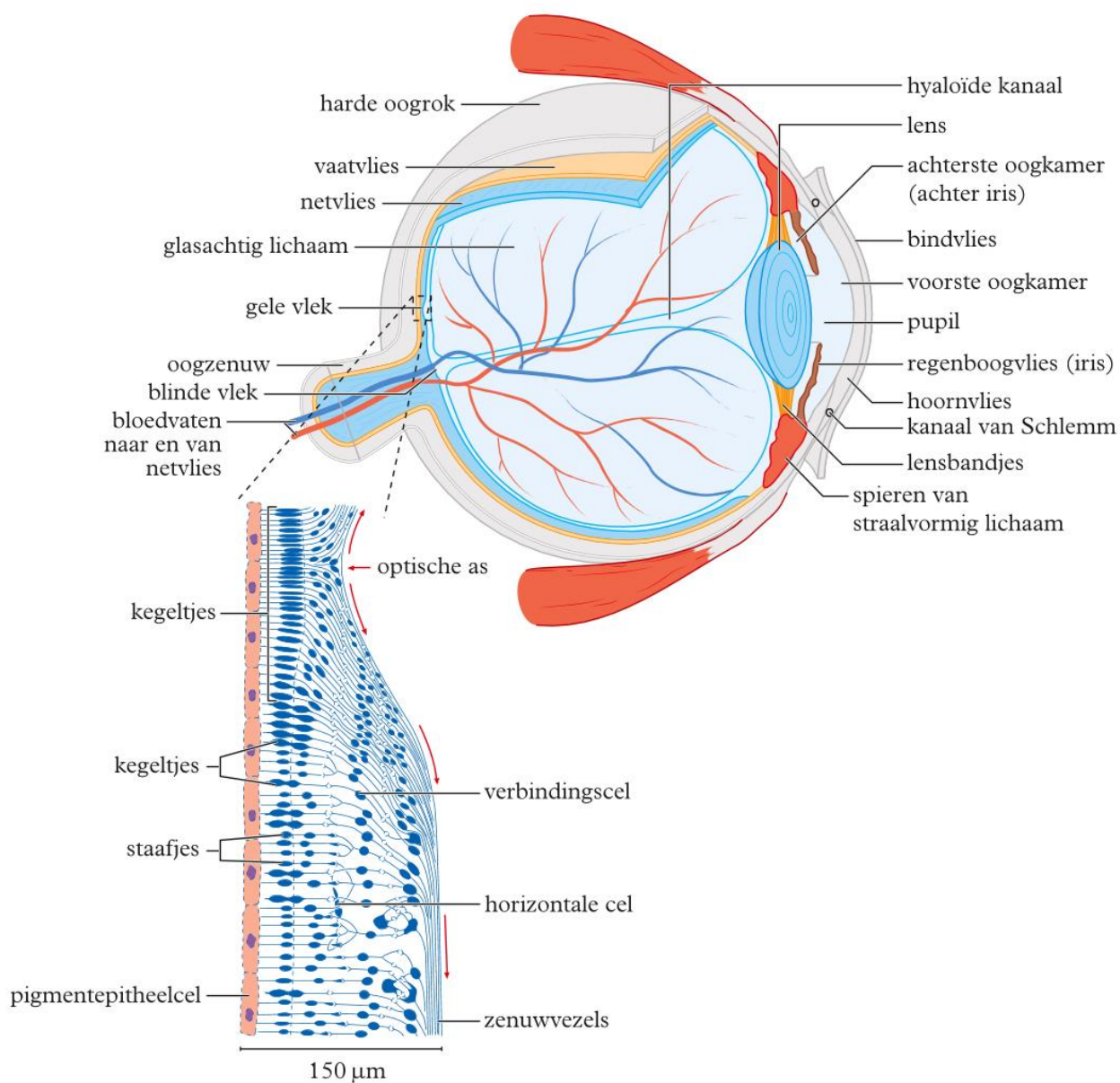
1

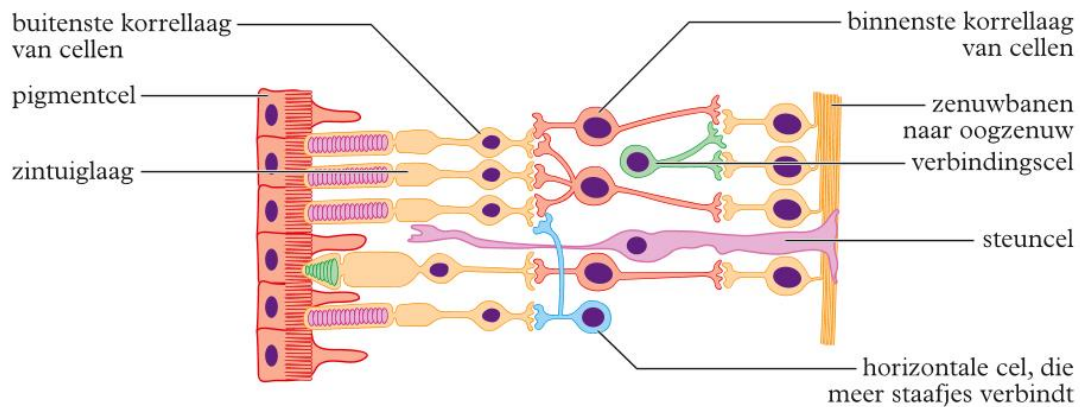
Oog met oogspieren



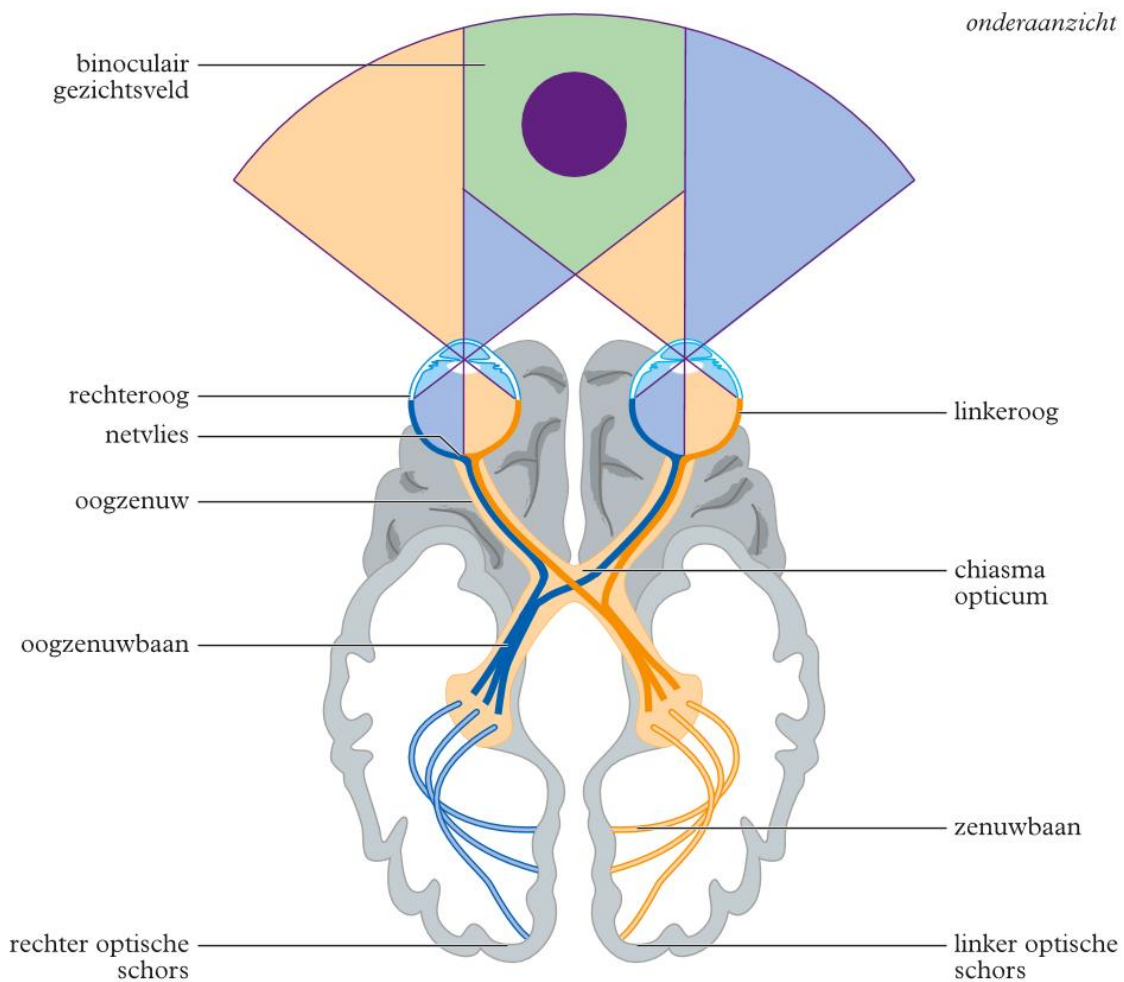
2

Horizontale doorsnede linker oog en structuur netvlies



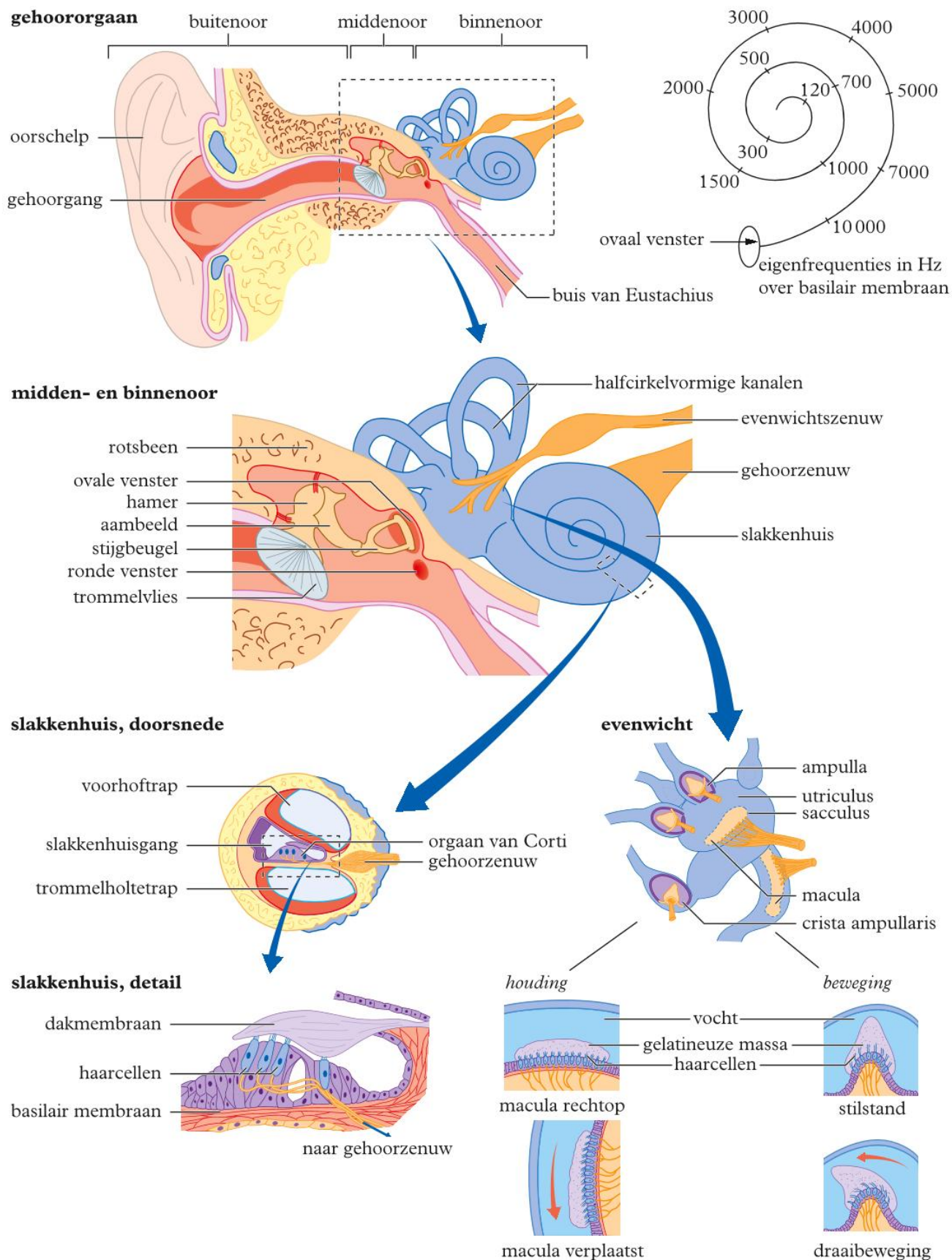


Beeldverwerking in de hersenen



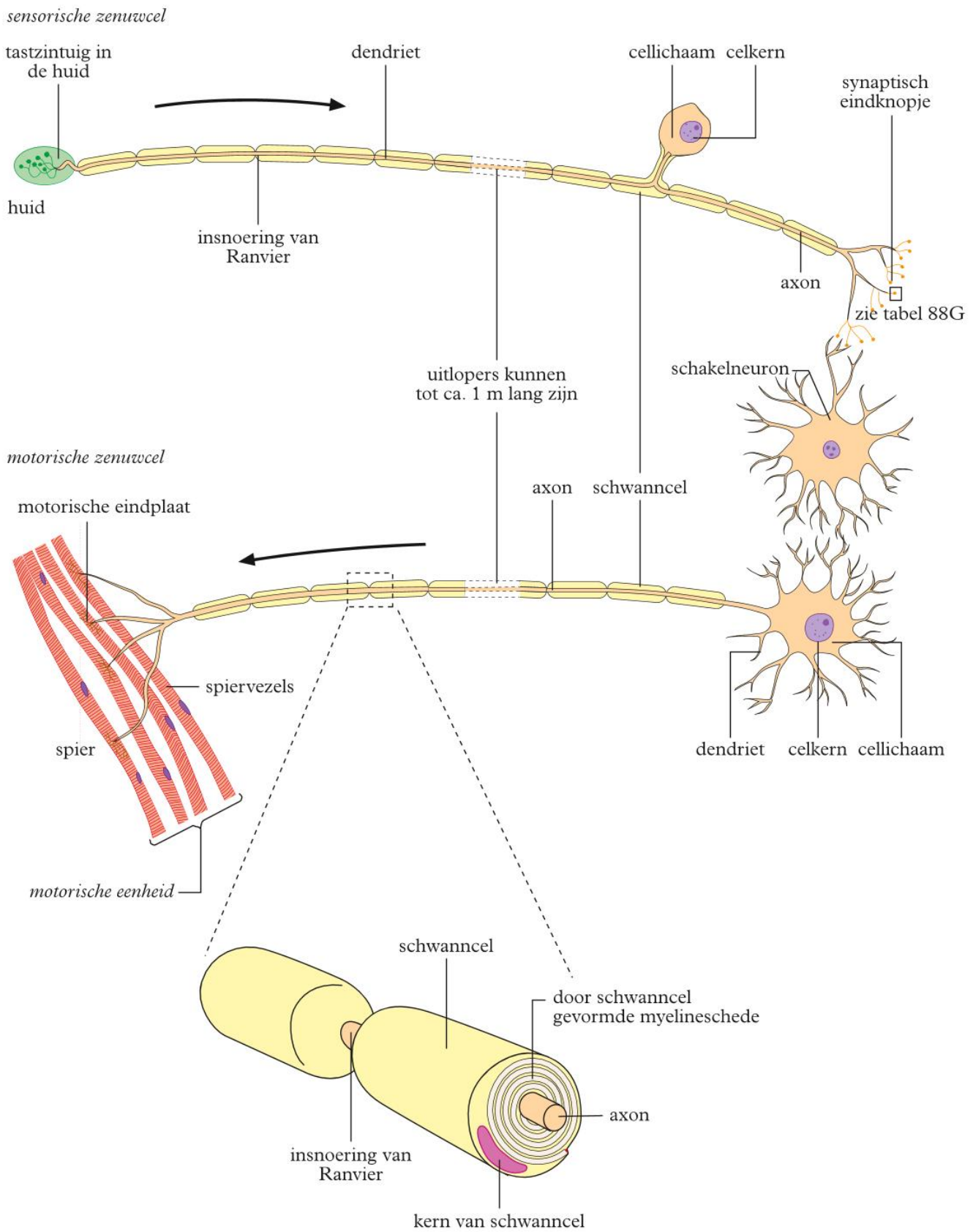
■ Brekingsindices in het oog (mens): zie tabel 18.

■ Fysische eigenschappen van het oog (mens): zie tabel 27A.

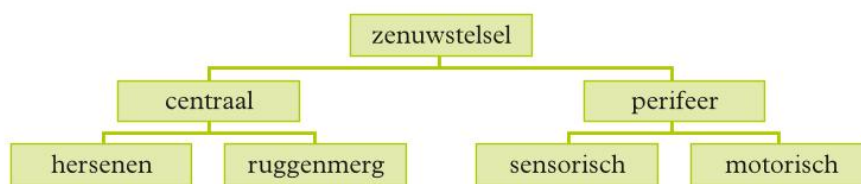


■ Akoestische schaal voor de mens: zie tabel 15D.

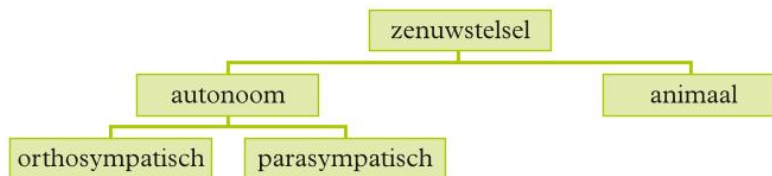
■ Oor (mens) en gehoorgevoeligheid: zie tabel 27C.



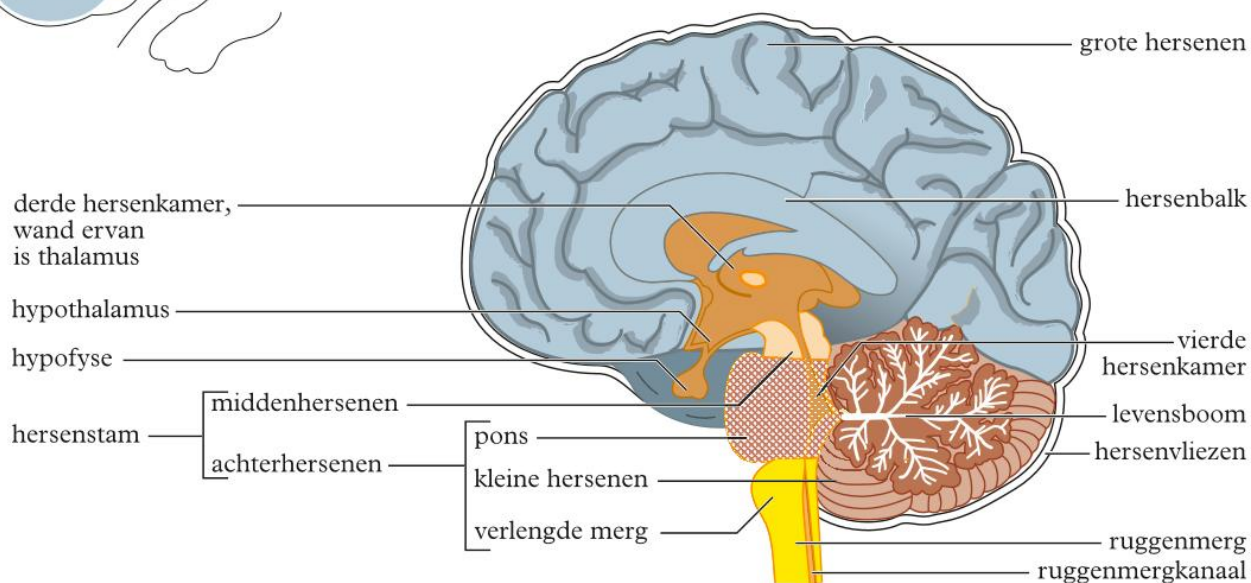
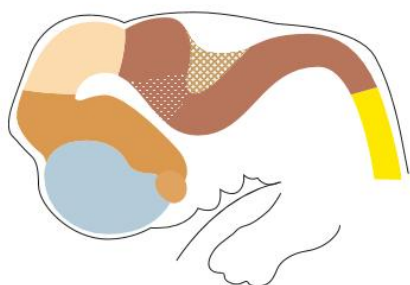
anatomische indeling

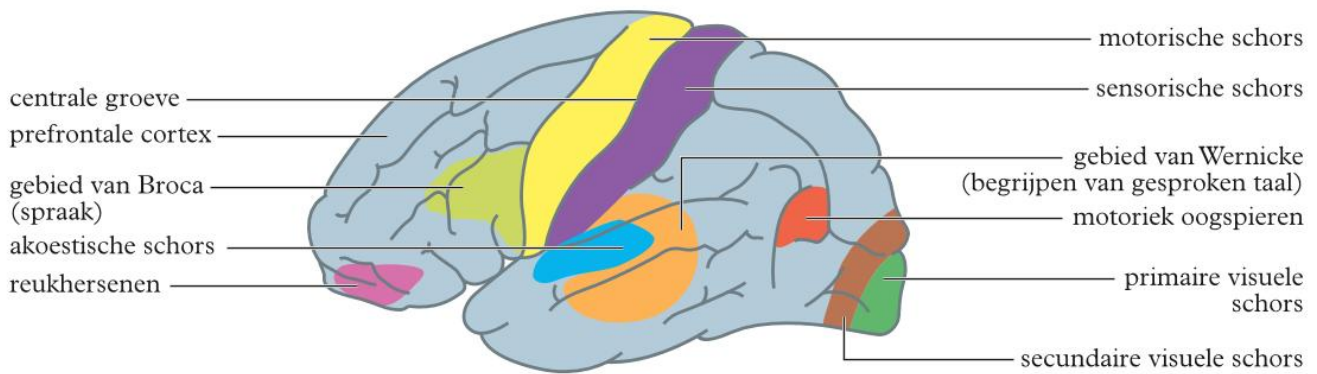


functionele indeling



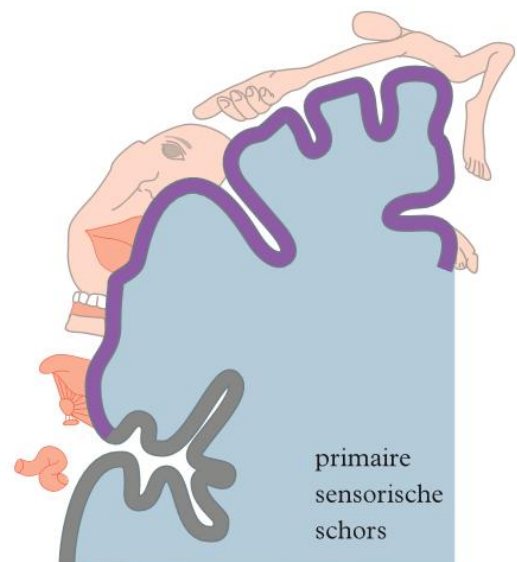
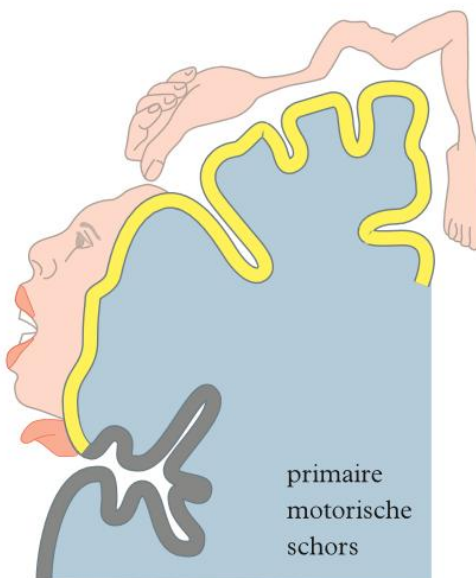
hersenen in de 5^e week van de embryonale ontwikkeling met overeenkomstige kleuren





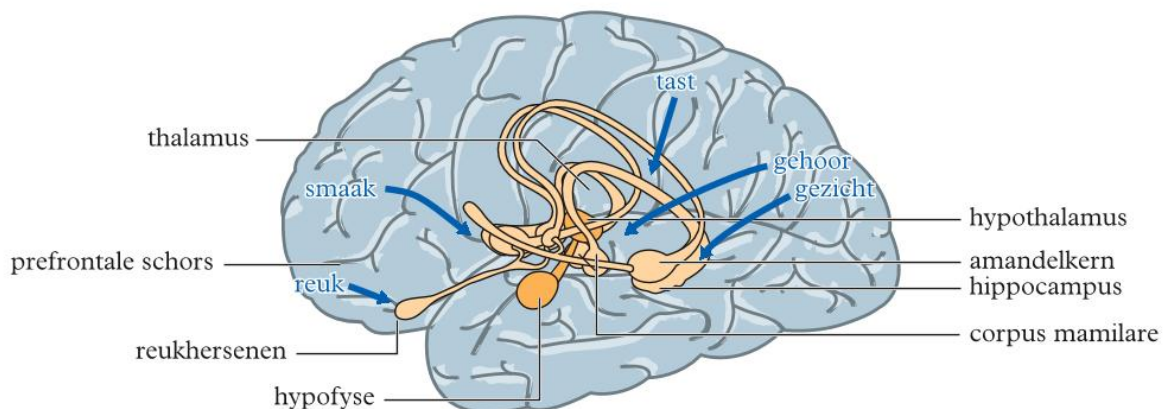
Projectie van lichaamsfuncties op een dwarsdoorsnede langs de centrale groeve

3

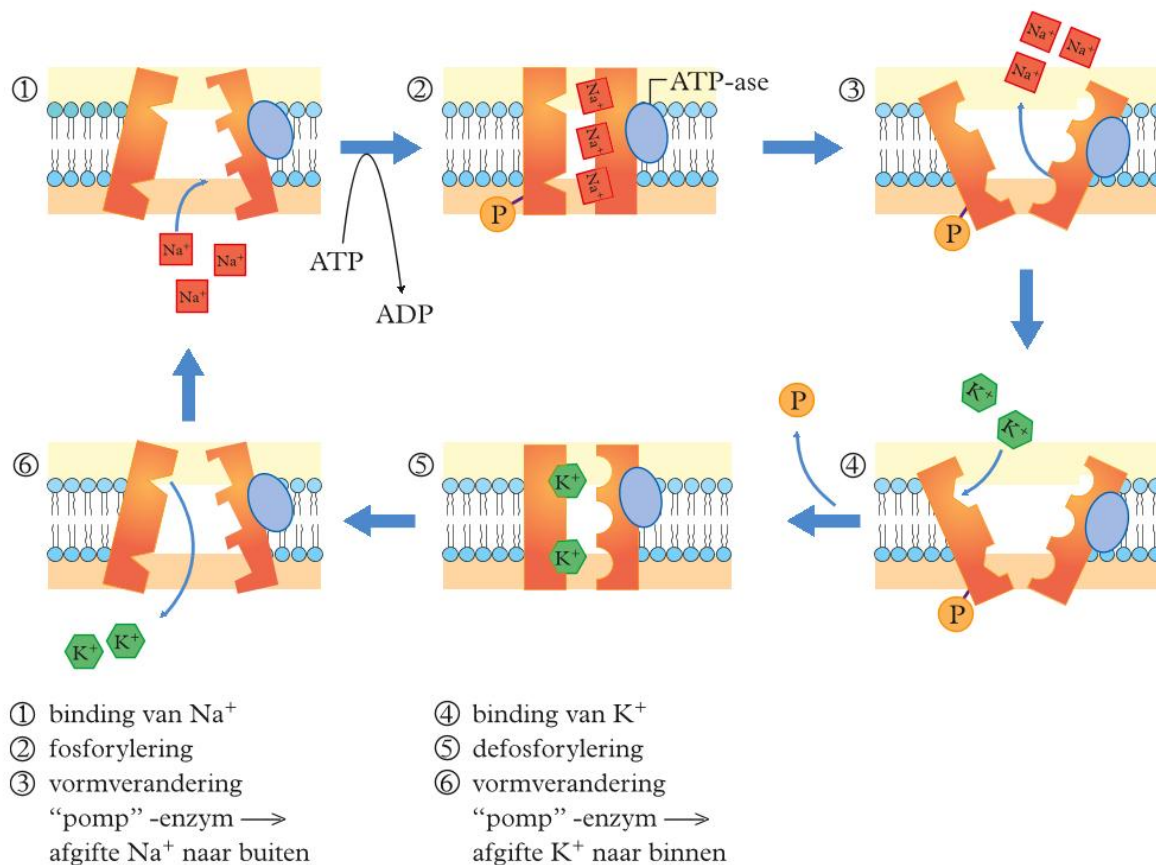
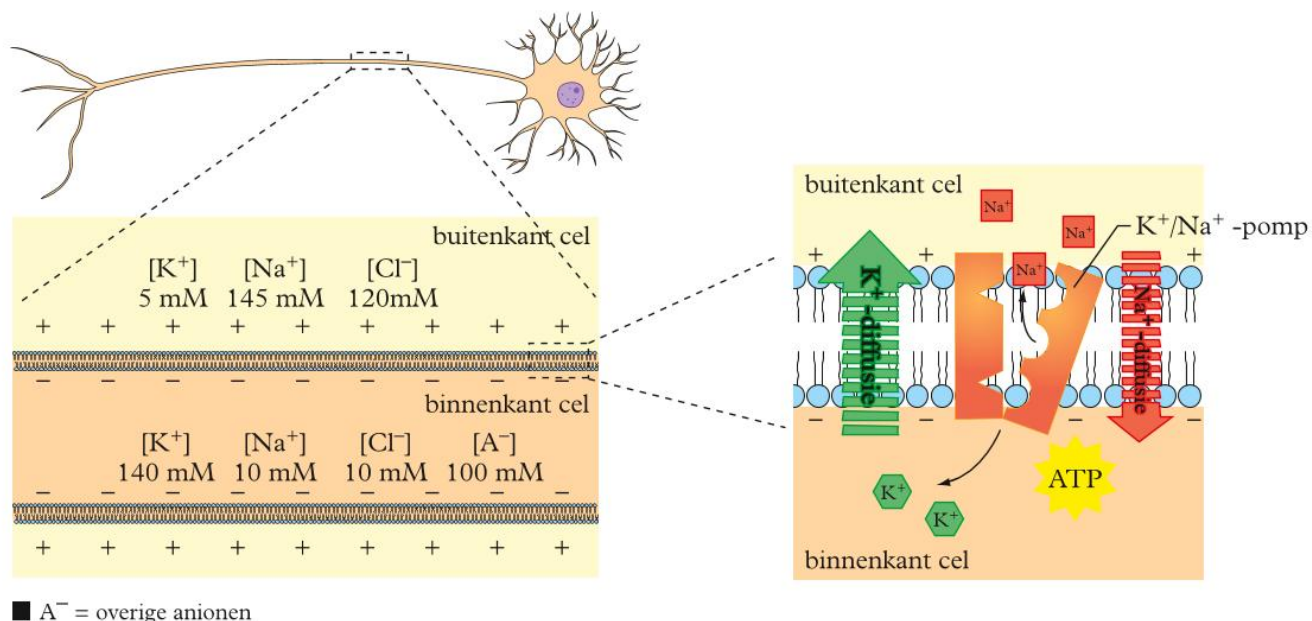


Limbisch systeem en invloed zintuiggebieden

4

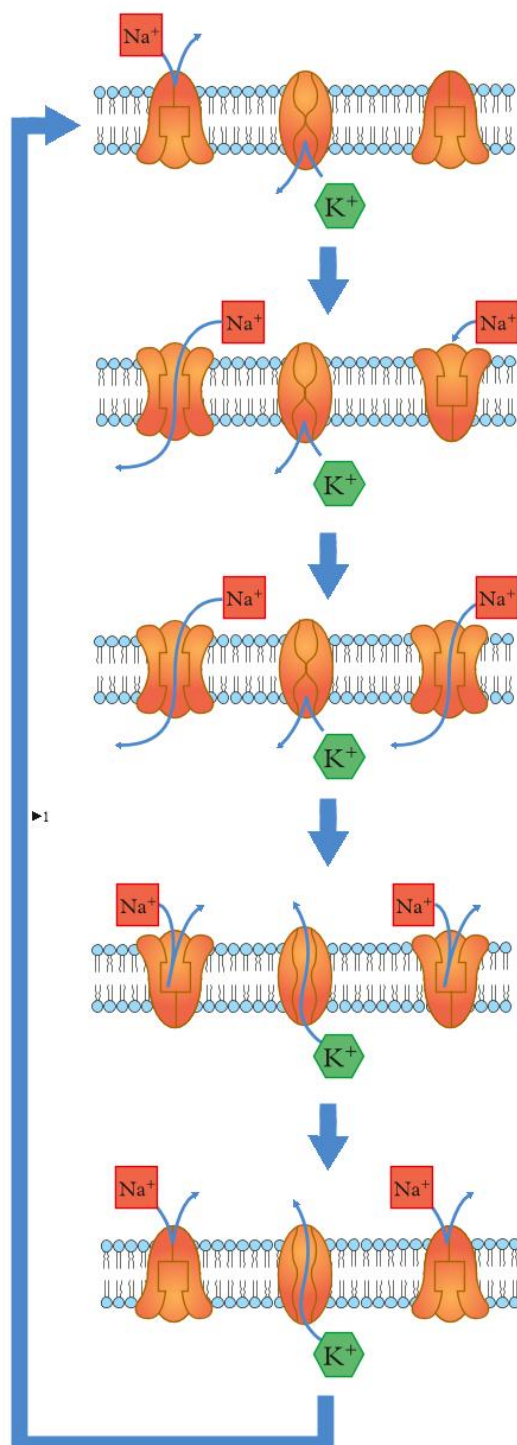


■ → invloed van



Uitwisseling K^+ en Na^+ door celmembraan bij actiepotentiaal

F



① rustfase:

 Na^+ - en K^+ -poorten gesloten

② drempelwaarde:

stimulus doet Na^+ -poorten openen $\rightarrow$ depolarisatie (K^+ -poorten dicht)

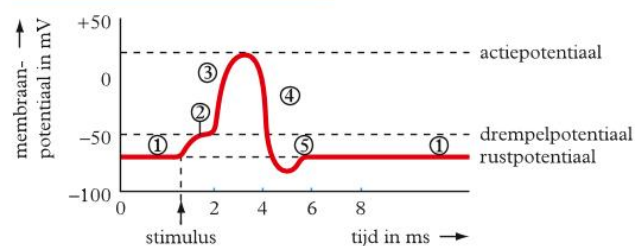
③ depolarisatie:

door stimulering openen extra Na^+ -poorten (K^+ -poorten blijven dicht) $\rightarrow$ Na^+ naar binnen

④ repolarisatie:

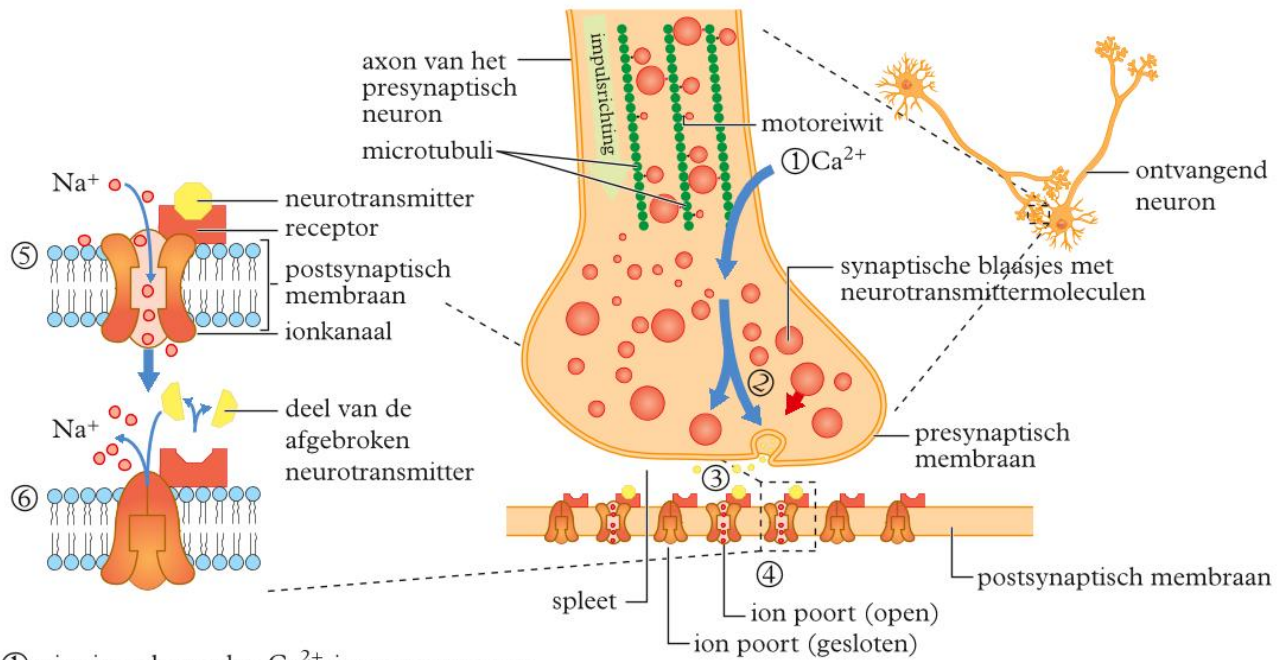
 Na^+ -poorten dicht K^+ -poorten gaan open $\rightarrow$ K^+ kan naar buiten

⑤ hyperpolarisatie

 K^+ -poorten sluiten (te) langzaam $\rightarrow$ extra K^+ naar buiten Na^+ -poorten dicht

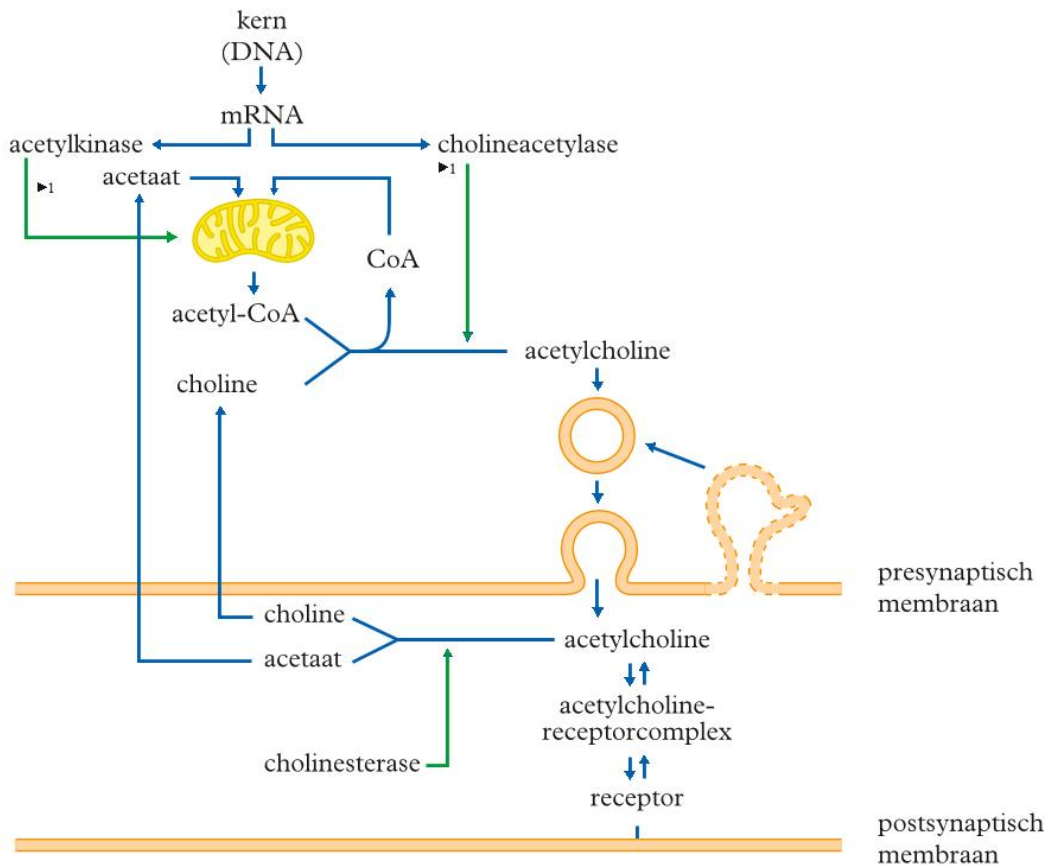
■ Omdat de actiepotentiaal hoofdzakelijk negatief is, is bij 3 en 4 de situatie negatief (binnen) getekend.

1 ► Bij langere rustfase worden de geringe hoeveelheden K^+ - en Na^+ -ionen door de K^+-Na^+ -pomp teruggebracht: zie tabel 88E.

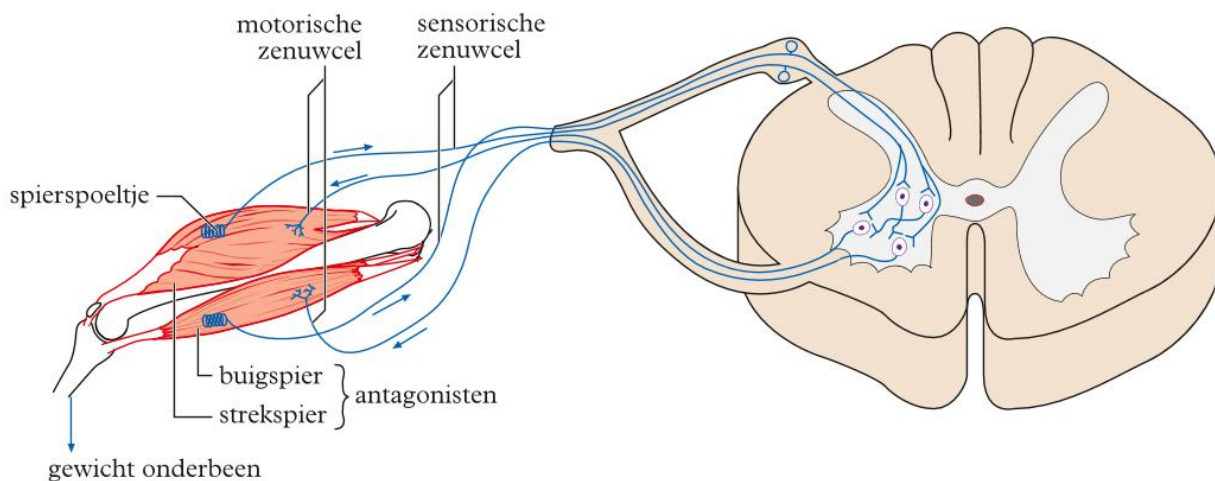
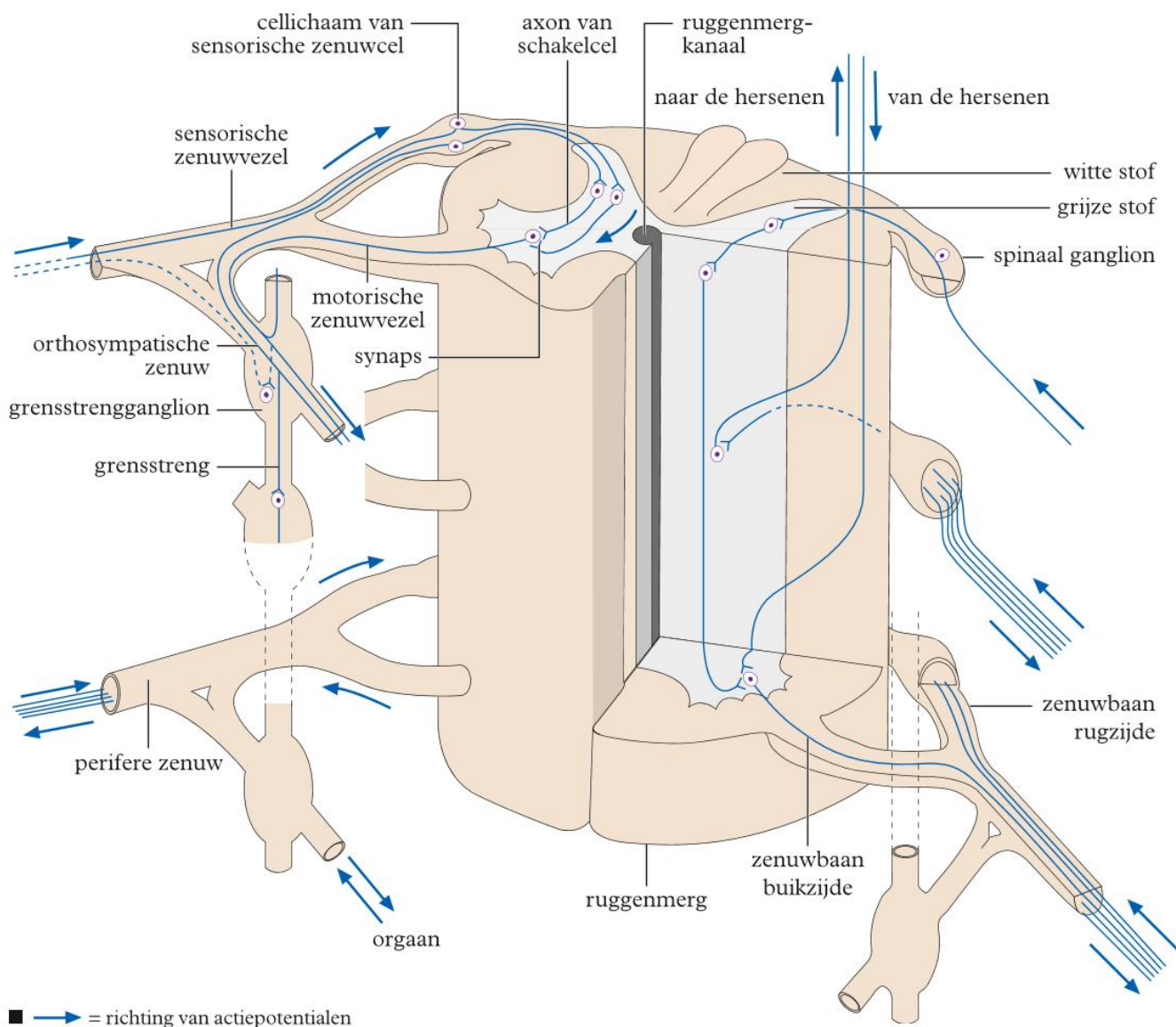


- ① o.i.v. impuls worden Ca^{2+} -ionen opgenomen
- ② o.i.v. Ca^{2+} -ionen worden synaptische blaasjes gemobiliseerd
- ③ versmelting van de blaasjes met presynaptisch membraan, neurotransmitter in spleet
- ④ reactie van neurotransmitter: reageert met receptor
- ⑤ ionpoort gaat open, Na^+ gaat door postsynaptisch membraan $\rightarrow$ excitatie
- ⑥ afbraak (of wegdiffrundieren) van neurotransmitter, ionpoort gesloten

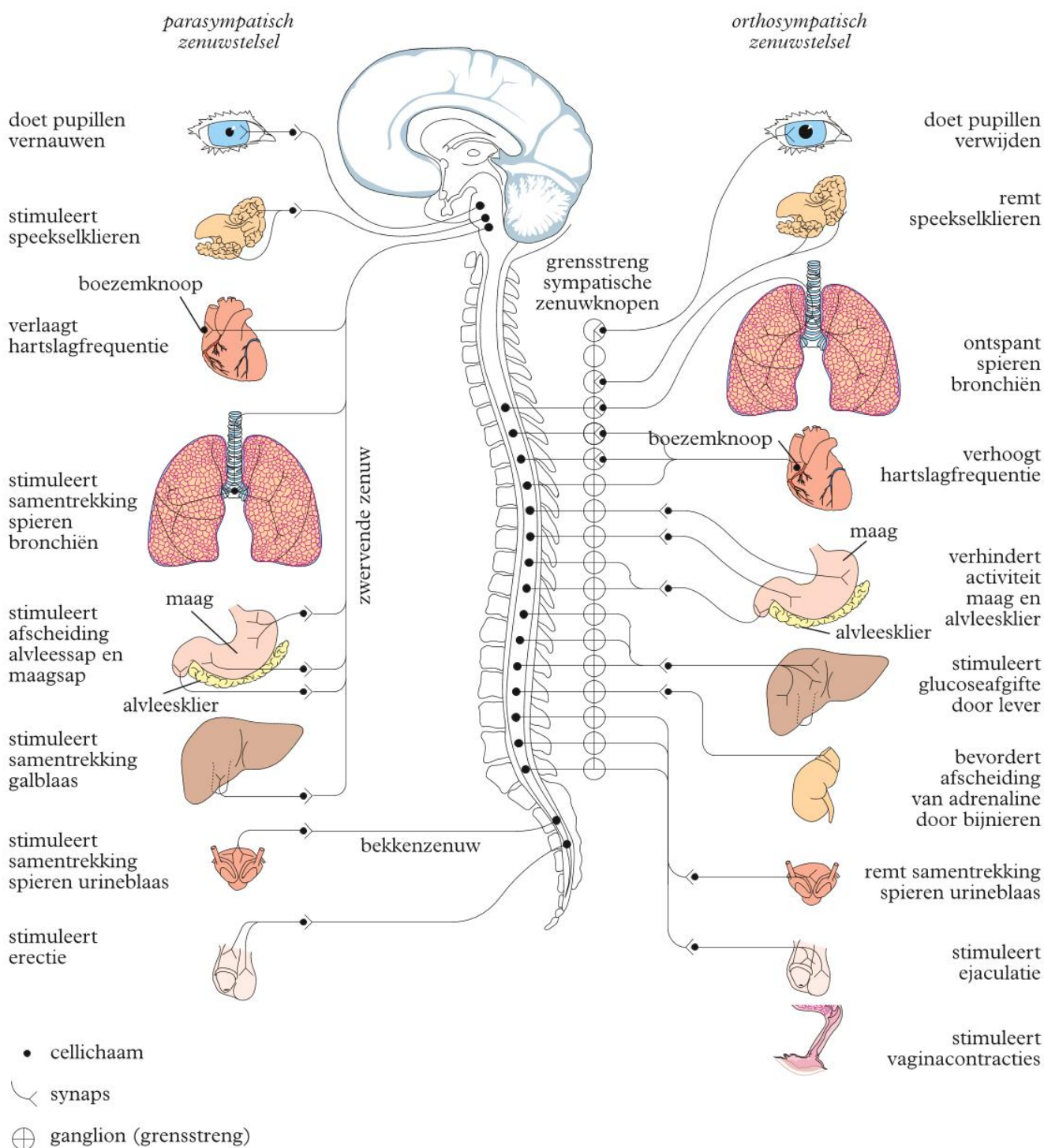
■ Voor inhibitie geldt een vergelijkbaar proces van neurotransmitter met K^+ -poorten $\rightarrow \text{K}^+$ extra naar buiten.



<i>neurotransmitter met receptor(en)</i>	<i>voorkomen in het zenuwstelsel</i>	<i>opmerkingen</i>
glycine GlyR	buikzijde van het ruggenmerg	post-synaptisch membraan meer permeabel voor Cl^- ionen – antagonisten: o.a. cafeïne en strychnine
asparaginezuur	buikzijde van het ruggenmerg	opent Na^+ - en Ca^{2+} -ionkanaaltjes
glutaminezuur AMPA NMDA-glutamaat	prefrontale cortex, hippocampus en amygdala	meest algemene excitatoire neurotransmitter – opname van Ca^{2+} bevordert plasticiteit hersenen
gamma-aminoboterzuur GABA _A GABA _B	in alle hersendelen	belangrijkste inhibitor – post-synaptisch membraan meer permeabel voor Cl^- ionen – alcohol, barbituraten en benzodiazepinen versterken het GABA-effect
acetylcholine muscalinerge (ACh _M) nicotinerge (ACh _N) nicotinerge (ACh _{Nm})	parasympatische eindsynapsen; limbisch systeem (ACh _M) neuronen met basis in voorste hersenen met projecties naar o.a. hersenschors, hippocampus en amygdala; ortho- en parasympatische ganglia (ACh _N) motorische eindplaten van skeletspieren (ACh _{Nm})	agonisten: zenuwgassen (b.v. sarin), acetylcholinesteraseremmers (veroorzaken in eerste instantie blijvende prikkeling, uiteindelijk depolariserende spierslapte) muscarine (ACh _M), nicotine (ACh _N , ACh _{Nm}) – antagonisten: atropine, scopolamine, spierverslappers – botulinetoxine remt afgifte van ACh – afsterven cholinerge neuron – alzheimerverschijnselen
dopamine DRD ₁₋₅	basis in de middenhersen, projectie naar de basale ganglia – wijd verspreid in de hersenen	o.a. ecstasy en (met)amfetamine stimuleren de afgifte van dopamine en remmen heropname, cocaïne remt alleen heropname – afsterven dopaminerge zenuwen – parkinsonverschijnselen
serotonine 5HT ₁₋₇ (5-hydroxy-tryptaminereceptoren)	centrale deel hersenstam (2%) bloed (8%) neuronen in het darmkanaal (90%)	mescaline werkt in op de receptoren – LSD bindt aan receptoren, met cascade van reacties – hallucinaties
adrenaline (epinefrine) noradrenaline (norepinefrine) α_1 , α_2 en β (1, 2 en 3)	orthosympaticus (α_1 , α_2) bovenste deel hersenstam, projecties naar alle hersengebieden (β (1, 2 en 3))	contractie gladde spieren (α_1) contractie gladde spieren, inhibitie afgifte neurotransmitter (α_2), contractie hartspier, relaxatie gladde spieren, glycogenolyse (β (1, 2 en 3)) antagonisten: diverse α - en β -blokkers – cocaïne blokkeert de adrenalinepoorten – o.a. ecstasy en (met)amfetamine stimuleren de afgifte van noradrenaline (ook van dopamine en serotonine) en remmen heropname (laatste geldt ook voor cocaïne)
opioïde peptiden (endorfinen, enkefalinen, dynorfinen) opioïde receptoren	sensorische, limbische en hypothalamische gebieden in de hersenen, grote aantallen in de amygdala en het periductale grijze gebied	remmen de Ca^{2+} -poorten en verminderen de gevoeligheid voor neurotransmitters – opiaten kunnen de receptoren bezetten – co-transmitters die de afgifte van o.a. glutamaat van dezelfde synaps moduleren – doorgaans inhibitor
cannabioiden anandamide 2-arachidonoylglycerol CB1, CB2	voedingscentrum hypothalamus, bewegingscoördinatiegebieden, verspreid door grote en kleine hersenen	op presynaptisch membraan het remmen van afgifte glutamaat en ACh – versterken afgifte dopamine – reguleren stemmingen – cannabis bezet de receptoren (o.a. THC)
histamine H ₁₋₄	achterste deel hypothalamus en delen limbisch systeem	receptoren in grote aantallen aan mestcellen – inductie allergische reacties – regeling slaapprocessen m.n. waakzaamheid



invloeden en innervatie van ortho- en parasympatisch zenuwstelsel op organen



<i>herkomst</i>	<i>naam van het hormoon</i>	<i>voornaamste werking</i>
• <i>hypothalamus</i>	neurohormonen ^{▶1} aanzettende (releasing) hormonen GRH, CRH, TRH, GnRH, LTH-RH remmende (inhibiting) hormonen GIH en LTH-IH	regeling secretie hypofysehormonen stimulering afgifte van resp. GH, ACTH, TSH, FSH & LH, LTH remming afgifte van resp. GH en LTH
• <i>hypofyse</i>		
achterkwab	de neurohormonen ocytocine ^{▶1} antidiuretisch hormoon ^{▶1} (ADH) (vasopressine)	contractie baarmoederwand – melksecretie terugresorptie water in nieren – verhoging bloeddruk bij hoge concentratie
voorkwab	groeihormoon ^{▶1} (GH) adrenocorticotroop hormoon (ACTH) thyreotroop hormoon ^{▶1} (TSH) follikelstimulerend hormoon ^{▶1} (FSH) luteïniserend hormoon ^{▶1} (LH) prolactine (luteotroop hormoon) ^{▶1} (LTH) lipotroop hormoon ^{▶1} (LPH)	stimulatie groei en stofwisseling – blokkeert glucoseopname – stimuleert gluconeogenese en lipolyse aanzetten bijnierschors aanzetten schildklier bij ♀♀: bevordert follikelgroei in ovaria – aanzetten secretie van oestradiol (en oestron) bij ♂♂: bevordert spermatogenese bij ♀♀: aanzetten tot ovulatie, vorming en handhaving corpus luteum (geel lichaam) bij ♂♂: aanzetten secretie van testosteron melksecretie – remming secretie LH en FSH bij overmaat 'moedereiwit' voor opioïden (eigen verdoving) – hormoonrol nog onbekend
• <i>schildklier</i>	tetraiodothyronine (thyroxine) ^{▶3} (T4) trijoodthyronine ^{▶3} (T3) calcitonine ^{▶1} (CT)	aanzetten stofwisseling – groei en differentiatie van onder andere centrale zenuwstelsel – remming secretie TSH als thyroxine daling Ca ²⁺ -gehalte in bloed
• <i>bijschildklier</i>	parathormoon ^{▶1} (PTH)	stijging Ca ²⁺ -gehalte in bloed – resorptie van bot
• <i>eilandjes van Langerhans</i> (in pancreas)	insuline ^{▶1} glucagon ^{▶1}	bevordering glucosestofwisseling – omzetting glucose in glycogeen – remming gluconeogenese – bevordering opbouw vetten en eiwitten – verhoging permeabiliteit celmembranen omzetting glycogeen in glucose in lever – stimuleert gluconeogenese en lipolyse
• <i>gonaden</i>		
ovaria	oestrogene geslachtshormonen, voornamelijk oestradiol ^{▶2} progesteron ^{▶2}	ontwikkeling secundaire geslachtskenmerken en geslachtsorganen, onder andere proliferatie baarmoederslijmvlies – regeling secretie van gonadotrope hormonen – beïnvloeding bloed-samenstelling – aanzetten tot misselijkheid en braken secretie door baarmoederslijmvlies – remming secretie LH en FSH – verhoging lichaamstemperatuur
testes	androgene geslachtshormonen, voornamelijk testosteron ^{▶2}	ontwikkeling secundaire geslachtskenmerken en geslachtsorganen, o.a. prostaat – remming secretie LH en FSH

herkomst	naam van het hormoon	voornaamste werking
• placenta	humaan choriongonadotropine ¹ (HCG)	werking als van luteïniserend hormoon: voornamelijk handhaving werking corpus luteum
	diverse steroïdhormonen, onder andere progesteron ²	stimulatie slijmvlies baarmoederwand – remming secretie LH en FSH
• nieren	erythropoëetine ¹ (EPO)	stimulatie productie rode bloedcellen
	renine ¹	stimulatie productie aldosteron via angiotensine I & II
• maag	gastrine ¹	stimulatie maagsapproductie – versterking maagmotoriek
• twaalfvingerige darm	secretine ¹	stimulatie afgifte HCO_3^- door alvleesklier – remming maagmotoriek
	cholecystokinine ¹	stimulatie afgifte enzymen door alvleesklier – regeling motoriek galblaas – remming maagmotoriek
• bijnierschors	hydrocortison (cortisol) ²	omzetting eiwitten in aminozuren – aanzetten gluconeogenese – remming glucosegebruik – verandering vetverdeling – remming ontstekingen – onderdrukking afweersysteem – remming secretie ACTH
	aldosteron ²	retentie water en zouten – uitscheiding K^+
	diverse voornamelijk mannelijke geslachtshormonen ²	zie testes
• bijniermerg (neurohormonen)	adrenaline/noradrenaline ⁴	effecten als van orthosympatisch zenuwstelsel: regeling bloedstroom – verhoging hartslag- frequentie – verhoging bloeddruk – verwijding bronchi – afgifte glucose aan bloed door lever – stimuleert gluconeogenese, glycogenolyse en lipolyse

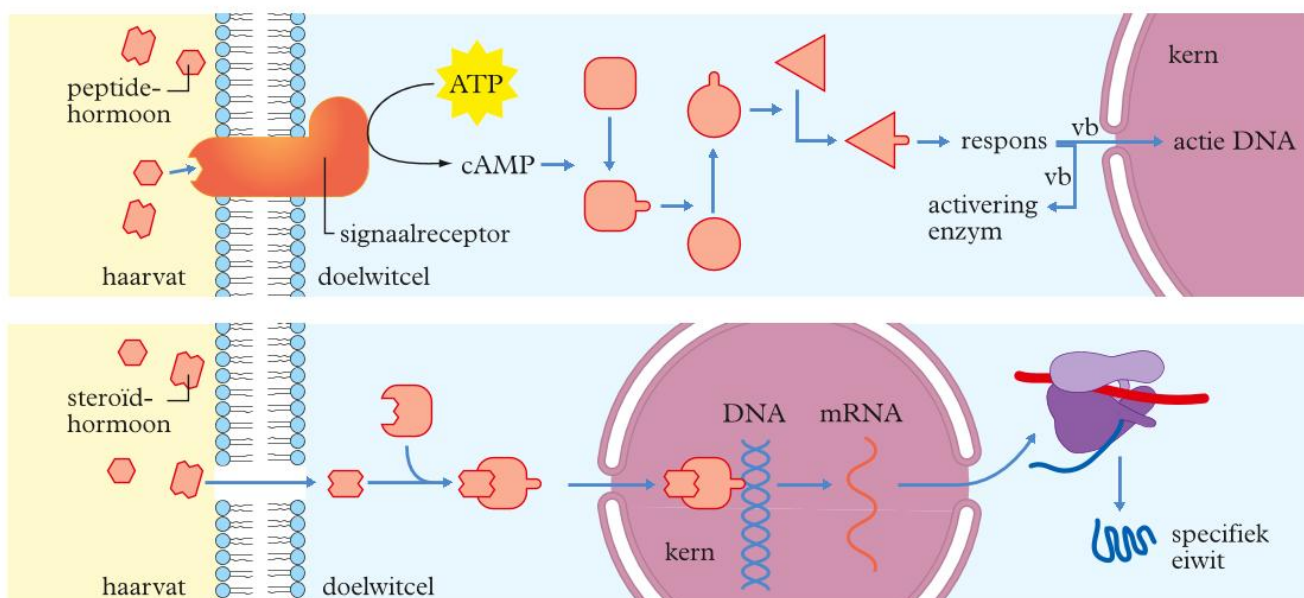
■ Structuurformules van de hormonen: zie tabel 67K.

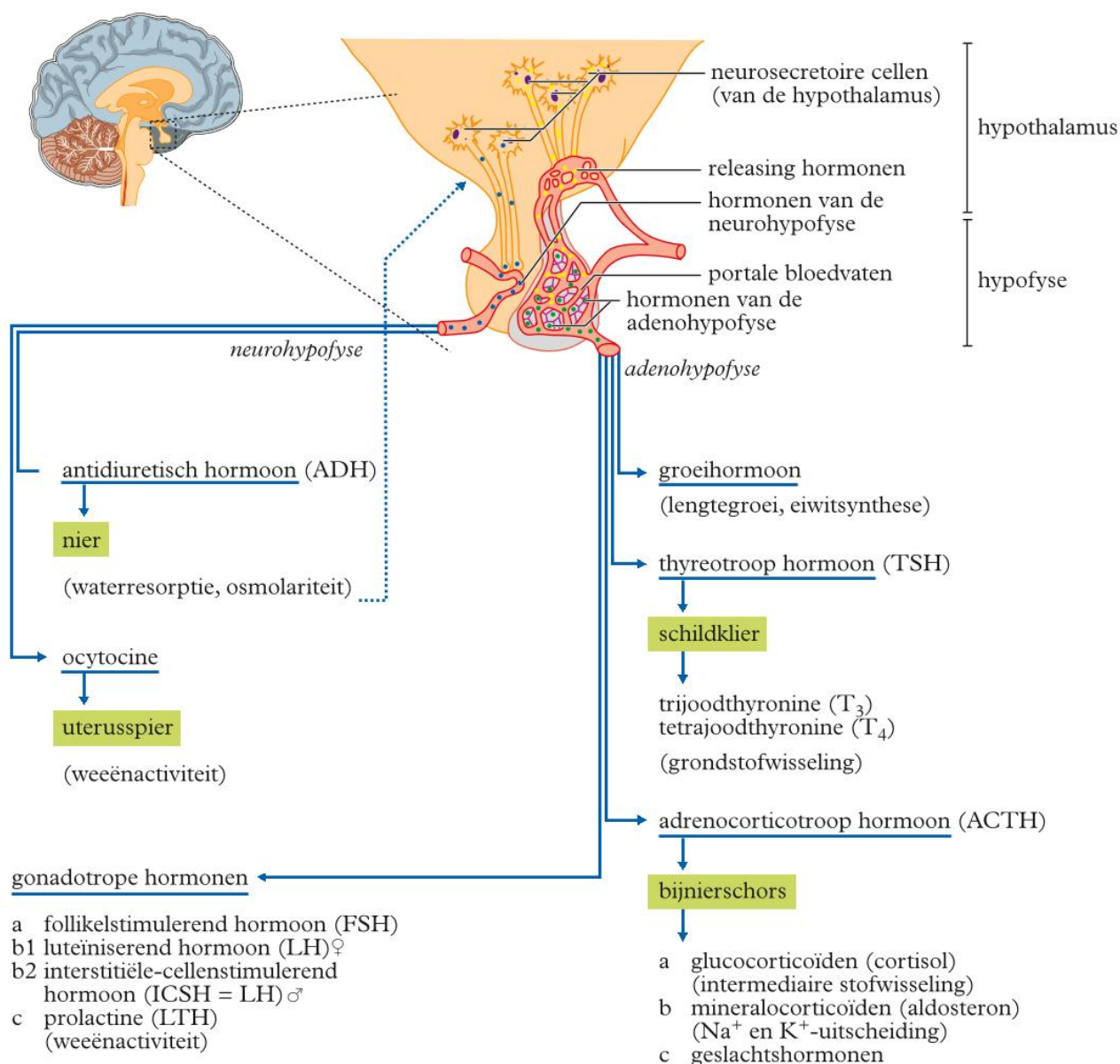
- 1 ► peptidehormonen (eiwitten)
2 ► steroïdhormonen

- 3 ► thyroninen
4 ► catecholaminen } derivaten van tyrosine

Werkingsmechanismen van hormonen in cellen

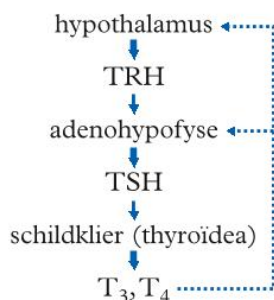
B



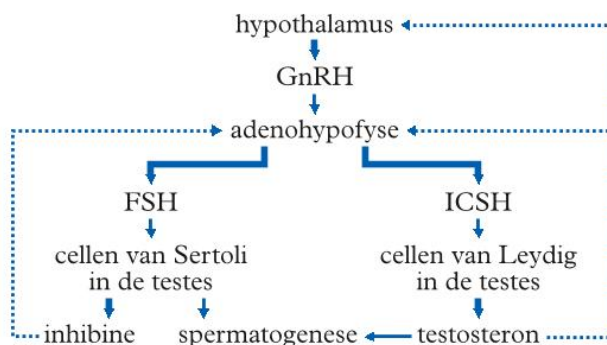


voorbeelden van terugkoppeling

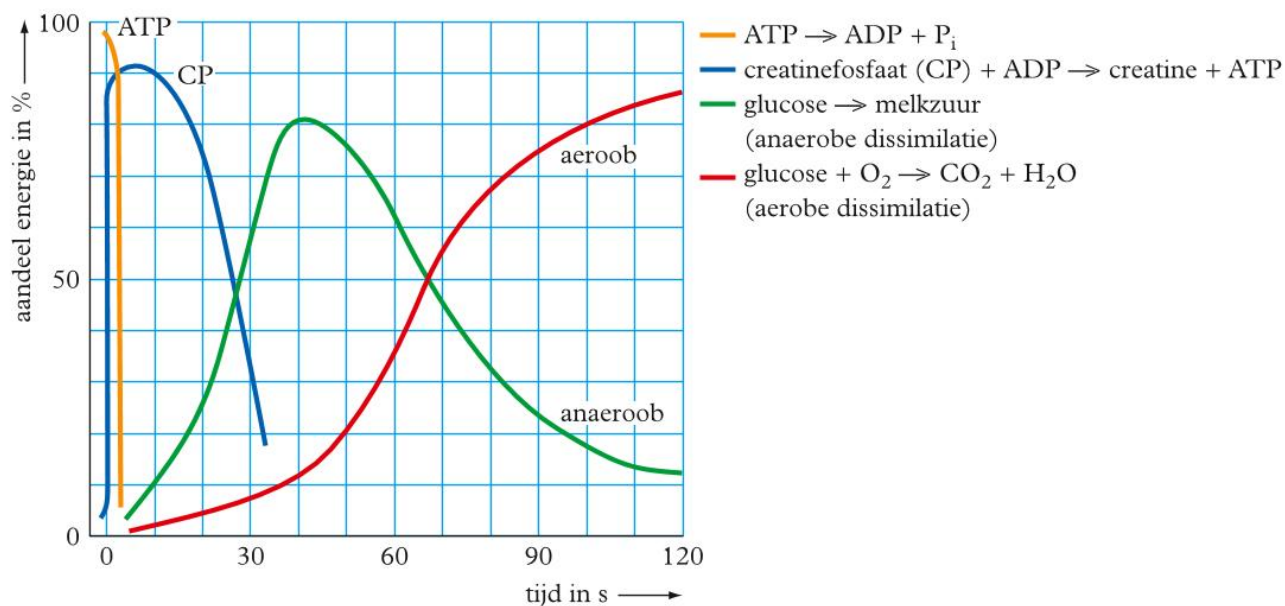
schildklier



testes



—> maakt —> stimuleert > remt



■ Dissimilatie: zie tabel 68.

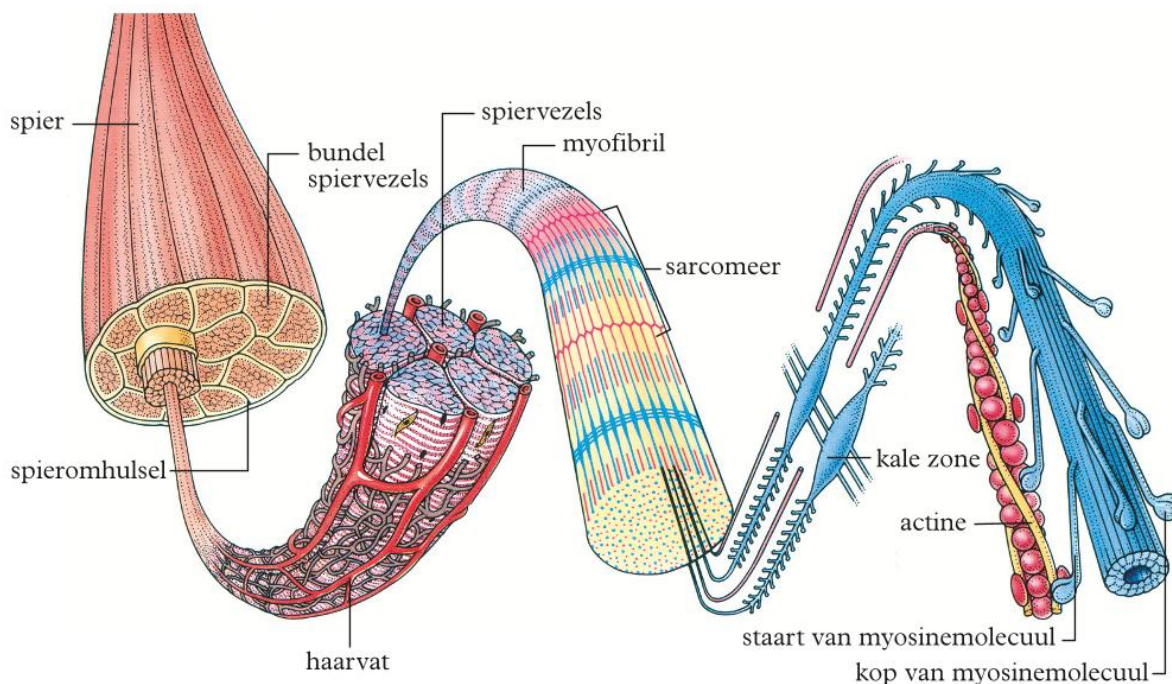
■ Op langere termijn wordt glycogeen omgezet in glucose.

■ De hoeveelheid vetverbranding in spieren is afhankelijk van getraindheid en mate van inspanning.

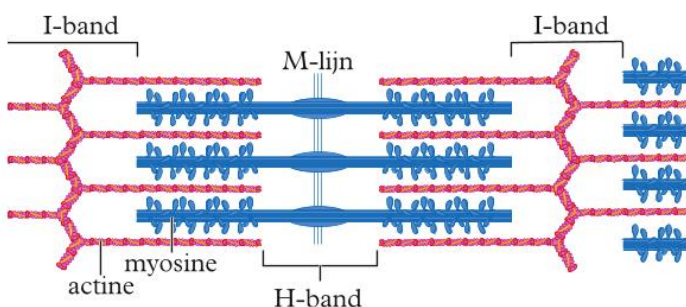
Langzame en snelle spiervezels

B

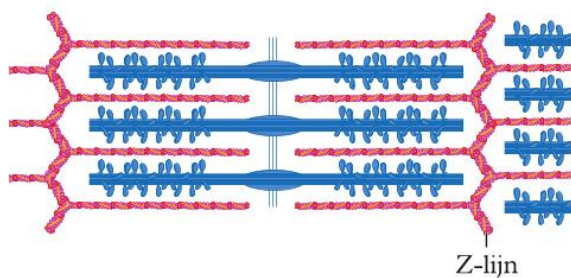
	<i>langzame spiervezels (type I)</i>	<i>snelle spiervezels (type II)</i>
doorbloeding	sterk	gering
myoglobinegehalte	hoog	laag
energievrijmaking, hoofdzakelijk	vetzuren (aeroob), veel enzymen voor de citroenzuurcyclus	glucose (anaeroob/aeroob), veel enzymen voor melkzuurvorming
aantal mitochondriën	veel	weinig
myosine-ATP-aseactiviteit	laag	hoog
Ca^{2+} -resorberende capaciteit	laag	hoog
hoeveelheid myofibrillen per cel	matige dichtheid	hoge dichtheid
motoreenheden	klein	groot
prikkeldrempel	relatief laag	relatief hoog
innervatie	langzamer geleidende zenuwvezels	snel geleidende zenuwvezels
vermoeibaarheid	nauwelijks	snel
functie voor het lichaam	houding	bewegingen
voorraad glycogeen	veel	weinig



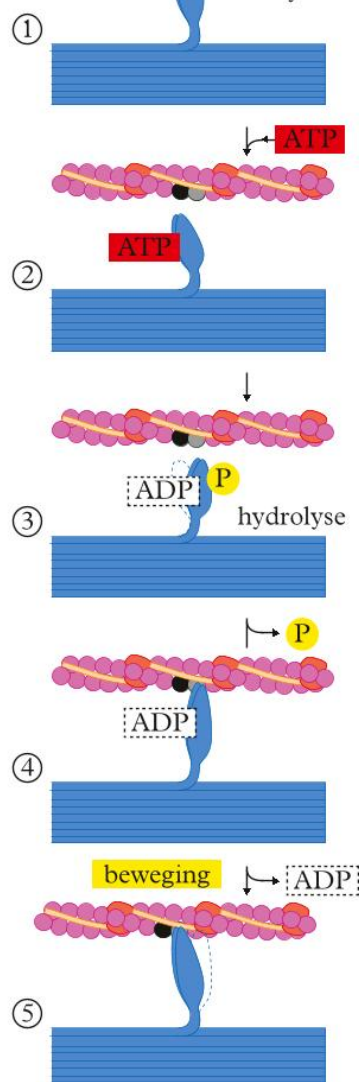
ontspannen

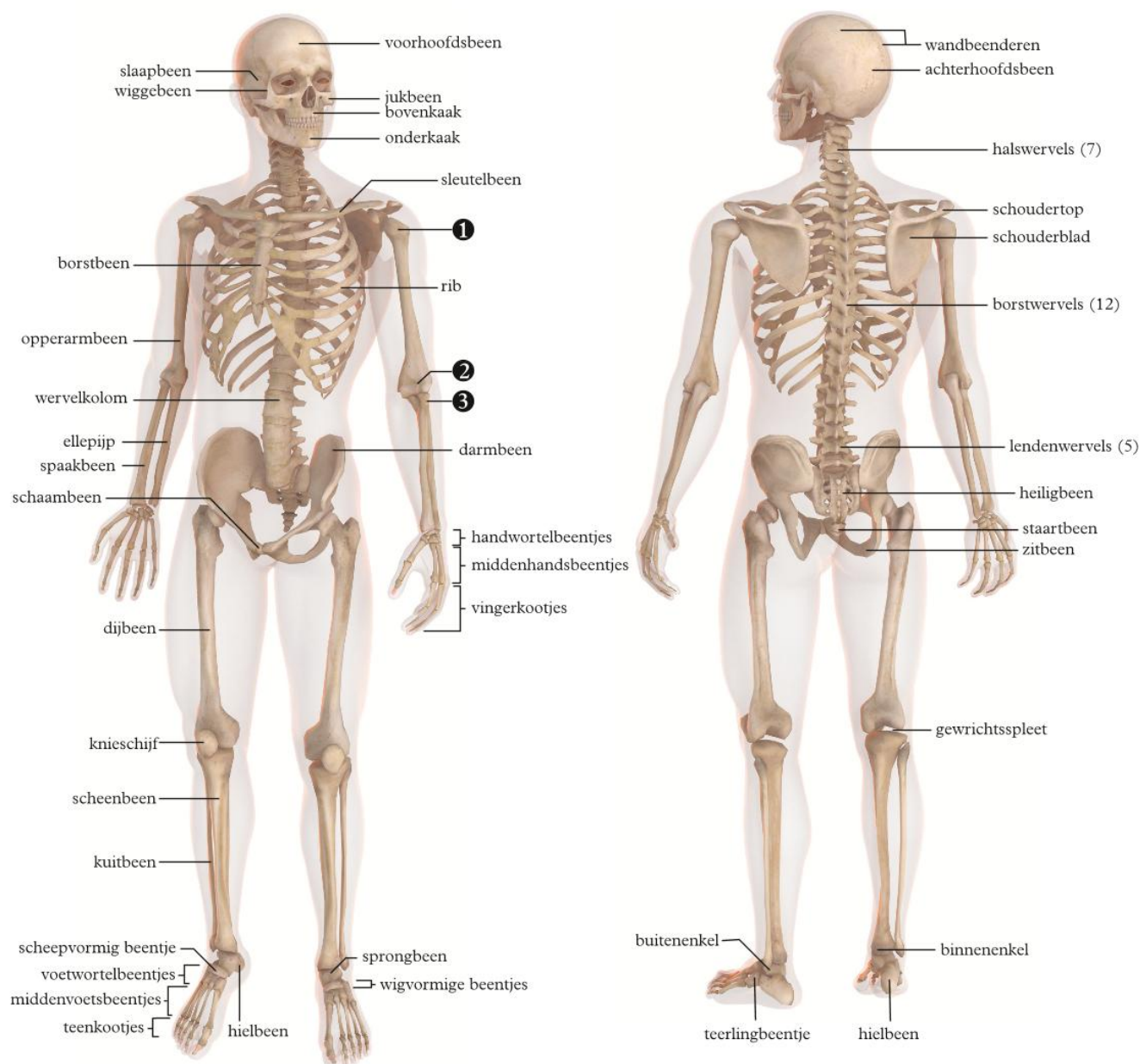


samentrekkend

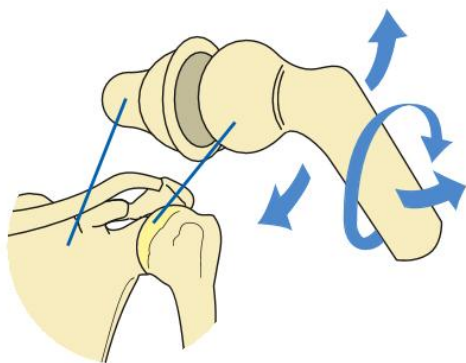


actinefilament
myosinekopje

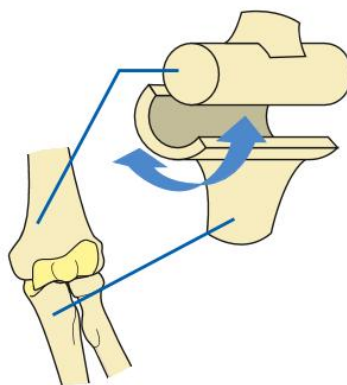




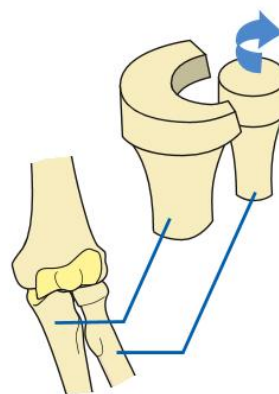
① kogelgewricht

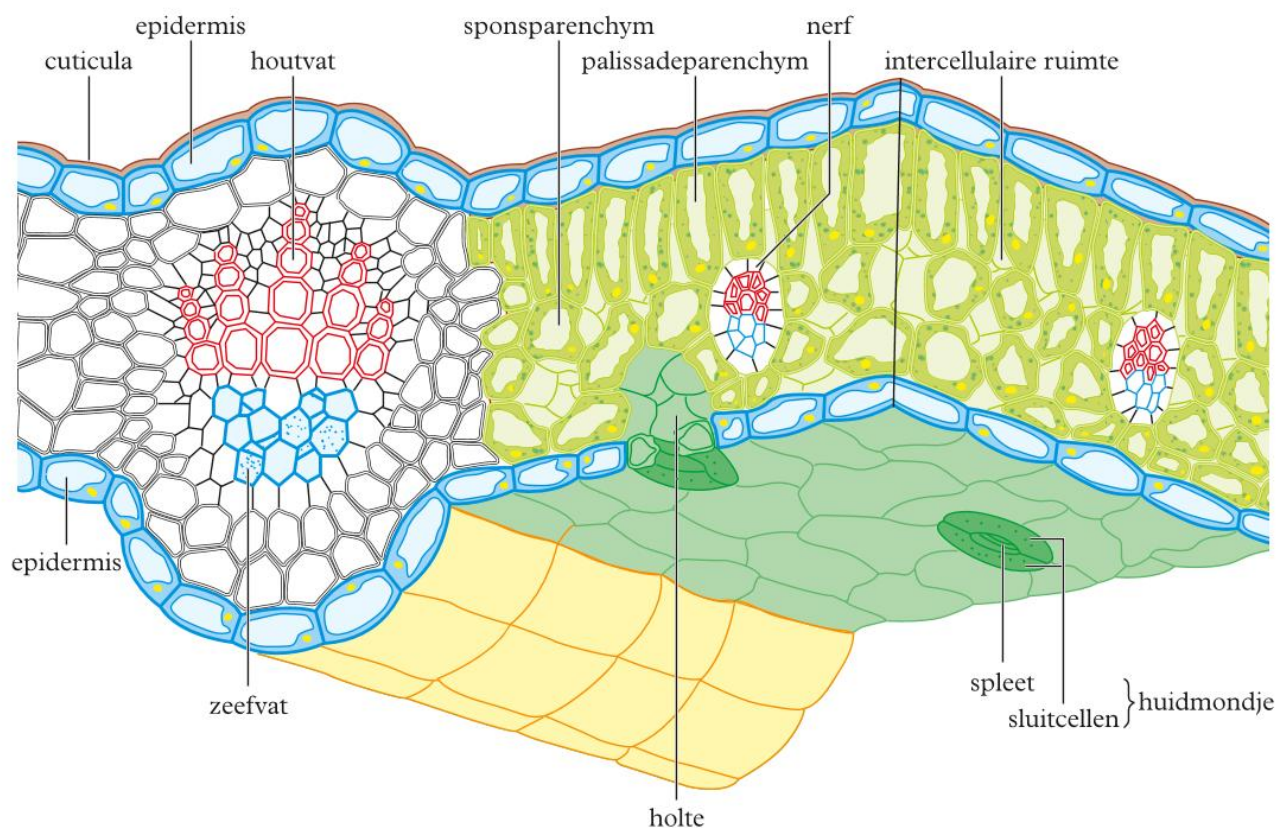
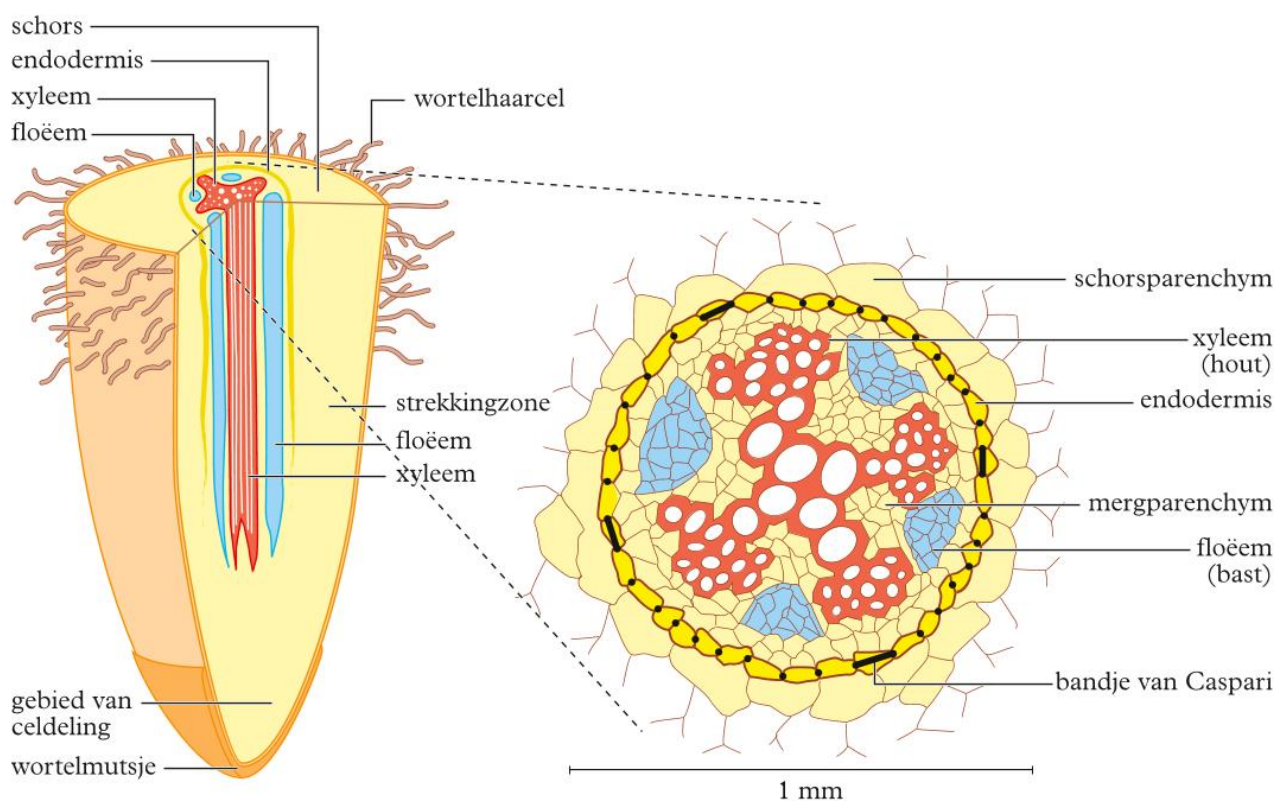


② scharniergewricht

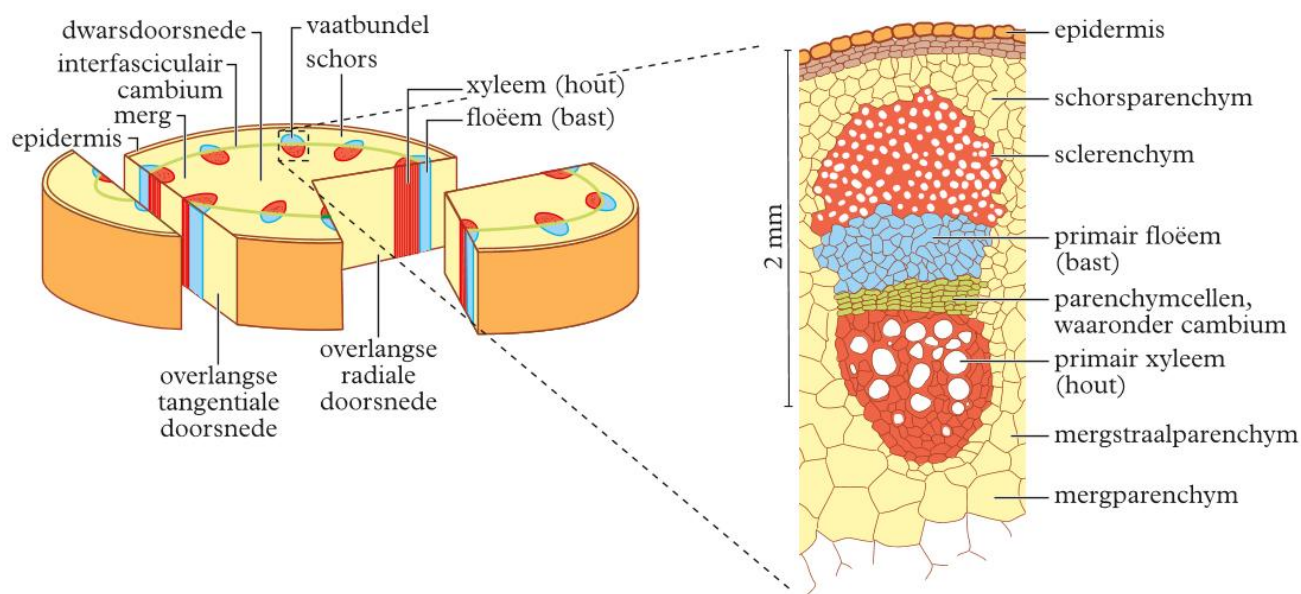


③ rolgewricht

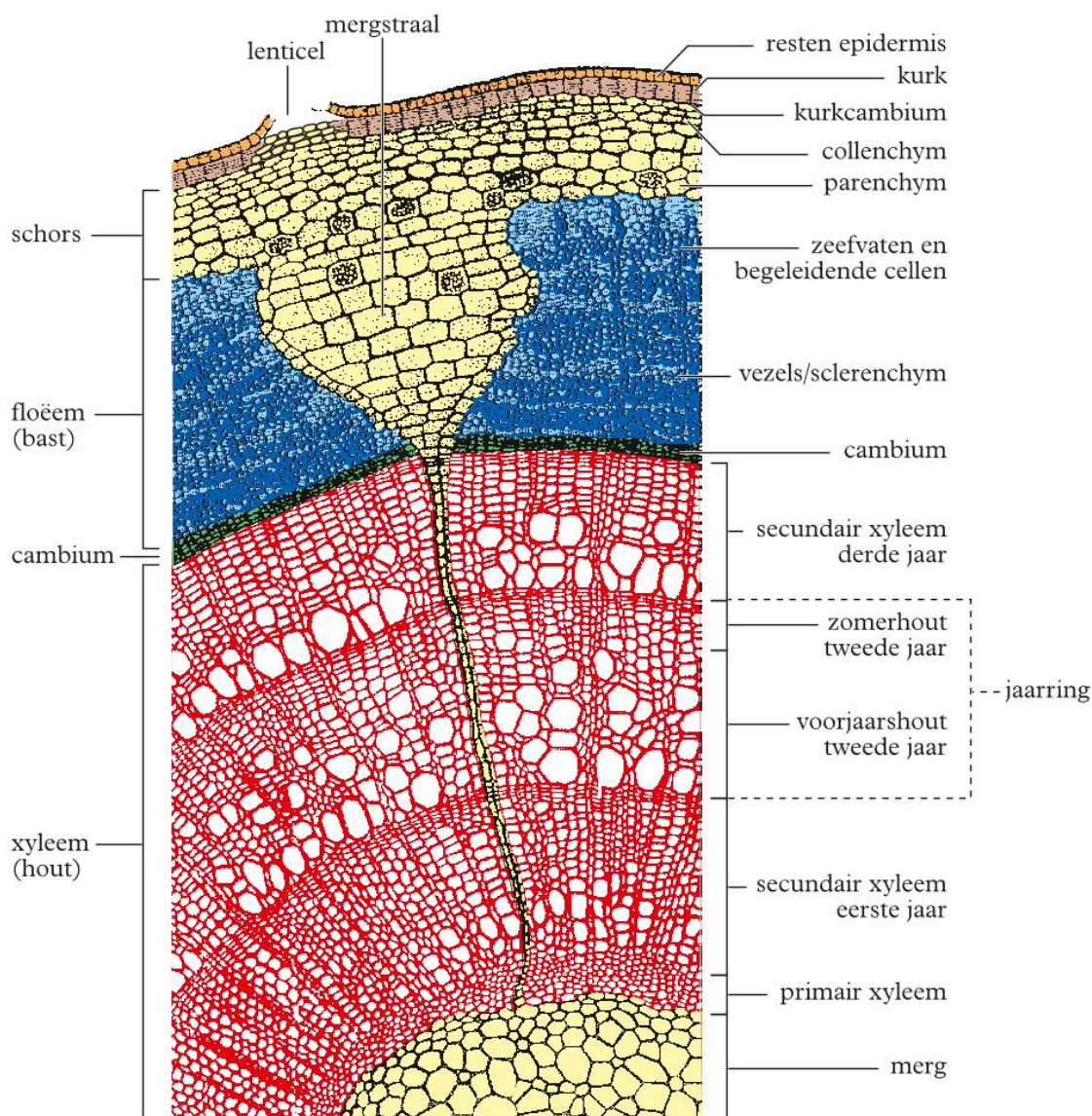


stereogram bladdoorsnede**ruimtelijk schema van een wortel
(in de lengte ingekort)****centrale cilinder, detail**

Ruimtelijk schema van een stengel met detail van een vaatbundel, dwarsdoorsnede



Dwarsdoorsnede driejarige lindetak



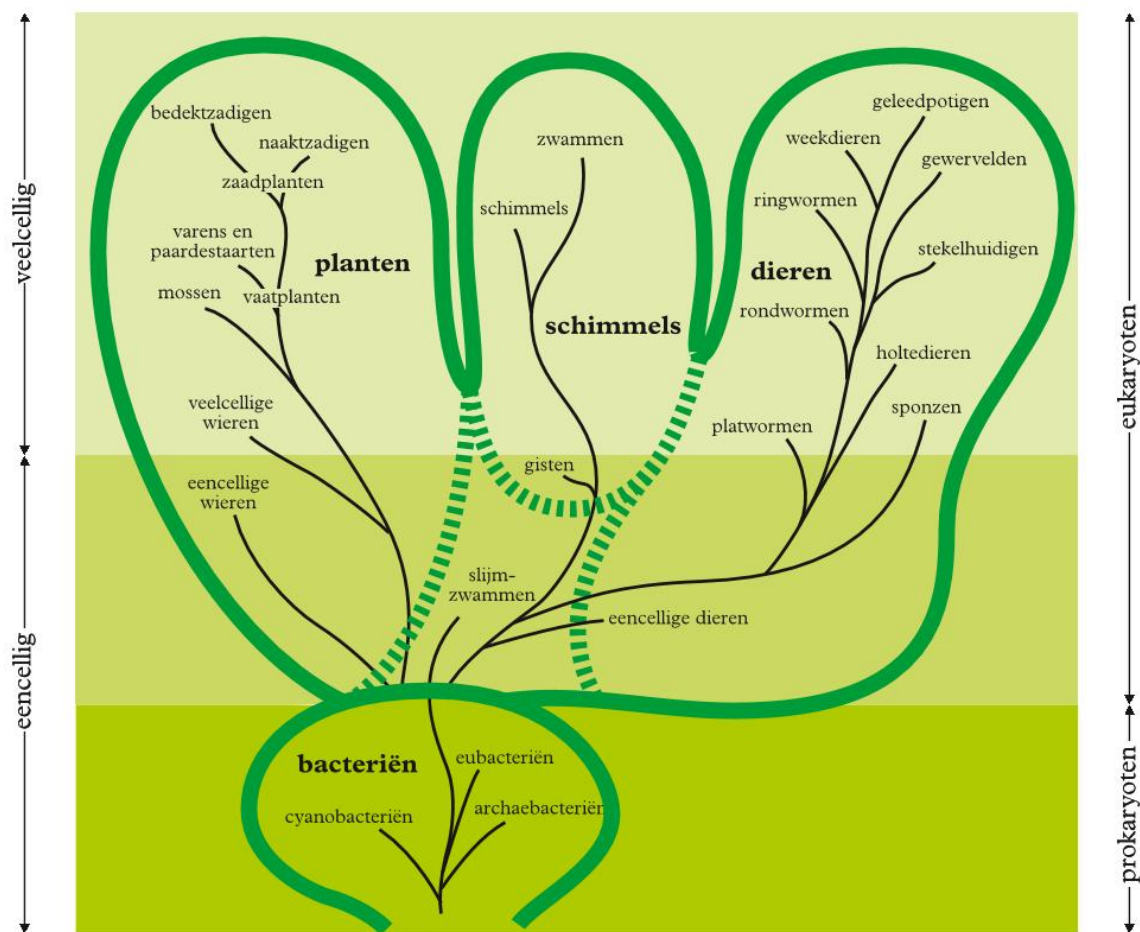
Macronutriënten

<i>element</i>	<i>opgenomen als</i>	<i>functies</i>
koolstof (C)	koolstofdioxide (CO_2)	belangrijk bestanddeel van organische verbindingen in planten
waterstof (H)	water (H_2O)	belangrijk bestanddeel van organische verbindingen in planten
zuurstof (O)	koolstofdioxide (CO_2)	belangrijk bestanddeel van organische verbindingen in planten
stikstof (N)	nitraat (NO_3^-) ammonium (NH_4^+)	bestanddeel van aminozuren, eiwitten, nucleotiden, nucleïnezuuren, chlorofyl – actieve groep in co-enzymen
zwavel (S)	sulfaat (SO_4^{2-})	bestanddeel van cysteïne, methionine, eiwitten, co-enzymen, vitaminen – actieve groep in enzymen en co-enzymen
fosfor (P)	diwaterstoffosfaat (H_2PO_4^-) monowaterstoffosfaat (HPO_4^{2-})	bestanddeel van nucleotiden, nucleïnezuuren, fosfolipiden en co-enzymen – energietransport, membraanstructuur
kalium (K)	kalium (K^+)	cofactor in eiwitsynthese – waterbalans en werking van huidmondjes – fotosynthese – vervoer van koolhydraten
calcium (Ca)	calcium (Ca^{2+})	activeren van enzymen – bestanddeel van celwanden – instandhouden van structuur en permeabiliteit van membranen – regelen van reacties van de cel op prikkels
magnesium (Mg)	magnesium (Mg^{2+})	bestanddeel van chlorofyl – activeren van enzymen

Micronutriënten

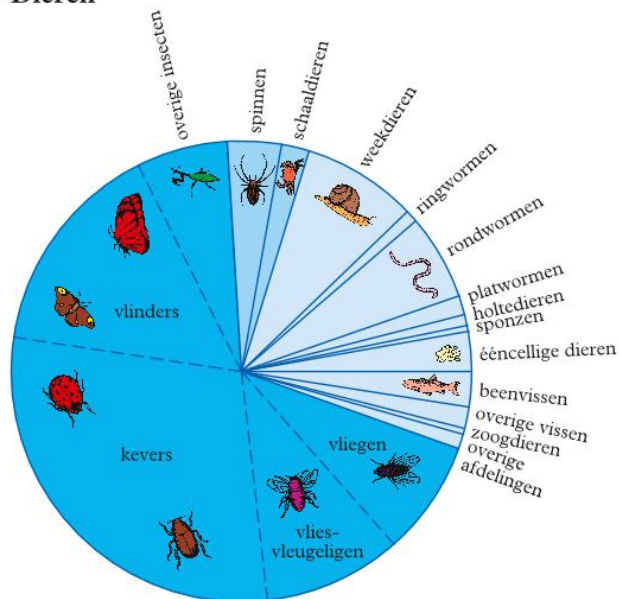
<i>element</i>	<i>opgenomen als</i>	<i>functies</i>
ijzer (Fe)	ijzer(II) (Fe^{2+}) ijzer(III) (Fe^{3+})	synthese van chlorofyl – actieve groep in enzymen en elektronendragers (cytochromen)
chloor (Cl)	chloride (Cl^-)	fotosynthese – waterbalans
boor (B)	diwaterstofboraat (H_2BO_3^-)	cofactor bij synthese van chlorofyl – koolhydraattransport – celdeling bij tweezaadlobbigen
mangaan (Mn)	mangaan(II) (Mn^{2+})	cofactor van veel enzymen – bij ontleding van water bij de fotosynthese – vorming van aminozuren – verbranding
zink (Zn)	zink (Zn^{2+})	activeren van enzymen – synthese van auxine, chlorofyl en eiwitten
koper (Cu)	koper (Cu^{2+})	plastocyanine, werkzaam in de fotosynthese – enzymen voor redoxreacties
molybdeen (Mo)	molybdaat (MoO_4^{2-})	stikstoffixatie – cofactor bij nitraatreductie
nikkel (Ni)	nikkel (Ni^{2+})	cofactor van een enzym van de stikstofstofwisseling
kobalt (Co)	kobalt(II) (Co^{2+})	belangrijk voor stikstofbindende planten (vlinderbloemigen), doordat het essentieel is voor de bacteriën van de wortelknolletjes (<i>Rhizobium</i>)

■ Als planten bedoeld zijn als veevoer voegt men aan kunstmest jood (I), seleen (Se) en kobalt (Co) toe. Deze elementen hebben een functie voor het vee, niet voor de plant zelf.



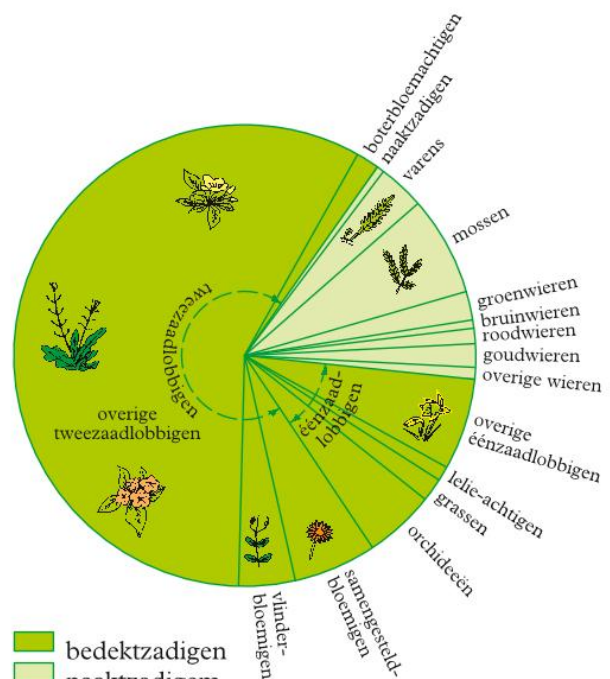
■ De vier rijken: zie tabel 78.

Dieren



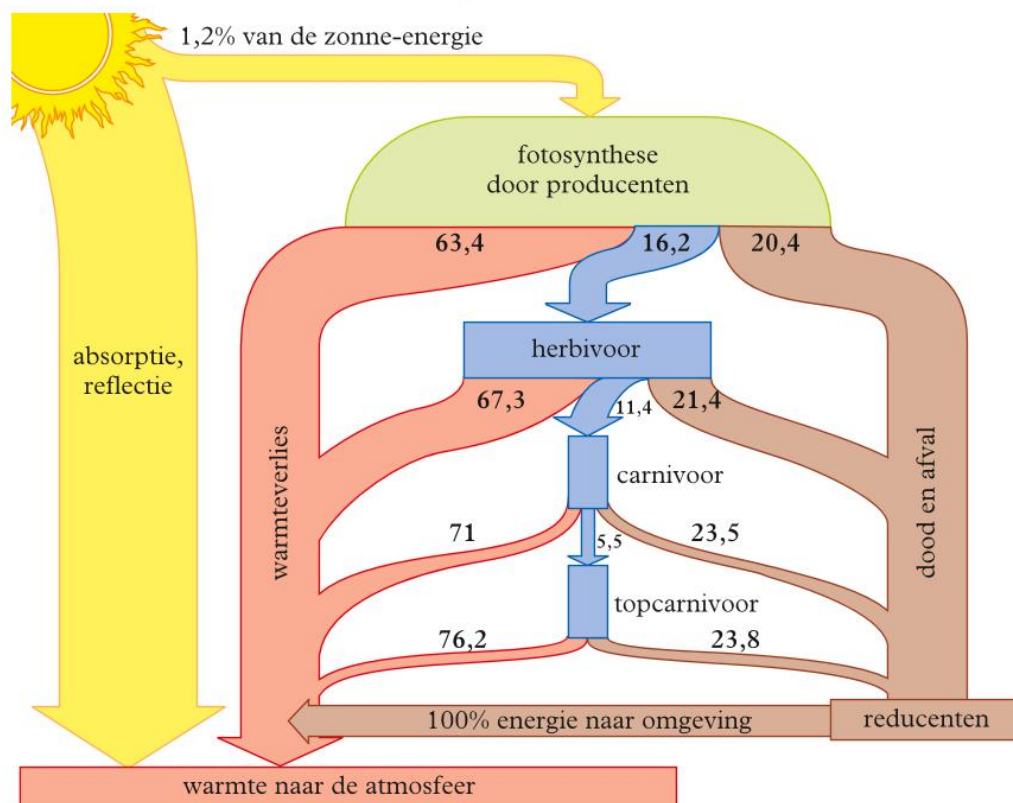
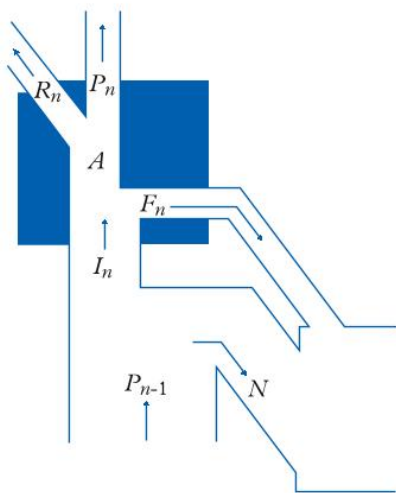
■ insecten
■ overige geleedpotigen
1° ~ ca. 4000 soorten

Planten



■ bedektzadigen
■ naaktzadigen
1° ~ ca. 1000 soorten

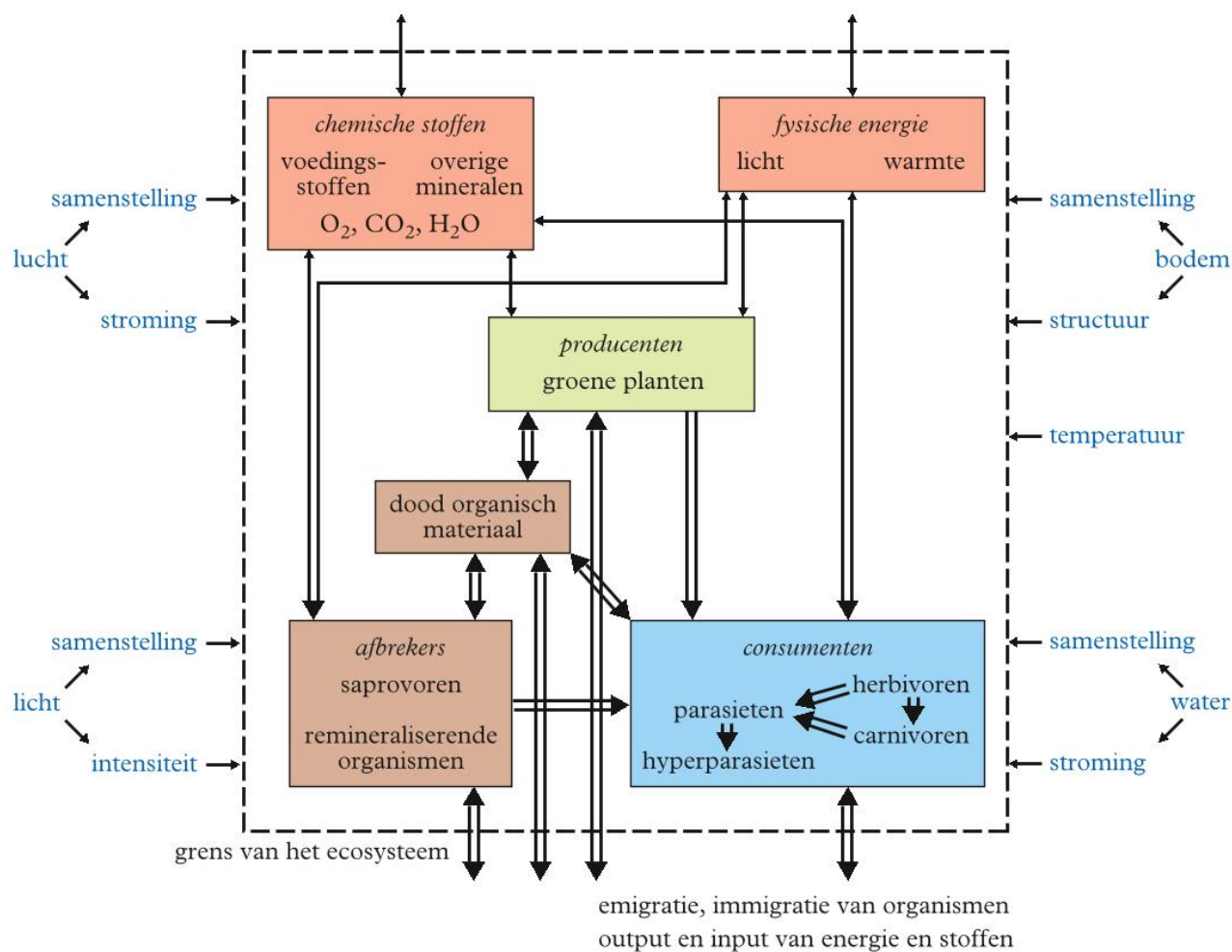
Energiestroom door een ecosysteem in %

Energiestroom op trofisch niveau n 

- P_{n-1} = productiviteit op trofisch niveau $n-1$
- P_n = productiviteit op trofisch niveau n
- F_n = energieverlies door uitwerpselen op trofisch niveau n
- I_n = energieopname in de vorm van organische stoffen op trofisch niveau n
- N = niet opgegeten deel van de productie
- R_n = energieverlies door dissimilatie op trofisch niveau n
- A = hoeveelheid energie in organische stof die via het spijsverteringskanaal wordt geresorbeerd en in het bloed opgenomen

■ Energiestroom door trofische niveaus: assimilatie-efficiëntie (A/I) en productiviteitsefficiëntie (P/A) van een graslandmodel.

		A/I_n in %	P_n/A in %
ongewervelden	herbivoor	40	40
	carnivoor	80	30
	microbivoor	30	40
	detrivoor	20	40
gewervelden (ectotherm)	herbivoor	50	10
	carnivoor	80	10
gewervelden (endotherm)	herbivoor	50	2
	carnivoor	80	2

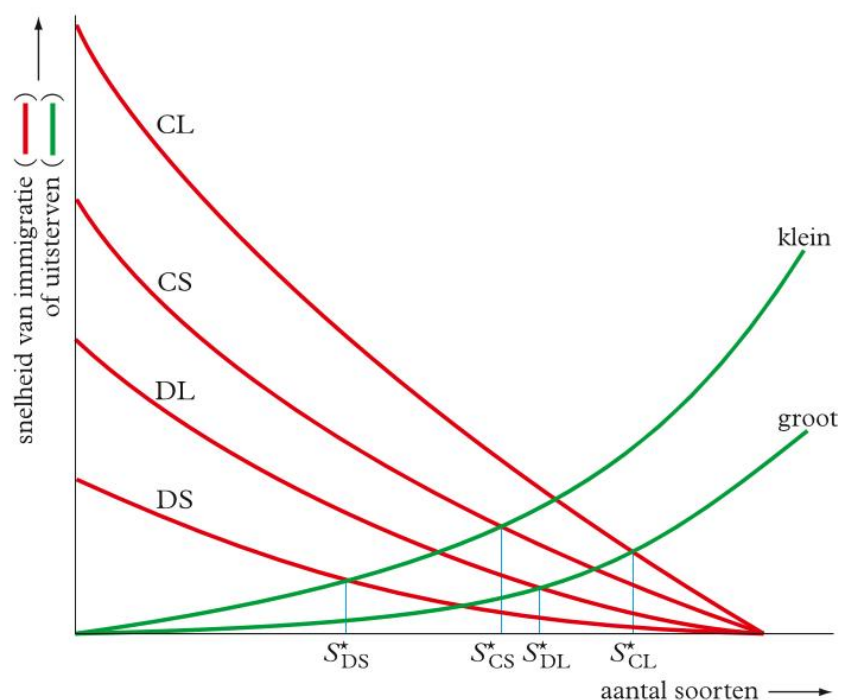


→ = transport van stoffen of energie
 ⇒ = transport van stoffen en energie

■ namen in blauw: abiotische factoren.

Eilandtheorie van McArthur en Wilson

C



S* = evenwichtstoestand
 D = ver van vaste land
 C = dichtbij vaste land
 S = klein eiland
 L = groot eiland

- onbegrensde groei

J-curve

$$N(t) = N(0)e^{rt}$$

$N(t)$ = populatiegrootte (aantal)
op tijdstip t

r = groeifactor

- begrensde groei

S-curve: onbegrensde groei
gaat over in begrensde groei

differentiaalvergelijking

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(\frac{K-N}{K}\right)$$

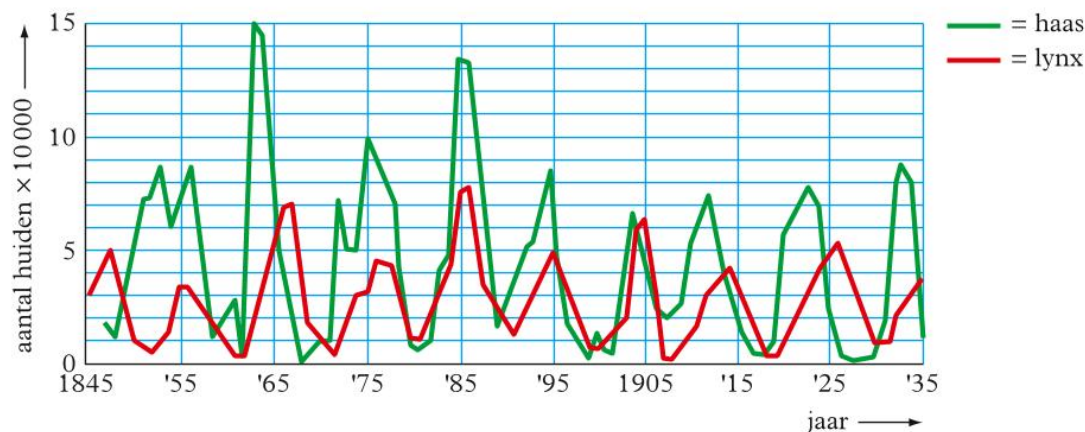
K = verzadigingspopulatie

a = integratieconstante die de
positie van de curve t.o.v. de
oorsprong definieert

populatiegrootte

$$N(t) = \frac{K}{1 + e^{a-rt}}$$

2 Predator-prooirelaties, empirisch onderzoek



■ Populatieschommelingen van de Sneeuwschoenhaas en de Canadese Lynx. Het aantal berust op de door de Hudson Bay Company verhandelde huiden.

3 Verdeling van allelen van een gen in een populatie

Wet van Hardy-Weinberg

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

p = frequentie van allel A

q = frequentie van allel a

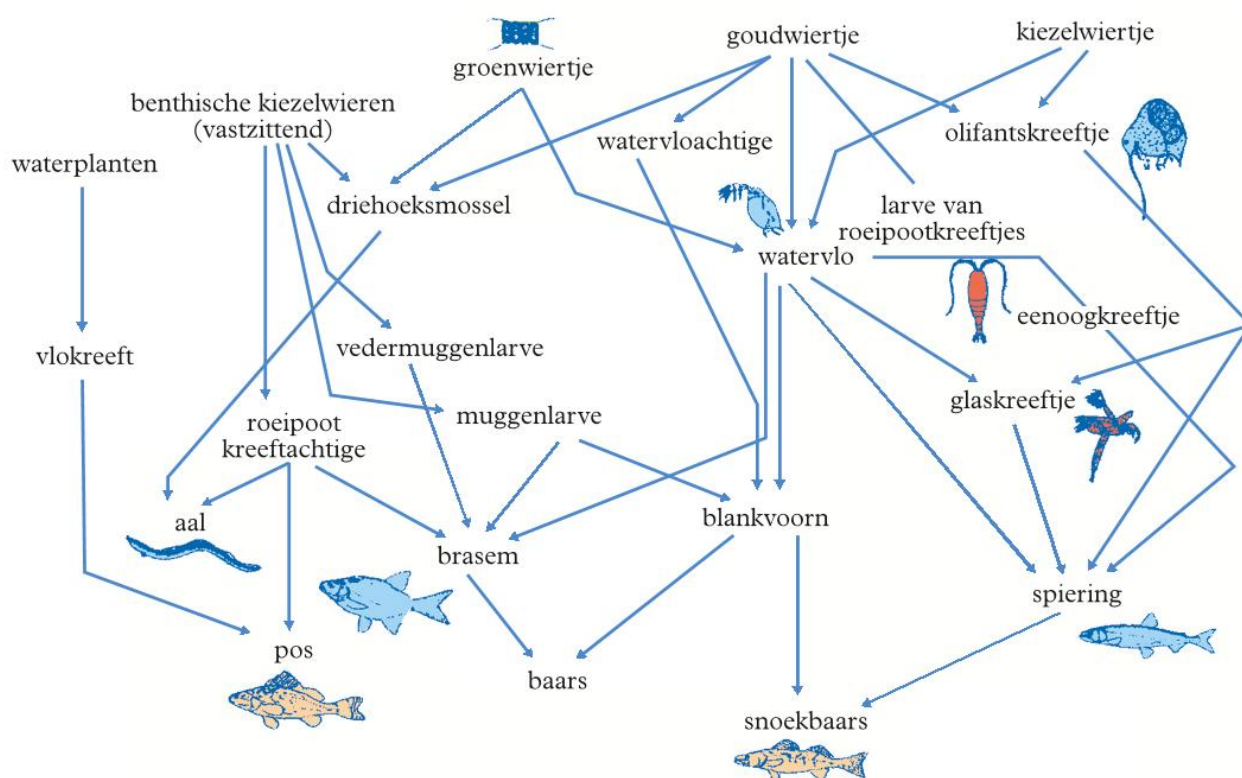
$$p + q = 1$$

p^2 = kans op genotype AA

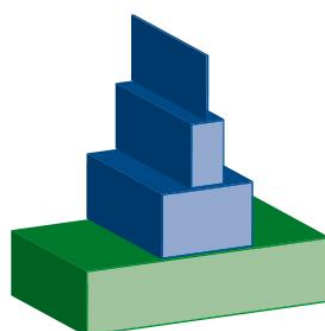
$2pq$ = kans op genotype Aa

q^2 = kans op genotype aa

Voedselweb (Tjeukemeer)

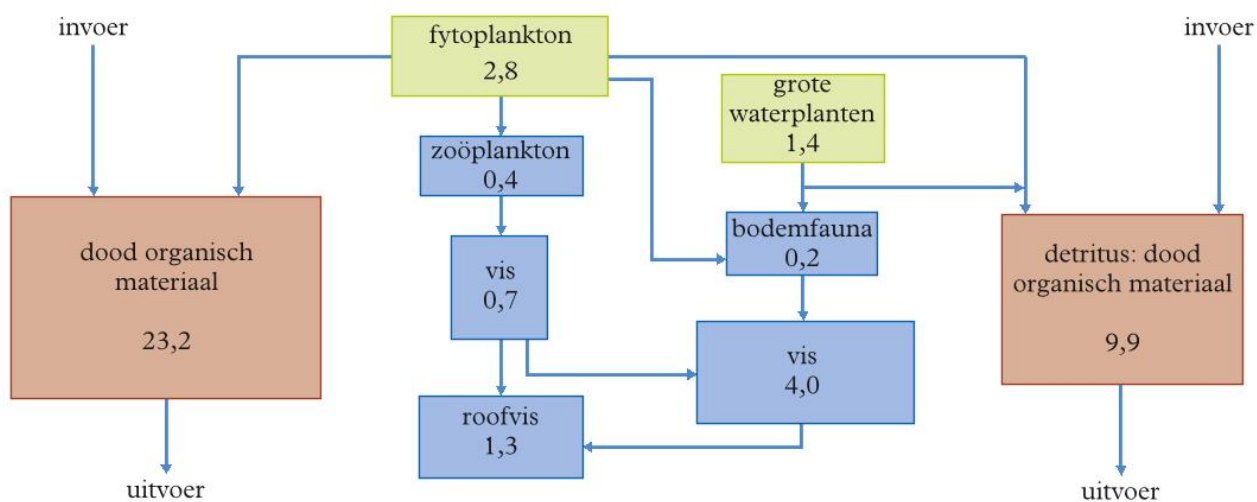


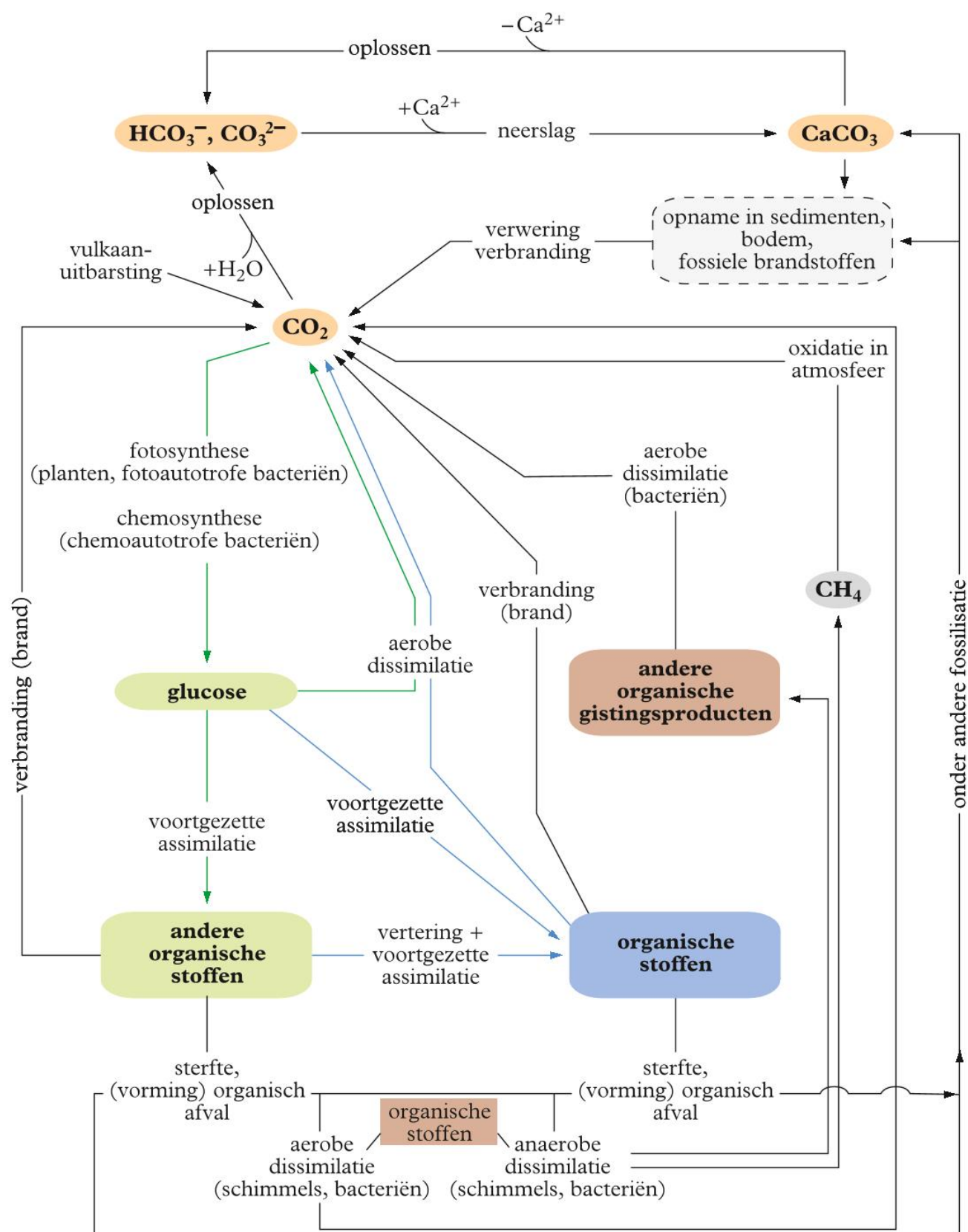
Piramide van productiviteit

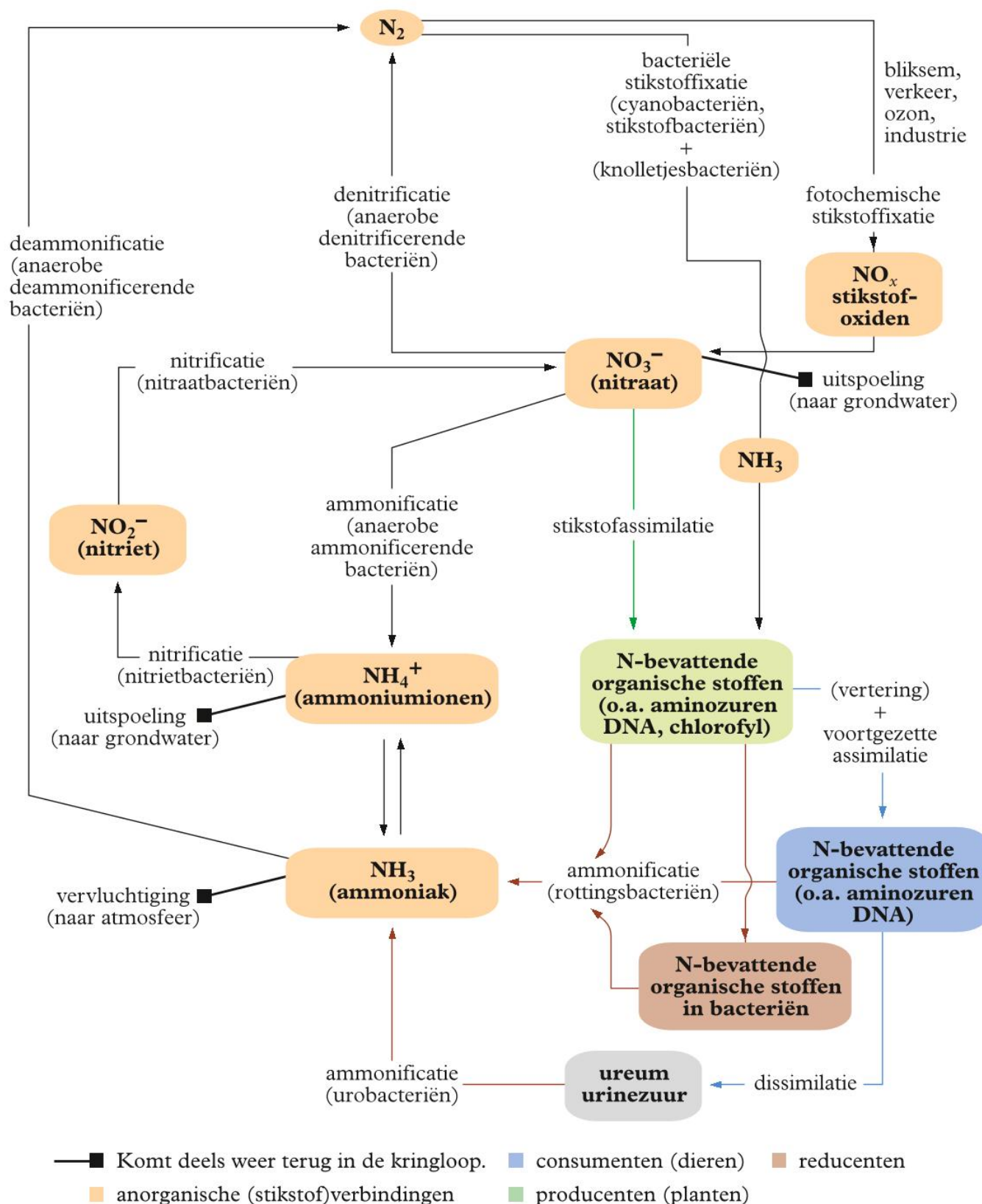
biomass in $\text{g m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 

- | | |
|-----|--|
| 1 | roofvis |
| 10 | vis |
| 50 | zoöplankton
(dierlijk plankton) |
| 840 | fytoplankton
(plantaardig plankton) |

Verzamelingen van soorten van hetzelfde trofische niveau

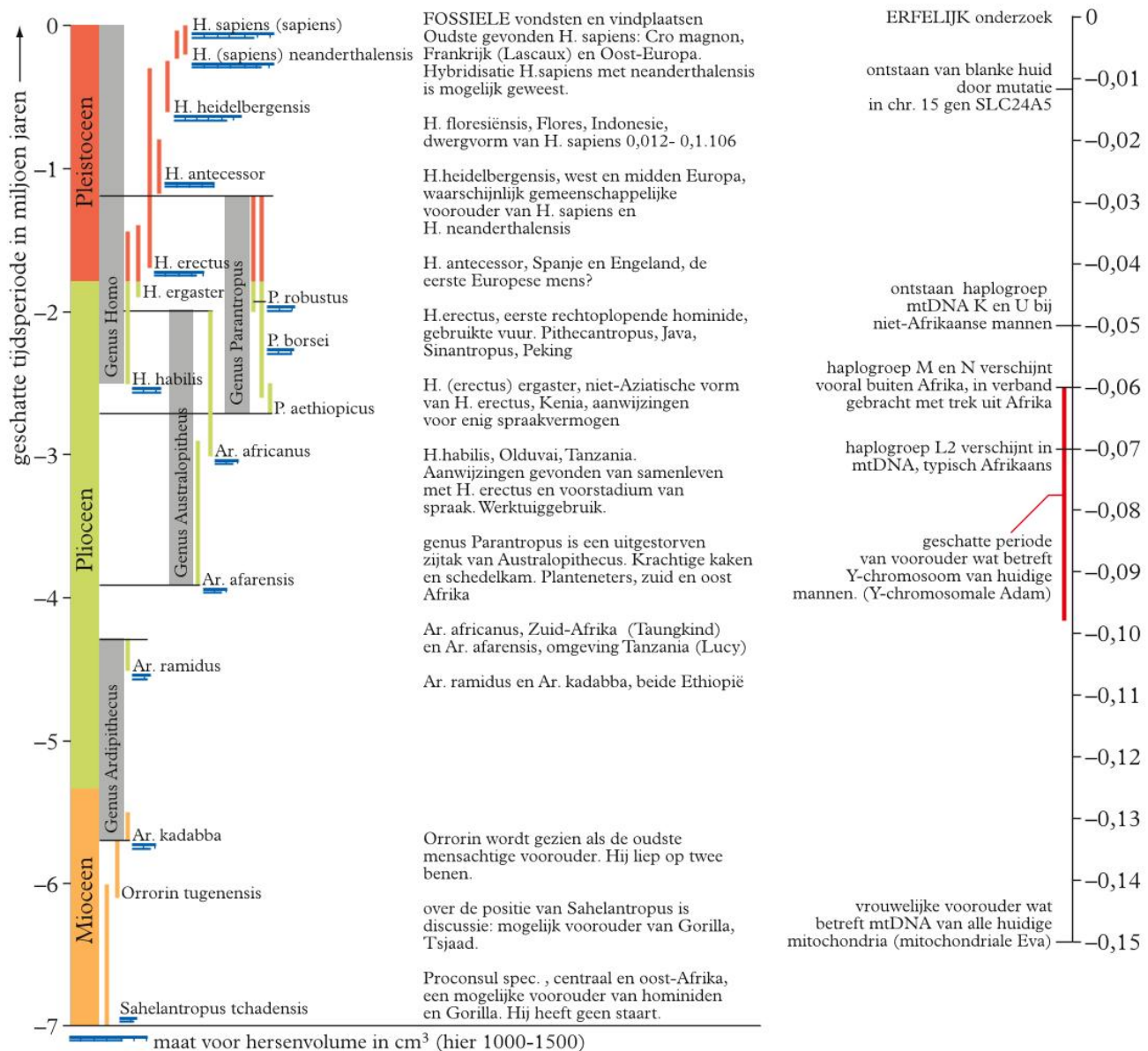
biomassa in g m^{-2} 



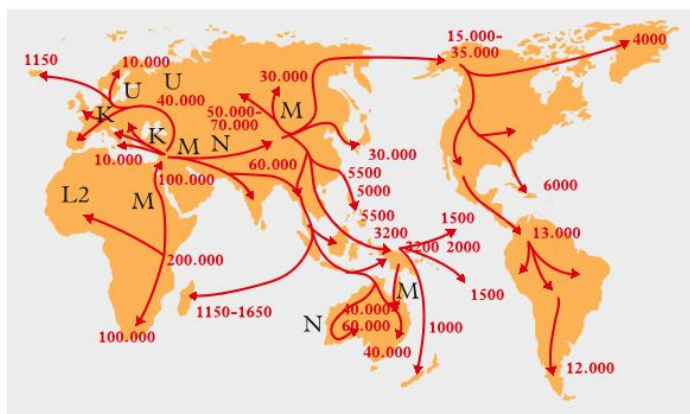


■ Bij knolletjesbacteriën komt een deel van de NH_3 ten goede aan de gastheerplant.

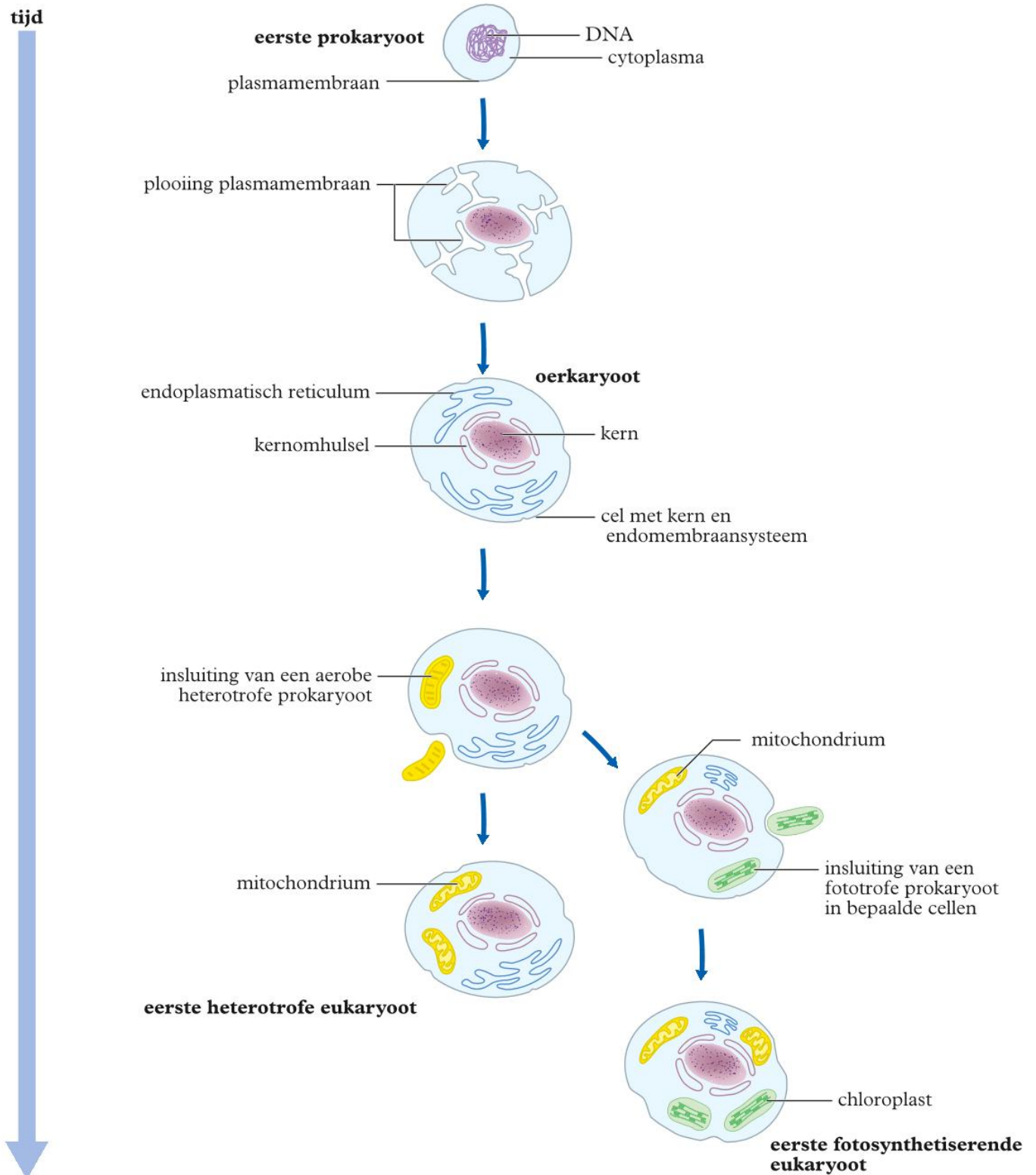
hoofd- tijdperk (era)	periode (systeem)	tijdvak (serie)	geschatte ouderdom in 10 ⁶ jaar	opmerkingen	kenmerkend leven
Kenozoïcum	Kwartair	Holoceen			Cro-Magnonmens – paalwoningen – vele grotschilderingen
		Pleistoceen		ijstijden	Heidelbergmens – Neandertaler – Java- mens – Pekingmens – Homo habilis
		Pliocene	2		verdere ontwikkeling van de zoogdieren
	Tertiair	Mioceen		Alpiene plooing	differentiatie mens/apen
		Oligoceen			ontstaan van grote grasvlakten – ontwikke- ling van herbivoren en van carnivoren
		Eoceen			verdere ontwikkeling van zoogdieren o.a. van primaten
					sterke ontwikkeling van voorlopers recente zoogdieren
	Krijt	Paleoceen			voortbestaan mesozoïsche zoogdierfauna
		Boven-Krijt	65	Vroeg-Alpiene plooing	hoogtepunt in ontwikkeling van reptielen, gevolgd door uitsterven van reuzenreptielen – uitsterven van ammonieten
		Onder-Krijt			eerste vogels – buideldieren – insectivoren en bedektzadigen
Mesozoïcum	Jura	Malm	136		eerste oervogel: Archeopteryx – bloeiperiode ammonieten, dinosauriërs en andere reptielen
		Dogger			
		Lias			
	Trias	Keuper	190		vele reptielen
		Muschelkalk			eerste schildpadden
		Buntsandstein			eerste zoogdieren
		Zechstein	225		ontstaan van grote delen nieuw land – verandering van klimaat
	Perm	Rotliegendes			laatste trilobieten en pantservissen
				Hercynische plooing	crinoiden bijna uitgestorven – uitbreiding van reptielenfauna
	Carboon	Boven-Carboon	280		klimaat warm en vochtig, waardoor enorme plantengroei, ontstaan van steenkoollagen in N.W.-Europa – eerste zaadplanten en reptielen – ontwikkeling van insecten
Onder- Carboon				sterke uitbreiding van crinoiden, koralen en brachyopoden - verdere ontwikkeling van haaien en amfibieën	
Paleozoïcum	Devon		345		eerste amfibieën – ontstaan van been- en kraakbeenvissen – eerste ammonieten – grote uitbreiding van landplanten
			395		eerste landplanten – talrijke kaakloze vissen
	Siluur				laatste graptolieten
			430	Caledonische plooing	verdere ontwikkeling trilobieten – opkomst graptolieten en nautilus- achtigen – eerste vissen
	Ordo- viciem		500		vrijwel alle groepen evertrebraten vertegenwoordigd – overheersen van trilobieten
	Can- brium				
	Pre Cambrium	Cryptozoïcum	570	vele plooingen	oudst bekende evertrebraten – holtedieren en wormen
			650	+	
		3500	ijstijden	oudst bekende fossielen: bacteriën	
		4800		vorming aarde	



- Een Latijnse naam tussen haakjes betekent discussie over soort of ondersoort.
- De 'Out of Africa'-hypothese is voor een groot deel gebaseerd op de haplotypen van het Y-chromosoom en mtDNA. (haplotype = een serie allelen op opeenvolgende loci op een enkel chromosoom). Naast mtDNA en het Y-chromosoom spelen 'repeats' in het gen INS VNTR een rol. In Afrikaanse populaties komen daarvan 22 varianten voor, in niet-Afrikaanse slechts 3.

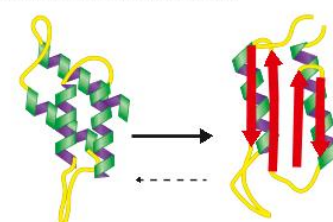


Verspreiding van *Homo sapiens* passend bij de 'Out of Africa' hypothese. De getallen geven het aantal jaren geleden (van 200.000-50.000) aan en zijn gebaseerd op de paleontologische en archeologische gegevens en genetische studies. De letters corresponderen met de hierboven genoemde haplogroepen.



<i>antibioticumgroep</i>	<i>voorbeelden</i>	<i>werking</i>	<i>bijzonderheden</i>
tetracyclinen	tetracycline doxycycline	remmen de eiwitsynthese door binding aan het 30S ribosomale deel	resistentie door actieve uitscheiding middels “pompen” in het bacteriemembraan en blokkering van aanhechtingsplaats ribosoom
sulfonamiden/ trimethoprim		leggen de vorming van foliumzuur stil	resistentie door opname van foliumzuur uit de omgeving
penicillinen/ cefalosporinen	penicilline G amoxicilline	blokkeren met de β -lactamkern een enzym dat betrokken is bij de vorming van de celwand. Deze wordt doorlaatbaar voor water, waardoor de bacteriecel barst	uitschakeling van o.a. amoxicilline door bacteriële afbraak. Daarom wordt het in combinatie met clavicaanzuur gebruikt, dat competitief het β -lactamase wegvangt.
	oxacilline	remt RNA-polymerase van bacteriën	penicillinase resistent
macroliden	erythromycine	remmen de eiwitsynthese door binding aan het 50S ribosomale deel	resistentie door methylering van adenine aan het 50S ribosoom en door uitpompen via de celmembraan
(fluoro-)quinolonen	gemifloxacin moxifloxacin	verhinderen bacteriële transcriptie en translatie	resistentie door uitpompen via celmembraan en door blokkering aangrijpingspunt van quinolonen
aminoglycosiden	gentamicine tobramycine streptomycine	remmen de eiwitsynthese door binding aan het 30S ribosomale deel	synergistisch met β -lactam – geen orale toediening – resistentie door actieve uitscheiding middels “pompen” in het bacteriemembraan en blokkering van aanhechtingsplaats ribosoom
nitro-imidazolen	metronidazol	produceren superoxideradicalen die het DNA vernietigen	specifiek tegen anaerobe bacteriën
glycopeptiden	vancomycine	verhindert vorming van dwarsverbindingen van celwandmoleculen	wordt vooral gebruikt als laatste redmiddel bij MRSA-infectie – resistentie door wijziging aangrijpingspeptide door de bacterie

<i>prion en bron</i>	<i>voorkomend bij</i>	<i>mogelijk effect aanwezigheid</i>
HET-s prionmutant van normaal HET-S gen	Podospora anserina (een schimmel)	kolonie met s-mutant selectieve sporendoding van S-mutant bij seksuele voortplanting, gevoeliger voor infectie met mitochondriaal verouderingsplasmide
URE3 prionmutant van ure2p gen	Saccharomyces cerevisiae (een gist)	groeit mogelijk op N-arme bron
ISP+ prionmutant van sfp1	Saccharomyces cerevisiae	antisuppressor van bepaalde Sup35 genen (translatie-einde factoren)
PrP ^{PR} , ook wel CD230	mens	Creutzfeld-Jakob, kuru en fatale familiale insomnie
Prionisoform van PrP ^C		
PrP ^{PR} variant	koe, overdraagbaar op mens	BSE (gekke koeienziekte)
PrP ^{PR} variant	schaap	scrapie
PrP ^{PR} variant	o.a. hert, rendier	chronic wasting disease



normaal eiwit met 4 α -helixen prioneiwit met 2 α -helixen en 4 β -platen

ADI, aanvaardbare dagelijkse inname, uitgedrukt in mg per kg lichaamsgewicht

	ADI	bijzonderheden
• <i>spoorelementen</i>		
arseen	$2 \cdot 10^{-3}$ ▶ ²	voor anorganisch As, voor de meeste organische As-verbindingen ligt deze waarde aanzienlijk hoger
broom (als Br ⁻)	1	
cadmium	▶ ²	400-500 µg per week per persoon
jood		1 mg per dag per persoon
koper	0,05-0,5	
kwik		0,3 mg per week per persoon waarvan niet meer dan 0,2 mg als methylkwikverbindingen
lood		3 mg per week voor een volwassene, vooropgesteld dat de belasting uit lucht en drinkwater niet hoger is dan resp. 280 en 700 µg per week; voor kinderen 25 µg per kg lichaamsgewicht per week
tin	2	
ijzer	0,8	voor alle ijzerverbindingen, uitgezonderd de ijzeroxiden
zink	0,3-1,0	
• <i>chloorkoolwaterstoffen</i>		
aldrin	$0,1 \cdot 10^{-3}$	
DDT	$20 \cdot 10^{-3}$	
β-HCH	$< 1 \cdot 10^{-3}$	hexachloorcyclohexaan
heptachloor	$0,25 \cdot 10^{-3}$	
• <i>stikstofverbindingen</i>		
nitraat	3,7	K- of Na-zout, hier berekend als Na-zout
nitriet	0,04	K- of Na-zout, hier berekend als nitrietion
• <i>aromaat</i>		
styreen	$40 \cdot 10^{-3}$	
TCDD	$1-4 \cdot 10^{-9}$	meest giftige 2,3,7,8-tetrachloordibenzo-p-dioxine

	ADI	bijzonderheden
• <i>aromastoffen</i>		
trans-anethool	2,5	trans-1-(4-methoxyfenyl)propeen
benzaldehyde	5	fenylmethanal
carvon	1	C ₁₀ H ₁₄ O, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-cyclohex-2-een-1-on
citral	0,5	cis- en trans-3,7-dimethyl-octa-2,6-diënal (neral en geranial)
ethylbutyraat	15	ethylbutanoaat
ethylheptanoaat	2,5	
ethylauraat	1	ethyldodecanoaat
eugenol	2,5	4-allyl-2-methoxyfenol
fumaarzuur	6	trans-buteendizuur en zijn Na-zout, ook zuurteregelaar
kaneelaldehyde	0,7	trans-3-fenylpropenal
mentol	0,2	2-isopropyl-5-methylcyclohexanol
octanal	0,1	
vanilline	10	(4-hydroxy-3-methoxyfenyl)methanal, smaakstof

	ADI	bijzonderheden
• conserveermiddelen		
benzoëzuur	5	benzeencarbonzuur en zijn Ca-, K- en Na-zouten, ook aromastof, E210
formaldehyde	0,15	2 mg per kg verpakte eet- en drinkwaren; methanal, E240
mierenzuur	3	methaanzuur en zijn Ca- en Na-zouten, ook vergasser, E236
sorbinezuur	25	<i>trans, trans</i> -hexa-2,4-dieenzuur en zijn Ca-, K- en Na-zouten, E200
sulfiet	0,7	berekend als SO ₂ ; bijv. als SO ₂ , Na ₂ SO ₃ , NaHSO ₃ , E221-228
wijnsteenzuur	30	2,3-dihydroxybutaandizuur en de Ca-, K- en Na-zouten hiervan, ook zuurteregelaar, E334
• kleurstoffen		
aluminium	0,6	Al en zijn verbindingen, hier berekend als Al; ook hechtstoffen, E173
amarant	0,5	C ₂₀ H ₁₁ N ₂ Na ₃ O ₁₀ S ₃ , rood, E123
briljantblauw FCF	10-12,5	C ₃₇ H ₃₄ N ₂ Na ₂ O ₉ S ₃ , E133
briljantgroen BS	5	C ₂₇ H ₂₅ N ₂ NaO ₇ S ₃ , E142
chinolinegeel	10	C ₁₈ H ₉ NNa ₂ O ₈ S ₂ , E104
chocoladebruin HT	1,5	C ₂₇ H ₁₈ N ₄ Na ₂ O ₉ S ₂ , E155
riboflavine	0,5	vitamine B ₂ , geel, E101
ijzeroxiden	0,5	E172
• oplosmiddelen		
aceton		5 mg per kg voedsel
butaan-1,3-diol	4	dragerstof
ethylacetaat	6-25	ook aromastof
propaan-2-ol	1,5	
triethylcitraat	20	C ₁₂ H ₂₀ O ₇ , dragerstof
• diversen		
adipinezuur	5	hexaandizuur en zijn K-, Na- en NH ₄ -zouten, zuurteregelaar, E355
alginaten	25	verdikkingsmiddel, E400-405
ammoniumfosfatiden	30	emulgator, E442
L-ascorbinezuur- vetzuuresters	1,25	antioxidanten
chloor (Cl ₂)		2,5 g per kg cakemeel, 'meelverbeteraar', bleekmiddel
chloordioxide		30 ppm van het meel, 'meelverbeteraar', bleekmiddel
dichloordifluor- methaan	1,5	vriesvloeistof, drijfgas
kaliumbromaat		75 ppm van het meel, 'meelverbeteraar', E924
stearylcitraat	50	citroenzuur dat gedeeltelijk veresterd is met in hoofdzaak stearyl- maar ook met palmitylgroepen, emulgator
tinchloride	2	tin(II)chloridedihydraat, verdikkingsmiddel, antioxidant
α-tocoferol	2	vitamine E, antioxidant, E307
wonderolie	0,7	ricinusolie, 'castorolie', los-, smeer- en glijmiddel
• zoetstoffen - niet energieleverend ³		
acesulfaam-k	9	E950
aspartaam	40	E951
cyclamaat	11	E952
sacharine	2,5	E954

1 ► ontleend aan *Het additievenboekje*, SDU uitgeverij, 1988 en aan *E = Eetbaar*, 4e druk, door dr. J. Kamsteeg, Gottmer Uitgeversgroep, 2001

2 ► Daar waar ADI de aanvaarde dagelijkse inname aangeeft, geeft LD50 (median Lethal Dose for 50% of subjects) aan hoeveel stof bij 50% van een populatie tot de dood leidt. LD50 is een maat voor de acute giftigheid en zegt niets over de lange-termijn-toxiciteit van de stof, omdat de stof in één keer wordt toegediend. Verder is LD50 verschillend voor ieder organisme. De LD50 wordt vaak bepaald voor orale (via de mond) en dermale (via de huid) toedieningswegen. Oraal geldt voor arseen: LD50_{rat} = 763 mg kg⁻¹. Oraal geldt voor cadmium: LD50_{rat} = 2330 mg kg⁻¹ en LD50_{muis} = 890 mg kg⁻¹.

3 ► ontleend aan de informatiebrochure van Voorlichtingsbureau voor de Voeding, 1997

Gegevens van een aantal diersoorten

diersoort	gemiddelde massa	maximale levensduur	maximale snelheid	draagtijd of broedduur	gemiddeld aantal eieren of jongen
	kg	jaar	m s^{-1}	dagen	
albatros	8	35	45	65	1
arend, steen-	6	100	53	45	2–3
beer, bruine	250	35	13	240	2–4
beer, ijs-	425	35	13,5	240	1–3
bever	30	20		106	2–4
chimpansee	60	41	8	270	1
dolfijn (tuimelaar)	175	40	11	364	1
dromedaris	600	28	14	395	1
duif, post-	0,2	35	26	18	2
egel	0,8	10		40	2–10
ekster	0,35	18	14	17	5–8
fazant	1,5	27	18	24	10–15
gans, grauwe	2,5	55	22	30	4–6
gier, vale	8	117	20	54	1–3
giraffe	750	28	14	465	1
gorilla	250	50	14	270	1
haas	5	12	20	42	2–4
haai, reuzen-	4000	70	14		1–2
hert, edel-	175	20	13	240	1
hond, huis-	4–60	18	25	63	1–20
honingbij (koningin)	$230 \cdot 10^{-6}$	6	8	–	$1,5 \cdot 10^3$
inktvis (octopus)	3–25	15	8,5	–	$2,5 \cdot 10^3$
jachtluipaard	60	22	34	100	1–4
kameel	650	45	4,5	390	1
kangoeroe	75	15	13	36	1
kat, huis-	3	20	14	64	2–4
kikker, groene	$25 \cdot 10^{-3}$	10		–	$4 \cdot 10^3$
kip	1,5	14	25	21	300 y^{-1}
koekoek	$86 \cdot 10^{-3}$	40	12	13	15–20
kolibrie	$2-3 \cdot 10^{-3}$	8	41	18	2
konijn	2	9	13,5	31	5–12
koolmees	$18 \cdot 10^{-3}$	9	8	16	8–12
kraai, zwarte	0,45	50	14	19	3–5
krokodil, nijl-		80		–	40
leeuw, berber-	175	35	22	110	2–5
mees, pimpel-	$9 \cdot 10^{-3}$	8	8	14	7–12
meeuw, zilver-	0,5	45	14,5	26	3–4
mens	70	106	10	280	1–2
merel	0,11	9	15	14	4–5
mossel	$4,2 \cdot 10^{-3}$	100	–	–	$20 \cdot 10^6 - 25 \cdot 10^6$
muis, huis-	$25 \cdot 10^{-3}$	3	3,5	21	4–8
mus, huis-	$35 \cdot 10^{-3}$	7	9	13	4–6
neushoorn	2500	28	11	480	1
nijlpaard	3000	48	11	240	1
olifant, Indische	3500	70	11	660	1
orang oetan	140	40	14	270	1
paard	800	30	17	336	1
paard, wild	300	30	18	360	1
pinguïn, keizers-	14	26	9	50	1
potvis	$60 \cdot 10^3$	20	7	480	1
rat, bruine	0,29	2,5	6,5	21	8

<i>diersoort</i>	<i>gemiddelde massa</i>	<i>maximale levensduur</i>	<i>maximale snelheid</i>	<i>draagtijd of broedduur</i>	<i>gemiddeld aantal eieren of jongen</i>
	kg	jaar	ms^{-1}	dagen	
rendier	140	24	15,5	240	1–2
rund	600	17	7	270	1
schaap	40	15	6,5	150	1–4
schildpad, land-	50	150	0,15	–	80
schildpad, leder-	600	80	9	–	120
snoek	18	70	9	–	$0,1 \cdot 10^6$
sperwer	$300 \cdot 10^{-3}$	25	11,5	35	4–6
spitsmuis, bos-	$9 \cdot 10^{-3}$	2	10	18	6–8
spreeuw	$79 \cdot 10^{-3}$	23	22	14	4–6
stekelbaars, driedoornige	$4,3 \cdot 10^{-3}$	3	2	–	300
struisvogel	90	60	20	42	10–15
tijger	175	19	24	110	2–5
uil, rans-	$300 \cdot 10^{-3}$	68	17,5	27	4–5
valk, slecht-	5	40	84	28	2–3
vink	$22 \cdot 10^{-3}$	24	14	13	4–6
vinvis, blauwe	$150 \cdot 10^3$	30	11	360	1
vleermuis, grootoor-	$8 \cdot 10^{-3}$	5	10	55	1–2
vlieg, huis-	$150 \cdot 10^{-6}$	0,2	2	–	200
vlieg, paarden-	$180 \cdot 10^{-6}$	1,5	12,5	–	200
voorn	1	47	4,5	–	$150 \cdot 10^3$
vos	8	12	20	51	3–8
wesp (hoornaar)	$200 \cdot 10^{-6}$	1	5	–	300
wolf	50	15	12,5	63	4–8
zebra	350	38	20	345	1
zeehond	75	20	10	330	1
zeeleeuw	175	20	11	330	1
zwaan, wilde	7,5	30	22	35	3–5
zwaluw, boeren-	$19 \cdot 10^{-3}$	16	34	15	4–5
zwijn, wild	300	20	14	140	4–12

De in deze tabel opgenomen gegevens dienen voor een eerste oriëntatie. Meer informatie is bijvoorbeeld te vinden op de Chemiekaarten van het Veiligheidsinstituut. *Uit het ontbreken van gegevens mag geen onschadelijkheid geconcludeerd worden! Bij het ontbreken van gegevens in Nederland zijn in sommige gevallen buitenlandse gegevens gebruikt.*

Betekenis van de kolommen

I – giftig bij inademen van gas, damp of stof	VI – brand- en/of explosiegevaar
II – grenswaarde (TGG ¹ 8 uur) mg m ⁻³	VII – het meest opmerkelijke gevaaraspect
III – grenswaarde (TGG ¹ 15 minuten) in mg m ⁻³	VIII – eerste hulp bij a) inademen b) inslikken c) huid- of oogcontact
IV – giftig bij inwendig gebruik	IX – bijzonderheden
V – gevaarlijk voor huid en ogen	

Betekenis van de afkortingen in kolom VIII

A – arts waarschuwen	G Br – geen braken opwekken	W – veel water laten drinken
B – zonodig beademen	HZ – halfzittende houding laten innemen	Z – naar ziekenhuis vervoeren
Br – braken opwekken	K – verontreinigde kleren uittrekken	
D – douchen	Sp – mond spoelen met veel water	

■ Bij inademen van gevaarlijke chemicaliën altijd zorgen voor rust en frisse lucht; bij huid- of oogcontact altijd spoelen met water.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII inademen	inslikken	huid/ogen	IX
acetaldehyde [ethanal]	■	37	92	■	■	■	■	HZ – A	W – AB – Z	K – D – A	
aceton [propanon]	■	1210	2420	■	■	■	■	A	W – G Br – Z	K – D – A	
acetyleen [ethyn]	■	1080					■	B – A	explosiegevaar		Explosief bij verwarming met zuurstof, koper, zilver of kwik.
aluminiumchloride	■			■	■	■	■	HZ – Z	Sp – W – Z – G Br	K – A	Veroorzaakt brandwonden.
aminen (alifatische)	■	9 – 15		■	■	■	■	■	zeer brandbaar		
ammonia; ammoniak	■	14	36	■	■	■	■	HZ – A – Z	gevaarlijke dampen		Explosief met halogenen, kwik of zilveroxide.
ammoniumnitraat	■			■	■	■	■	explosiegevaar	Br – Z	K – A	Explosief in gesmolten toestand of met organische stoffen.
ammoniumnitriet	■			■	■	■	■	explosiegevaar			Explosief bij verwarmen of door schokken.
ammoniumsulfide	■			■	■	■	■	HZ – B – A/Z	W – Z	K – A	
aniline [benzeenamine]	■	1,94	3,87	■	■	■	■	Z	W – Br – Z	K – Z	
arsen en arseenverbindingen	■	0,025	0,05	■	■	■	■	B – HZ – Z	Sp – W – Z	K – D	
azijnzuur [ethaanzuur]	■	25	50	■	■	■	■	HZ – Z	W – G Br – Z	K – A	
barium en bariumverbindingen (behalve BaSO ₄)	■	0,5		■	■	■	■	HZ – Z	Sp – W – Br – Z	K – A	
benzaldehyde [fenylmethanal]	■	4,4	17,4	■	■	■	■	B – A	Sp – W – Br	K – D	
benzeen	■	3,25		■	■	■	■	B – A	Br – Z	K – A	Niet gebruiken als andere stoffen mogelijk zijn.
benzine	■	240	480	■	■	■	■	B	G Br – A/Z	K – D – A	
benzoeëzuur [benzeencarbonzuur]	■			■	■	■	■	HZ	Sp – W – Z	K – D – A	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII inademen	inslikken	huid/ogen	IX
benzoylperoxide	■ 5		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	explosiegevaar			Explosief bij sterke verhitting.
blauwzuur [waterstofcyanide]	■ 1		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	zeer vergiftig	B - A/Z	K - Z	
bleekwater, bleekpoeder	zie hypochlorieten									
boor en boorverbindingen	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■		Sp - W - Br - Z	K - A	
broom	■	0,2	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	gevaarlijke dampen	Sp - W - G Br - Z	K - D	
butaan-1-ol	■ 310	310	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	gevaarlijke dampen	Br - A/Z	K - D - A	
calcium	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	brandgevaarlijk	W - A	K - A	Branden blussen met zand.
calciumoxide	■ 1	4	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■		W - Z	K - A	
carbide [calciumacetylide]	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	explosiegevaar	Sp - W - Z	K - A	Branden blussen met zand; met water ontstaat acetyleen [ethyn].
chloor	■	1,5	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	zeer vergiftig	HZ - A	K - A	Explosief met waterstof, acetyleen of ammoniak.
chloorazijnzuur [chloorethaanzuur]	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■				
chloorbenzeen	■ 23		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■		B	K	
chloorzuur	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■		Melk - Br - Z	K	
chloroform [trichloormethaan]	■ 5		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	gevaarlijke dampen	Sp - G Br - A/Z	K - D	Explosief met sterke basen.
chrom(VI)oxide, chromaten en dichromaten	■ 0,025	0,05	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	bijtend	W - Z	K - A	Bij veel reacties kans op brand of explosie.
cyaniden	■ 1	5	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	zeer vergiftig			
cyclohexeen	■ 1015		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	gevaarlijke dampen	B	K	
diamminezilverionen-, oplossing	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	explosiegevaar			Explosief na enige tijd staan; niet bewaren.
esters van lagere alcoholen en lagere zuren	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■				
ethanol (ethylalcohol; alcohol)	■ 260		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	verslavingsgevaar	A	Br - A/Z	K - D
ether [ethoxyethaan]	■ 308	616	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	explosiegevaar	B	G Br - B - Z	K - D
ethylacetaat [ethylmethanoaat]	■ 550	1100	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■		B	Sp - W - Br - Z	K
fenol [benzenol]	■ 8		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	bijtend	HZ - Z	K - Z/A	Niet met blote handen aanraken.
fluor	■	0,5	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	zeer vergiftig	Z	K - D/Z	Reageert heftig met vele stoffen o.a. waterstof.
fluoriden (oplosbare)	■	3,5	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■		HZ - A	K - A	
formaldehyde [methanal], formaline	■ 0,15	0,5	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	bijtend	HZ - B - Z	W - Sp - Z	K - D - A
fosfor (rood)	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■				
fosfor (wit)	■ 0,1		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	uiterst brandbaar	HZ - Z	Sp - W - Br - A/Z	K - D - A
fosforhalogeniden	■ 1		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	bijtend	HZ - Z	Z	Kan spontaan aan de lucht ontbranden; onder water bewaren.
fosforpentoxide [difosforpentaoxide]	■ 1		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	bijtend	HZ - A/Z	Sp - Z	Reageren heftig met water en vele andere stoffen.
fosforzuur	■ 1	2	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	bijtend	HZ - A	W - A/Z	Reageert heftig met water.
glyceryltrinitraat	■		■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	explosiegevaar			Explosief door stoten, slaan of verhitten.
glycol [ethaan-1,2-diol]	■ 52	104	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	schadelijk	Br - Z		

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX
								inademen	inslikken	huidlogen
hexaan-1-ol	■	210	210	■	■	■	■	schadelijk	A	K
hypochlorieten				■	■	■	■	bijtend	Sp-W'-G Br-Z	K-D-A
jood	■	1		■	■	■	■	schadelijk	Sp-W'-A	K-D-A
kaliüm	■			■	■	■	■	zeer brandbaar	Sp-W'-G Br-A	K-D-A
Branden blussen met zand; onder petroleum bewaren.										
kaliümcarbonaat										
kaliümchloraat	■			■	■	■	■	explosiegevaar	Sp-W'-Br-Z	K
Explosief door verhitting; gemengd met zwavel, fosfor of andere oxideerbare stoffen explosief bij stoten of wrijven.										
kaliümhydroxide, kaliloog	■	2		■	■	■	■	bijtend	W-A/Z	K-A
kaliümpermanganaat	■			■	■	■	■	schadelijk	Sp-W'-Z	K-D-A
Explosief met vele stoffen o.a. met geconcentreerd zwavelzuur.										
koolstofdioxide	■	9000		■	■	■	■		B-A/Z	A
koolstofdисульфide	■	30		■	■	■	■	gevaarlijke dampen	Br-Z	K-A
Koolzuursneeuw kan brandwonden geven.										
koolstofmonoxide	■	29		■	■	■	■	zeer vergiftig	B-Z	
koperzouten	■			■	■	■	■			
kwik	■	0,02		■	■	■	■	zeer vergiftig	Sp-W'-A	K-A
Explosief met ammoniak, acetyleen of oxaalzuur.										
kwikverbindingen (oplosbare)	■	0,02		■	■	■	■	zeer vergiftig	Melk-Br-Z	K-A
lood en loodverbindingen	■	70		■	■	■	■	zeer vergiftig	Sp-W'-Br-Z	K-A
magnesium	■			■	■	■	■	uiterst brandbaar	A	A
Fijn verdeeld magnesium kan explosief ontbranden; blussen met zand.										
mangaanverbindingen	■			■	■	■	■		Sp-W'-Br-A	K
methaan en andere alkanen	■						■			
methanol (methylalcohol)	■	260	520	■	■	■	■	zeer vergiftig	Br-A/Z	K-D
mierenzuur [methaanzuur]	■		5	■	■	■	■	bijtend	Sp-W'-G Br-Z	K-D-A
Reageert heftig met sterke oxidatoren en basen.										
natrium	■			■	■	■	■	zeer brandbaar	Sp-W'-G Br-A	K-D-A
Branden blussen met zand; onder petroleum bewaren.										
natriümcarbonaat	■			■	■	■	■		W-G Br	A
natriümhydroxide, natronloog	■	2		■	■	■	■	bijtend	A/Z	K-A
nitraten	■			■	■	■	■	explosiegevaar	W-A/Z	K-D
nitreezuur	■			■	■	■	■	bijtend	W-G Br-Z	K-A
Altijd nitreezuur in water gieten, niet omgekeerd.										
nitreeuze dampen	■	4		■	■	■	■	gevaarlijke dampen		K-A/Z
nitrieten	■			■	■	■	■	explosiegevaar	W-Br-Z	K-A
nitrobenzeen	■	1		■	■	■	■	zeer vergiftig	W-Br-Z	K-Z
organische halogeenvverbindingen	■			■	■	■	■			
oxaalzuur [ethaanzuur]	■	1		■	■	■	■	bijtend		K-D-A

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			IX
								inademen	inslikken	huid/ogen	
ozon	■	0,12	▶ ³	■	■	■	■	vergiftig			
pentanolen	■			■	■	■	■	schadelijk	A	K - A	
perchloorzuur	■			■	■	■	■	explosiegevaar	Sp - W - Z	K - A	Kan zonder duidelijke oorzaak exploderen.
petroleum	■			■	■	■	■		G Br - A/Z	K	
petroleumether	■			■	■	■	■	explosiegevaar	G Br - Z	K	Explosief met zuurstof.
pikrinezuur [2,4,6-trinitrofenol]	■			■	■	■	■	explosiegevaar	W - A	K - A	Vochtig bewaren, geen metalen spatels gebruiken.
propan-1-ol	■	500		■	■	■	■	A	Sp - W - A	K - D	
propionzuur [propanzuur]	■	31	62	■	■	■	■	bijtend	Sp - W - Z	K - D - A	
salpeterzuur	■		1,3	■	■	■	■	bijtend	Sp - W - Z	K - D - H	Geconcentreerd salpeterzuur kan papier, hout e.d. doen verkolen; geeft gele vlekken op de huid.
stikstofdioxide	■	0,4		■	■	■	■	gevaarlijke dampen	HZ - Z	K - A/Z	Reageren heftig met brandbare stoffen.
stikstofmonoïxide	■	0,25		■	■	■	■	gevaarlijke dampen	HZ - Z	K - A/Z	Reageren heftig met brandbare stoffen.
sulfiden (oplosbare)	■			■	■	■	■	zeer vergiftig	HZ - A	K - A	Met zuren ontstaat waterstofsulfide.
terpentine	■	564		■	■	■	■	gevaarlijke dampen	G Br - A/Z	K	
tetra [tetrachloormethaan]	■	3,2	6,4	■	■	■	■	vergiftig	B - A	K - D	
tin(II)chloride	■	2		■	■	■	■		A/Z		
tolueen [methylbenzeen]	■	150	384	■	■	■	■	vergiftig	Sp - G Br - Z	K - D	
tri [trichlooretheen]	■	54,7	164,1	■	■	■	■		Z	K - D - A	Niet bij open vlam gebruiken.
waterstof				■	■	■	■	explosiegevaar			Explosief met zuurstof, chloor of fluor.
waterstofhalogeniden	■	2-10		■	■	■	■	bijtend			
waterstofperoxide	■	1,4		■	■	■	■	explosiegevaar	HZ - A	K - D - A	Explosief door verhitten, licht of katalysatoren, in donker bewaren.
waterstofsulfide	■	2,3		■	■	■	■	zeer vergiftig	W - A/Z		
xylenen [dimethylbenzenen]	■	210	442	■	■	■	■		W - G Br - Z	K	
zilvernitraat	■	0,01		■	■	■	■	bijtend	A/Z	K - D	Geeft zwarte vlekken op de huid.
zinkchloride	■	1		■	■	■	■	bijtend	Z	A	
zoutzuur	■	8	15	■	■	■	■	bijtend	Sp - W - Z	K - A	
zwavel	■			■	■	■	■	brandgevaar	A	A	
zwaveldioxide	■	1,3	2,6	■	■	■	■	zeer vergiftig	HZ - Z	K - D - A	
zwavelzuur	■	0,05		■	■	■	■	bijtend	HZ - B - Z	K - D - A	Zwavelzuur kan huid, kleren e.d. doen verkolen; altijd geconcentreerd zwavelzuur voorzichtig in water gieten, niet omgekeerd.

1 ▶ TGG is tijdgewogen gemiddelde. Laat een kortdurende overschrijding toe mits deze gedurende de rest van de werkdag gecompenseerd wordt.

2 ▶ Biologische grenswaarde in mg/100 mL bloed

3 ▶ TGG 1 uur

<i>gevarenpictogram</i> <i>GHS-nr.</i> <i>soort gevaar</i>	<i>klasse</i> <i>subklasse 1.1-1.6</i> <i>categorie 1-3</i> <i>type A-G</i>	<i>opmerking</i>
	ontpofbare stoffen 1.1-1.4	stoffen mengsels en voorwerpen van 1.1: met gevaar voor massaexplosie tot 1.4: die geen groot gevaar opleveren
01 – explosief; fysisch	zelfontledende stoffen en mengsels A,B organische peroxiden A,B	van A: gevaar op ontploffing bij verwarming tot B: brand- of ontploffingsgevaar bij verwarming
	ontvlambare gasen 1,2 aerosolen 1,2 ontvlambare vloeistoffen 1-3 ontvlambare vaste stoffen 1,2	van 1: zeer licht ontvlambaar tot 2: licht ontvlambaar van 1: laag vlampunt < 23°C tot 3: vlampunt ≤ 60 °C en van 1: beginkookpunt ≤ 35 °C tot 3: beginkookpunt ≤ 60 °C uit resultaten van de verbrandingssnelheidtest
02 – ontvlambaar; fysisch	zelfontledende stoffen en mengsels B-F pyrofore vloeistoffen 1 vaste stoffen 1 voor zelfverhitting vatbare stoffen en mengsels 1,2 stoffen en mengsels die in contact met water ontvlambare gasen ontwikkelen 1-3 organische peroxiden B-F	van B: gevaar op ontploffing bij verwarming tot F: brandgevaar bij verwarming ontbrandt bij blootstelling aan de lucht binnen vijf minuten kunnen bij blootstelling aan lucht zonder toevoer van energie voor zelfverhitting zorgen van 1: heftige reactie; spontane ontbranding mogelijk; of grote gasontwikkeling tot 3: langzame reactie van B: brand- of ontploffingsgevaar bij verwarming tot F: brandgevaar bij verwarming
	oxiderende gasen 1 vloeistoffen 1-3 vaste stoffen 1-3	van 1: kan brand of ontploffing veroorzaken of bevorderen; sterk oxiderend tot 3: kan brand bevorderen; oxiderend
03 – brandbevorderend (oxiderend); fysisch		gassen onder druk
04 – houder onder druk; fysisch		samengeperst, vloeibaar gemaakt, opgelost of sterk gekoeld vloeibaar gemaakt
	bijtend voor metalen huidcorrosie en huidirritatie 1A-1C ernstig oogletsel/oogirritatie 1	corrosieve stoffen bijtend voor de huid ernstig oogletsel (onomkeerbaar)
05 – corrosief; fysisch/ gezondheid		

Gevarenklassen in GHS (globally harmonised system)

B

<i>gevarenpictogram</i> <i>GHS-nr.</i> <i>soort gevaar</i>	<i>klasse</i> <i>subklasse 1.1-1.6</i> <i>categorie 1-3</i> <i>type A-G</i>	<i>opmerking</i>
	acute toxiciteit 1-3	van 1: dodelijk tot 3: schadelijk bij inslikken/bij contact met de huid/bij inademing
06 – toxisch; gezondheid		
	acute toxiciteit 4 huidcorrosie en huidirritatie 2 ernstig oogletsel/oogirritatie 2 sensibilisatie van de huid 1 specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling 3	schadelijk irriterend voor de huid ernstige oogirritatie (omkeerbaar) huidallergeen tijdelijke effecten m.n. narcotische werking en irritatie van de luchtwegen
07 – schadelijk; gezondheid		
	sensibilisatie van de luchtwegen 1 mutageniteit in geslachtscellen 1A,1B,2	inhalatie allergeen stoffen waarvan bekend is of waarvan verondersteld wordt dat ze erfelijke mutaties veroorzaken 1A: gegevens bij mensen bekend 1B: gegevens vooral van dierproeven 2: stoffen die ervan verdacht worden mutageen/ kankerverwekkend te zijn/ dat ze effecten hebben op de vruchtbaarheid of het ongeboren kind
08 – Schadelijk voor de gezondheid op lange termijn; gezondheid		
	kankerverwekking 1A,1B,2	stoffen waarvan bekend is of waarvan verondersteld wordt dat ze kanker veroorzaken
	voortplantingstoxiciteit 1A, 1B, 2	stoffen waarvan bekend is of waarvan verondersteld wordt dat ze effecten hebben op de vruchtbaarheid of het ongeboren kind
	specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige/herhaaldelijke blootstelling 1,2	1 betrouwbare gegevens omtrent gevaar bekend bij mensen of dieren, 2 op basis van dierproefgegevens verondersteld gevaarlijk voor de mens
	aspiratiegevaar 1	kan dodelijk zijn als het bij inslikken in de luchtwegen terecht komt
	acute toxiciteit 1 chronische toxiciteit 1-4 (3 en 4 geen pictogram)	zeer giftig voor waterorganismen 1: zeer giftig voor waterorganismen, met langdurige gevolgen 2: giftig 3: schadelijk 4: kan op lange termijn effecten hebben op waterorganismen
09 – Milieugevaarlijk; milieu		

■ subklasse 1.1-1.6/categorie 1-3/type A-G: gerangschikt van groot tot klein gevaar



algemeen: pas op, gevaar



hoge elektrische spanning



magnetisch veld



elektromagnetisch veld



laserlicht, lasers



microgolfstraling



ioniserende straling



asbestgevaar



aarding



hete dampen



biologisch gevaar



niet met water blussen



01	PET/PETE	polyetheleentereftalaat	polyestervezels, folie, frisdrankflessen
02	PE-HD	hoge-dichtheid-polyetheen	plastic flessen, zakken en buizen, vuilnisemmers, kunsthout
03	PVC	polyvinylchloride	kozijnen, buizen, flessen (voor chemicaliën, lijm, ...)
04	PE-LD	lage-dichtheid-polyetheen	plastic zakken, emmers, dispenserflessen voor zeep, slangetjes
05	PP	polypropreen	bumpers, interieurpanelen e.d. voor auto's, industriële vezels
06	PS	polystyreen	speelgoed, bloempotten, videocassettes, asbakken, koffers, schuim
07	other	andere kunststoffen, zoals PMMA (o.a. perspex), polycarbonaat, polyamide (o.a. nylon), ABS	
20	PAP	golfkarton	verpakkingen
21	PAP	overig karton	verpakkingen
22	PAP	papier	kranten, tijdschriften, etc.
40	FE	staal	
41	ALU	aluminium	
50	FOR	hout	
51	FOR	kurk	
60	TEX	katoen	
61	TEX	jute	
70	GL	kleurloos glas	
71	GL	groen glas	
72	GL	bruin glas	

gevenaanduidingen voor materiële gevaren

<i>code</i>	<i>van toepassing op</i>	<i>tekst</i>
H200	Ontploffbare stoffen, instabiel	“Instabiele ontplofbare stof.”
H204	Ontploffbare stoffen, subklasse 1.4	“Gevaar voor brand of scherfwerking.”
H220	Ontvlambare gassen, gevarencategorie 1,2	“Zeer licht ontvlambaar gas.”
H221	Ontvlambare gassen, gevarencategorie 2	“Ontvlambaar gas.”
H224	Ontvlambare vloeistoffen, gevarencategorie 1	“Zeer licht ontvlambare vloeistof en damp.”
H225	Ontvlambare vloeistoffen, gevarencategorie 2	“Licht ontvlambare vloeistof en damp.”
H240	Zelfontledende stoffen en mengsels/organische peroxiden, type A	“Ontploffingsgevaar bij verwarming.”
H241	Zelfontledende stoffen en mengsels/organische peroxiden, type B	“Brand- of ontploffingsgevaar bij verwarming.”
H250	Pyrofore vloeistoffen/vaste stoffen, gevarencategorie 1	“Vat spontaan vlam bij blootstelling aan lucht.”
H251	Voor zelfverhitting vatbare stoffen en mengsels, gevarencategorie 1	“Vatbaar voor zelfverhitting: kan vlam vatten.”
H260	Stoffen en mengsels die in contact met water ontvlambare gassen ontwikkelen, gevarencategorie 1	“In contact met water komen ontvlambare gassen vrij die spontaan kunnen ontbranden.”
H270	Oxiderende gassen, gevarencategorie 1	“Kan brand veroorzaken of bevorderen; oxiderend.”
H271	Oxiderende vloeistoffen/vaste stoffen, gevarencategorie 1	“Kan brand of ontploffingen veroorzaken; sterk oxiderend.”
H280	Gassen onder druk: samengeperst gas; vloeibaar gas; opgelost gas	“Bevat gas onder druk; kan ontploffen bij verwarming.”
H281	Gassen onder druk: sterk gekoeld vloeibaar gas	“Bevat sterk gekoeld gas; kan cryogene brandwonden of letsel veroorzaken.”
H290	Bijtend voor metalen, gevarencategorie 1	“Kan bijtend zijn voor metalen.”

gevenaanduidingen voor gezondheidsgevaren

<i>code</i>	<i>van toepassing op</i>	<i>tekst</i>
H300	Acute orale toxiciteit, gevarencategorie 1 en 2	“Dodelijk bij inslikken.”
H301	Acute orale toxiciteit, gevarencategorie 3	“Giftig bij inslikken.”
H302	Acute orale toxiciteit, gevarencategorie 4	“Schadelijk bij inslikken.”
H304	Aspiratiegevaar, gevarencategorie 1	“Kan dodelijk zijn als de stof bij inslikken in de luchtwegen terechtkomt.”
H310	Acute dermale toxiciteit, gevarencategorie 1 en 2	“Dodelijk bij contact met de huid.”
H311	Acute dermale toxiciteit, gevarencategorie 3	“Giftig bij contact met de huid.”
H312	Acute dermale toxiciteit, gevarencategorie 4	“Schadelijk bij contact met de huid.”
H314	Huidcorrosie/-irritatie, gevarencategorie 1A, 1B en 1C	“Veroorzaakt ernstige brandwonden.”
H315	Huidcorrosie/-irritatie, gevarencategorie 2	“Veroorzaakt huidirritatie.”
H317	Huidsensibilisatie, gevarencategorie 1	“Kan een allergische huidreactie veroorzaken.”
H318	Ernstig oogletsel/oogirritatie, gevarencategorie 1	“Veroorzaakt ernstig oogletsel.”
H319	Ernstig oogletsel/oogirritatie, gevarencategorie 2A	“Veroorzaakt ernstige oogirritatie.”
H330	Acute toxiciteit bij inademing, gevarencategorie 1 en 2	“Dodelijk bij inademing.”
H331	Acute toxiciteit bij inademing, gevarencategorie 3	“Giftig bij inademing.”
H332	Acute toxiciteit bij inademing, gevarencategorie 4	“Schadelijk bij inademing.”
H334	Sensibilisatie van de luchtwegen, gevarencategorie 1	“Kan bij inademing allergie- of astmasymptomen of ademhalingsmoeilijkheden veroorzaken.”
H335	Specifieke doelorgaan toxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevarencategorie 3, irritatie van de luchtwegen	“Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken.”
H336	Specifieke doelorgaan toxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevarencategorie 3, narcotische werking	“Kan slaperigheid of duizeligheid veroorzaken.”

<i>code</i>	<i>van toepassing op</i>	<i>tekst</i>
H340	Mutageniteit in geslachtscellen, gevarencategorie 1A en 1B	“Kan genetische schade veroorzaken <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>.”
H350	Kankerverwekkendheid, gevarencategorie 1A en 1B	“Kan kanker veroorzaken <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>.”
H351	Kankerverwekkendheid, gevarencategorie 2	“Verdacht van het veroorzaken van kanker <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>.”
H360	Voortplantingstoxiciteit, gevarencategorie 1A en 1B	“Kan de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden <specifiek effect vermelden indien bekend><blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>.”
H362	Voortplantingstoxiciteit, aanvullende categorie, effecten op en via lactatie	“Kan schadelijk zijn via de borstvoeding.”
H370	Specifieke doelorgaantoxiciteit bij eenmalige blootstelling, gevarencategorie 1	“Veroorzaakt schade aan organen <of alle betrokken organen vermelden indien bekend> <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>.”
H372	Specifieke doelorgaantoxiciteit bij herhaalde blootstelling, gevarencategorie 1	“Veroorzaakt schade aan organen <of alle betrokken organen vermelden indien bekend> bij langdurige of herhaalde blootstelling <blootstellingsroute vermelden indien afdoende bewezen is dat het gevaar bij andere blootstellingsroutes niet aanwezig is>.”

gevenaanduidingen voor milieugevaren

<i>code</i>	<i>van toepassing op</i>	<i>tekst</i>
H400	Acuut gevaar voor het aquatisch milieu, gevarencategorie 1	“Zeer giftig voor in het water levende organismen.”
H410	Chronisch gevaar voor het aquatisch milieu, gevarencategorie 1	“Zeer giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen.”
H413	Chronisch gevaar voor het aquatisch milieu, gevarencategorie 4	“Kan langdurige schadelijke gevolgen voor in het water levende organismen hebben.”
H420	Gevaarlijk voor de ozonlaag, gevarencategorie 1	“Schadelijk voor de volksgezondheid en het milieu door afbraak van ozon in de bovenste lagen van de atmosfeer.”

aanvullende gevareninformatie (EUH-zinnen)

<i>Materiële eigenschappen</i>		<i>gezondheidseigenschappen</i>	
<i>code</i>	<i>tekst</i>	<i>code</i>	<i>tekst</i>
EUH001	“In droge toestand ontplofbaar.”	EUH029	“Vormt giftig gas in contact met water.”
EUH006	“Ontplofbaar met en zonder lucht.”	EUH032	“Vormt zeer giftig gas in contact met zuren.”
EUH014	“Reageert heftig met water.”	EUH066	“Herhaalde blootstelling kan een droge of een gebarsten huid veroorzaken.”
EUH018	“Kan bij gebruik een ontvlambaar/ontplofbaar damp-luchtmengsel vormen.”	EUH070	“Giftig bij oogcontact.”
EUH019	“Kan ontplofbare peroxiden vormen.”	EUH071	“Bijtend voor de luchtwegen.”
EUH044	“Ontploffingsgevaar bij verwarming in afgesloten toestand.”		

aanvullende etiketteringselementen/informatie over bepaalde stoffen of mengsels

<i>code</i>	<i>tekst</i>
EUH201	“Bevat lood. Mag niet worden gebruikt voor voorwerpen waarin kinderen kunnen bijten of waaraan kinderen kunnen zuigen.”
EUH204	“Bevat isocyanaten. Kan een allergische reactie veroorzaken.”
EUH205	“Bevat epoxyverbindingen. Kan een allergische reactie veroorzaken.”
EUH206	“Let op! Niet in combinatie met andere producten gebruiken. Er kunnen gevaarlijke gassen (chloor) vrijkomen.”
EUH208	“Bevat <naam van de sensibiliserende stof>. Kan een allergische reactie veroorzaken.”
EUH209	“Kan bij gebruik licht ontvlambaar worden.”
EUH210	“Veiligheidsinformatieblad op verzoek verkrijgbaar.”
EUH401	“Volg de gebruiksaanwijzing om gevaar voor de menselijke gezondheid en het milieu te voorkomen.”

lijst van voorzorgsmaatregelen (P-zinnen)**algemeen**

<i>Code</i>	<i>tekst</i>
P101	“Bij het inwinnen van medisch advies, de verpakking of het etiket ter beschikking houden.”
P102	“Buiten het bereik van kinderen houden.”
P103	“Alvorens te gebruiken, het etiket lezen.”

voorzorgsmaatregelen in verband met preventie

<i>code</i>	<i>tekst</i>
P201	“Alvorens te gebruiken de speciale aanwijzingen raadplegen.”
P210	“Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken. - Niet roken.”
P220	“Van kleding/.../brandbare stoffen verwijderd houden/bewaren.”
P221	“Vermenging met brandbare stoffen... absoluut vermijden.”
P222	“Contact met de lucht vermijden.”
P223	“Contact met water vermijden in verband met een heftige reactie en een mogelijke wolkbrand.”
P230	“Vochtig houden met...”
P231	“Onder inert gas werken.”
P232	“Tegen vocht beschermen.”
P233	“In goed gesloten verpakking bewaren.”
P235	“Koel bewaren.”
P243	“Voorzorgsmaatregelen treffen tegen ontladingen van statische elektriciteit.”
P244	“Reduceerventielen vrij van olie en vet houden.”
P250	“Malen/schokken/...wrijving vermijden.”
P251	“Houder onder druk: ook na gebruik niet doorboren of verbranden.”
P260	“Stof/rook/gas/nevel/damp/spuitnevel niet inademen.”
P262	“Contact met de ogen, de huid of de kleding vermijden.”
P263	“Bij zwangerschap of borstvoeding aanraking vermijden.”
P270	“Niet eten, drinken of roken tijdens het gebruik van dit product.”
P271	“Alleen buiten of in een goed geventileerde ruimte gebruiken.”
P273	“Voorkom lozing in het milieu.”
P280	“Beschermende handschoenen/beschermende kleding/oogbescherming/gelaatsbescherming dragen.”
P284	“Adembescherming dragen.”

voorzorgsmaatregelen in verband met reactie

<i>code</i>	<i>tekst</i>
P301	“NA INSLIKKEN: ...”
P303	“BIJ CONTACT MET DE HUID (of het haar): ...”
P304	“NA INADEMING: ...”
P305	“BIJ CONTACT MET DE OGEN: ...”
P306	“NA MORSEN OP KLEDING: ...”
P309	“NA blootstelling of bij onwel voelen: ...”
P310	“Onmiddellijk een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen.”
P320	“Specifieke behandeling dringend vereist (zie ... op dit etiket).”
P330	“De mond spoelen.”
P331	“GEEN braken opwekken.”
P333	“Bij huidirritatie of uitslag: ...”
P334	“In koud water onderdompelen/nat verband aanbrengen.”
P335	“Losse deeltjes van de huid afvegen.”
P336	“Bevroren lichaamsdelen met lauw water ontdooien. Niet wrijven op de betrokken plaatsen.”
P337	“Bij aanhoudende oogirritatie: ...”
P338	“Contactlenzen verwijderen, indien mogelijk. Blijven spoelen.”
P341	“Bij ademhalingsmoeilijkheden het slachtoffer in de frisse lucht brengen en laten rusten in een houding die het ademen vergemakkelijkt.”
P350	“Voorzichtig wassen met veel water en zeep.”
P351	“Voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten.”
P360	“Verontreinigde kleding en huid onmiddellijk met veel water afspoelen en pas daarna kleding uittrekken.”
P372	“Ontploffingsgevaar in geval van brand.”
P373	“NIET blussen wanneer het vuur de ontplofbare stoffen bereikt.”
P374	“Met normale voorzorgen vanaf een redelijke afstand blussen.”
P377	“Brand door lekkend gas: niet blussen, tenzij het lek veilig gedicht kan worden.”
P380	“Evacueren.”
P381	“Alle ontstekingsbronnen wegnemen als dat veilig gedaan kan worden.”
P391	“Gelekte/gemorste stof opruimen.”
P302+P334	“BIJ CONTACT MET DE HUID: in koud water onderdompelen/nat verband aanbrengen.”
P303+P361+P353	“BIJ CONTACT MET DE HUID (of het haar): verontreinigde kleding onmiddellijk uittrekken - huid met water afspoelen/afdouchen.”
P304+P340	“NA INADEMING: het slachtoffer in de frisse lucht brengen en laten rusten in een houding die het ademen vergemakkelijkt.”
P308+P313	“NA (mogelijke) blootstelling: een arts raadplegen.”
P309+P311	“NA blootstelling of bij onwel voelen: een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen.”
P337+P313	“Bij aanhoudende oogirritatie: een arts raadplegen.”
P342+P311	“Bij ademhalings symptomen: een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen.”
P370+P376	“In geval van brand: het lek dichten als dat veilig gedaan kan worden.”

voorzorgsmaatregelen in verband met opslag

<i>code</i>	<i>tekst</i>
P402	“Op een droge plaats bewaren.”
P403	“Op een goed geventileerde plaats bewaren.”
P404	“In gesloten verpakking bewaren.”
P406	“In corrosiebestendige/... houder met corrosiebestendige binnenbekleding bewaren.”
P407	“Ruimte laten tussen stapels/pallets.”
P410	“Tegen zonlicht beschermen.”
P411	“Bij maximaal ... °C/... °F bewaren.”
P412	“Niet blootstellen aan temperaturen boven 50 °C/122 °F.”
P413	“Bulkmateriaal, indien meer dan ... kg/... lbs, bij temperaturen van maximaal ... °C/... °F bewaren.”
P420	“Gescheiden van ander materiaal bewaren.”
P422	“Onder ... bewaren.”

uitgangspunten in de groene chemie*1. preventie*

Vorming van afval moet zoveel mogelijk worden voorkomen.

2. atomeconomie

Het eindproduct bevat zoveel mogelijk atomen van de in het proces gebruikte stoffen. De grondstoffen moeten dus zo efficiënt mogelijk gebruikt worden.

3. minder schadelijke chemische productiemethoden

Productiemethoden moeten dusdanig ontworpen worden dat ze de mens en het milieu zo weinig mogelijk schaden.

4. ontwikkelen van minder schadelijke chemische stoffen

Bij de ontwikkeling van producten moet erop gelet worden dat ze doen wat ze moeten doen, met zo weinig mogelijk schade aan mens en milieu.

5. veiliger oplosmiddelen

Tijdens de productie moet het gebruik van oplosmiddelen zo veel mogelijk vermeden worden.

6. energie-efficiënt ontwerpen

De energie die nodig is om een reactie uit te voeren moet verlaagd worden; dit met het oog op vermindering van kosten en van milieuschade. Zo mogelijk dienen processen te worden uitgevoerd bij relatief lage temperaturen en lage drukken (liefst bij normale druk). De energie die ontstaat bij een proces moet zo mogelijk hergebruikt worden.

7. gebruik van hernieuwbare grondstoffen

Grondstoffen moeten zo veel mogelijk hernieuwbaar zijn.

8. reacties in weinig stappen

Reacties in veel stappen moeten vermeden worden omdat dit betekent dat er meer uitgangsstoffen nodig zijn en er meer vervuiling ontstaat.

9. katalyse

Reacties met gebruik van een katalysator zijn efficiënter dan reacties zonder gebruik van een katalysator.

10. ontwerpen met het oog op afbraak

Er moeten chemische producten ontworpen worden, waaruit bij afbraak stoffen ontstaan die niet giftig zijn en niet ophopen in het milieu.

11. tussentijdse analyse met het oog op preventie van milieuverontreiniging

Door gebruik van analysemethoden moet ervoor gezorgd worden dat milieuverontreinigende (bij)producten worden ontdekt zodra ze vrijkomen.

12. minder risicovolle chemie

Stoffen in een chemisch proces moeten dusdanig gekozen worden dat het risico van chemische ongelukken zo klein mogelijk is. Er moet werk gemaakt worden van preventie op het gebied van brand en explosie.

begrippen in de groene chemie

<i>begrip</i>	<i>omschrijving</i>
atomeconomie	De theoretisch berekende, totale massa van de atomen in het gewenste product volgens de reactievergelijking, gedeeld door de totale massa van de atomen van de beginstoffen.
<i>E</i> -factor	De massa van alle reactanten minus de massa van het gewenste product, gedeeld door de massa van het gewenste product, rekening houdend met het rendement. Zie tabel 37H.
vervuilingscoëfficiënt <i>Q</i>	Een arbitraire waarde van een stof, waarin wordt aangegeven in welke mate een stof vervuילend/gevaarlijk is. (vb. water: $Q = 0$, niet schadelijke zouten zoals NaCl: $Q = 1$, giftige producten: $Q = 100 - 1000$)
praktische opbrengst	De hoeveelheid stof die in de praktijk gevormd wordt.
theoretische opbrengst	De hoeveelheid stof die theoretisch gevormd kan worden, gebruikmakend van een stoichiometrische reactievergelijking.
rendement	De praktische hoeveelheid product gedeeld door de theoretisch maximale hoeveelheid. Dit quotiënt vermenigvuldigd met 100% geeft het rendement.

Register

A

α -helix	67H2
aanvaardbare dagelijkse inname	95
aanvullende grootheden SI	3
aardbevingen, sterkte van	30A
aarde, atmosfeer	30E, 30F, 34
aarde, gegevens over de	30, 31
aardgas	12, 28B
aardkorst, samenstelling van de	34, 40B
absolute entropie	63
absorptie	
– -coëfficiënt geluid	15B
– -gebied IR	39C
– licht in zeewater	28C
– -spectra fotopigmenten	72
– stralings- in de atmosfeer	30E
– -top	39A
abundantie, zie samenstelling	25A, 34, 40B
accomoderen	27A1
acetylcholine, aanmaak en afbraak	88H, 88I
achtervoegsel, karakteristieke groep	66D
actiepotaiaal	88F, 88G
actine	90C
activeringsenergie	37A
additie, elektrofiële	54F
additieven macromoleculaire materialen	67A3
adem	
– -bewegingen	83B
– -haling	83
– -halingsketen	68D
– samenstelling	83C
ADH	85D, 89A, 89C
ADI-waarden	95
adrenaline	88I, 89A
afgeleide van een functie	36F
afmetingen	100
afstamming	92A
afstand	100
– exoplaneten	32G
– manen tot planeet	31
– planeten tot zon	31
– sterren	32B
afweer	84J, 84K
akoestische schaal voor de mens	15D
alcohol, verzadigingsdrukken	13B
alcoholische gisting	68A, 68B
aldosteron	85D, 89A
alfabet, Grieks	1
alfastralng	25, 27D
allel, verdeling in een populatie	93D3
allergische reacties	84M
alliages	9
allotropie bij koolstof	67E
alvleesklier	82C, 82E, 88L, 89A
aminozuren	67H, 71G
anatomie hersenen	88C
anatomie van de plant en haar voeding	91
anorganische verbindingen	
– absolute entropie	63B
– kookpunt	42A

– smeltpunt	42A
– vormingswarmte	57A
– dipoolmoment	55A
antibioticum	94D
anticodon	71E, 71K2
antideeltjes	26
antiferromagnetisme	16B
antisense	71E
antistoffen	84K
aorta	84A, 84B, 84C, 84D, 85A
apoptose	71L
atmosfeer aarde	30E, 30F, 34
atmosfeer planeet	31
atoomafstand, zie bindingslengte	
atoomeconomie	37H, 97F
atoommassa	25A, 40B
atoommassa, relatieve	40A, 99
atoomnummer	25, 40A, 99
atoomstraal	7A, 40A
ATP	67L, 68, 69, 90A
autonoom zenuwstelsel	88L
autoprotolyseconstante, zie ionisatieconstante	
axon	88A, 88G, 88J

B

bacterie	78, 79A, 92A
bacterie, bouw	79A
balmerreeks	21A
bandafstand bij halfgeleiders	16C
bandenpatroon	70C
baryonen	26
baseconstante	38A, 49
basenkoppels	71B
basen	49
basisgrootheden	3A
Beaufort, schaal van	30C
bedekkingsgraad van de lucht	30D
beeldvorming, medische	29
been, houdingreflex	88K
bètastralng	25, 27D
bevruchting en ontwikkeling embryo	86E
beweging en coördinatie	90
big bang	32H, 100
bijtende stoffen	97
binding, chemische	39C, 53, 58
binding, σ - en π -binding	23
bindings-	
– -energie	58
– -hoeken	53B
– -lengten	53A
bindweefsel	80C
binomiaalcoëfficiënt	36I
biochemie	67
biofysica	27
biologie en milieu	95
biologische afmetingen	100
biomassa	38B, 93E2, 97F
blad	91A
– -pigmenten	73
bloed	74, 83, 84

– en bloedsomloop	84
– gassen in het	83C
– samenstelling	84H, 85B
bloedcellen, vorming	84I
bloeddruk	84D, 84E, 85D
bloedplasma	85B
bloedsomloop	84A
– foetale	84B
bloedstolling	84O
bloedvaten	84C
bloedverdeling in organen	84F
botten	90D
bouw	
– en structuur van de materie	26
– longen	83A
bouwelementen	28D
bouwmaterialen	10B, 28E
brandbare stoffen	28B, 97
bravaisroosters	67D2
brekingsindex	18
broedduur	96
butaan, verzadigingsdrukken	13B

C

calorie, zie joule	5
calvincyclus	69A, 69C
cambium	81B2, 91C
capping	71G
cardiogram	84D
cel	78, 79
– hormonen in	89B
– organellen	79D
celcyclus	76A
celdeling	76
cellulaire immuniteit	84L
celmembraan	79D
centrale groeve	88C2
centriole	76B, 79B
chemicaliën	
– eigenschappen	65
– gevaarlijke	97A
– gevaarsymbolen	97B
– kleuren	65B
chemie en milieu	64
chemische stoffen, kleuren	65
chemische stoffen, naamgeving	66
chemosynthese	69D
chiasma opticum	87C
chloridehoudend water, zuurstof in	44B
chlorofyl	72
chromatografie	37F, 73
chromosomen	70, 76
cirkel	36B, 36E
citroenzuurcyclus	68C
clusters van sterrenstelsels	32F
CO ₂ -uitwisseling	83C, 83E
CO ₂ , verzadigingsdrukken	13B
code, genetische	71G, 71J
coderende streng	71E
codering, materialen	66E2

codon	71E
complexe ionen, dissociatieconstante van	47
composieten	10B
concentratie	37G, 38A
concentratiebreuk	37B
concentratieveranderingen in een niereenheid (nefron)	85C
condensator	17A, 17B
constante van Avogadro	7A, 38A
constanten in het SI	7A
constanten, belangrijke	7A
constructiematerialen	10B
consument	93B, 93G
contaminanten, ADI-waarde	95B
coördinatie	90
copolymeren	66F, 67A2
creatinefosfaat	90A
crossing over	76B2
cuticula	91A
C _w -waarde	28A
cytoskelet	79D

D

Δ-waarden NMR	39B
dampen	12
darm	82C
darmvlok	82C
decibel	15D
deelweefsel	81B
dekweefsel	80B, 81A
dendriet	88A
dendritische cel	84L1,2
depolarisatie	88F
detritus	93E
diamagnetisme	16B
dichtheid	
– alliages	9
– atmosfeer	30F
– elementen	40A
– gassen en dampen	12
– metalen	8
– oplossingen	43
– planeten	31
– vaste stoffen	8, 9, 10
– vloeistoffen	11
– zon	32C
diëlektrische constanten, relatieve	16A
dierenrijk	78, 96
dierlijke cel	79C
– weefsels	80
diersoorten	92, 96
differentiëren	36F
digitale schakelingen	17C
dipoolmoment	55
dissimilatie	68, 90A
– eiwitten, koolhydraten en vetten	68E
dissociatieconstanten	47
diversiteit planten en dieren	92
DNA	70, 71
– codons	71E, 71K

Register

– -koppels	71B	elektrotechniek	
– -molecuul	71C	– kleurcodes	17A
– -reparatie	71I	– symbolen	17B
– -streng	71	elementaire deeltjes	26
– -techniek, gebruik plasmiden	71M	elementen	
– -virus	77B, 77D	– absolute entropie	63A
donkerreactie fotosynthese	69C	– gegevens	40A, 99
doorlatingsgebied atmosfeer	30E, 30F	– herkomst	40B
doorlatingsgebied materialen	18A	– in de aardkorst	34
dosislimieten radioactieve straling	27D	– in de atmosfeer	34
draagtijd dieren	96	– in de zon	34
dragermoleculen	67L	– in het heelal	34
drempelpotentiaal	88F	– mens	34
drempelwaarde radioactieve straling	27D	– naamgeving	40A
droge massa	64A	– natuurlijk voorkomen	40B
druk		– ontdekking	40B
– atmosfeer	30F	– symbool	40A, 99
– bloed-	84E	eliminatiereactie	54D, 54E
– damp-	13, 14	embryo	86E
– kritieke	12, 13, 14	endosymbiosetheorie	94C
druksterkte	10B	endotheel	84C
dubbele helix	70A	energie	
dweroplaneten	31	– bindings-	58
		– -dragers	67L
		– in ecosysteem	93A
		– hydratatie-	61
		– ionisatie-	21C, 62A
		– radioactieve straling	25A
		– rooster-	60
		– -schaal	6D
		– verval deeltjes	25A
		energiebronnen spier	90A
		energieniveaus heliumatoom	21B
		energieniveaus waterstofatoom	21A
		energiestroom in ecosysteem	93A
		enthalpie	56, 57, 59
		entropie, absolute	63
		E-nummers	82B
		enzymatische reactie	37A
		enzymen spijsvertering	82E
		epidermis, zie opperhuid	
		erkende eenheden	3, 4, 5
		ertsen	40B
		ether, verzadigingsdrukken	13B
		evenredig zwevende stemming	15C
		evenwicht, chemisch	37B
		evenwichts-	
		– constante	37, 38A, 49, 50, 51
		– orgaan	87D
		– reactie	47, 48
		– voorwaarde	37B
		evolutie	94
		excitatie	88G, 88I
		exocytose	79D
		exon	71H
		exoplaneten	32G
		exosfeer	30F, 34
		explosieve stoffen	97
		exponent	36D
		extinctie	37E, 38A, 39A
		extinctiecoëfficiënt, molaire	39A

E

ECG	84D
ecliptica, helling t.o.v.	31
ecologie	93
ecosysteem	93B
EDTA-complexen	47
eenheden	3, 4, 5
– definities	3B
– SI-	3, 4
eerste hulp	97
E-factor	37H, 97F
effectieve temperatuur van sterren	32B, 33
EHBO	97
eieren, aantal	96
eigenschappen van chemicaliën	65B
eigenschappen van elementen	40A
eilandjes van Langerhans	89A
eilandtheorie	93C
eiwitsynthese	71H, 71J
eiwitten	67H, 71E
elasticiteitsmodulus	8, 9, 10A, 10B
elastomeer	67A2
elektriciteit	16
elektrocardiogram	84D
elektrochemie	37D
elektrodepotentiaal, standaard-	48
elektrofile additie	54F
elektrofile aromatische substitutie	54C
elektromagnetisch spectrum	19A, 19B
elektronegativiteit	40A
elektronen	7, 26
– -affiniteit	62B
– -beweeglijkheid	16C
– -concentratie	21D, 30F
– -configuratie	23, 99
– -dichtheid	21D, 30F

F

faculteit, formule voor de	36H, 36I
fagocyt	84J
ferromagnetisme	16B
fibrinogeen/fibrine	84O
Fick, wet van	83A
flagel	79A, 86A
foetale bloedsomloop	84B
follikel	86B, 86C
foon	27C
formules	
– gassen en dampen	12
– ion-	66B
– molecuul-	12, 40A, 66B
– natuurkunde-	35
– scheikunde-	37
– wiskunde-	36
fosfolipiden	67G3
fosforylering, oxidatieve	68D
fossiele vondsten	94B
foto-elektrisch effect	24
foton	26B
fotopigmenten	67I, 72
fotosynthese	69
fotosystemen	69
fraunhoferlijnen	20
freonen	66A
frequentie	
– elektromagnetische straling	19A, 19B
– toonhoogten geluid	15C
– zichtbaar licht	19A, 20
fronten	30D
fysica en milieu	28
fysiologie hart	84D
fysische constanten	7
fysische informatica	17C

G

gal	82D
gammastraling	19B, 25A, 27D, 28F, 29
gap-energie	16C
gasconstante	7A, 38A
gasreacties, evenwichtsconstante van	51
gassen en dampen	
– gegevens van	12
– in lucht en bloed	83C
– oplosbaarheid	44
gatenbeweeglijkheid	16C
geel lichaam (corpus luteum)	86B, 86C
gehalte-aanduidingen	37G
gehoor	27C, 87D
– -gevoeligheid	27C
– -grenzen	15D, 27C
– -orgaan	87D
– -verlies	27C2
geleidbaarheid, molaire ion-	41
geleiding K^+ en Na^+ door membraan	88F
geluid	15

– absorptie van	15B
– geluidsdruk-niveau	15D
– geluidsintensiteit	15D
– geluidssterkte	15D
– muziek	15C
– voortplantingssnelheden	15A
generatie van elementaire deeltjes	26
genetische code	71G, 71I
genlocaties, mens	70D
genotype	93D
gentechnologie	71M
geologische tijdrekening	94A
geslachtsorganen	86
– man	86A
– vrouw	86B
gevaaraanduidingen (H en P-zinnen)	97E
gevaarlijke chemicaliën	97A, 97B
gevaarsymbolen	97B
gevarenklassen in GHS	97B
gevoeligheid menselijk oog	27A
gevoeligheid menselijk oor	27C
gewricht	90D
gezondheidseffecten straling	27D1
GHS-systeem veiligheid	97E
gibbsenergie	37C
giftige stoffen	97
gisting	68B
globally harmonized system	97B, 97E
glomerulus	85A
glucose	68A, 68B, 75
gluon	26B
glycolyse	68A, 68B
golffunctie	23
golflengte	
– absorptietoppen	39C, 72
– elektromagnetische straling	19B, 30E
– foto-elektrisch effect	24
– spectraallijnen	20
– zichtbaar licht	19A, 20
goniometrie	36G
grafische symbolen, zie symbolen	
grafische verbanden	36A
gravitatieversnelling	7A, 30B, 31, 32C
graviton	26B
grens	
– -frequentie	24
– -golflengte	24
– -hoek	18A, 18B
– -waarde	97A
Grieks alfabet	1
groeifuncties	36I, 93D1
groene chemie	37H, 97F
groepsfrequentie infrarood	39C
grondeenheden SI	3
grootheden en eenheden in het SI	3, 4

H

H- en P-zinnen	97E
haar	87A

Register

hadronen	26C	ionisatie-energie	21C, 62A
halfgeleiders	16C	ionisatiegraad	38A
halfreacties	48	ionlading	40A, 41
halfwaardetijd	25A, 26C	ionosfeer	30F, 34
halveringsdikte	28F	ionstraal	40A
halveringstijd	25A, 26C	IR	19B, 22, 39C, 72
handelsoplossingen	43B	isobaren	30D
hardheidsschaal van Mohs	67C	isofonendiagram, mens	27C
hart	80E, 84	isolatiematerialen, warmte-	28D, 28E
– -fysiologie	84D	iso-lettercodering chemische stoffen	66E
– -spierweefsel	80E	isotopentabel	25A
heelal, voorkomen elementen	32F, 34	isotopenkaart	25B
heem	67I		
helderheid sterren	32A, 32B, 33	J	
helling planeetbaan	31	J-kromme	36I
hemoglobine (Hb)	67H, 83D, 83E	jongen, aantal	96
Henry, wet van	44		
hersenen	88C	K	
hersenvolume	94B	kalium- en natrium-uitwisseling	88E, 88F, 88G
Hertzsprung-Russell-diagram	33	kapsel van Bowman	85A, 85C
histon	70A	karakteristieke groep	66D
HIV-cyclus	77C	karyogram	70B
hoeveelheid stof	3, 38A	kegeltjes en staafjes	27A
homopolymeer	67A2	kernkrachten	26B
hoofdreekssterren	33	kleur	19A, 20, 27A
hoornvlies	87C	– chemicaliën	65B
hormonen en hun terugkoppeling	89C	– -gevoeligheid	27A
hormonen mens	67K, 89A	– indicatoren	52
hormoonstelsel	89	– vlam-	65A
houdingreflex been	88K	kleurcodes elektrotechniek	17A
HR-diagram	33	kleurendriehoek	27A5
hubbleconstante	32F	kniepeesreflex	88K
huid	87A	KNMI, schaal van het	27B, 30C
humorale immuniteit	84L	kolenvergasser	38B3
hydratatie-energie	61	kookpunt	11, 12, 13, 14, 40A, 42
hypofyse	88C, 89A	– elementen	40A
hypothalamus	88C, 89A	– verbindingen	42
		koolhydraten, zie sachariden	
I		koolstof, allotropie bij	67E
Ig's immunglobulinen (A, D, E, G, M)	84K	koolstofassimilatie	69A
immuniteit	84K, 84L	koolstofdioxide, in de longen	83C
indeling		koolstofdioxide, verzadigingsdrukken	13B
– dierlijke virussen	77B	koolstofkringloop	93F
– planten- en dierenrijk	92	kransslagader	84C
– zenuwstelsel	88B	krebscyclus, zie citroenzuurcyclus	
indicatoren	52	kringlopen	93F, 93G
industriële chemie	38B	kristalstuctuur	67D
infrarood	19B, 22, 30E, 39C, 72	kritieke druk	12, 13, 14
– spectrometrie	39C	kritieke temperatuur	12, 13, 14
inhoud	36B	kubieke uitzettingscoëfficiënt kwik	8
innervatie	88J, 88L	kubieke uitzettingscoëfficiënt vloeistoffen	11
insuline	67K	kwaliteitsfactoren radioactieve straling	27D3
integreren	36F		
intensiteit geluid	15D	L	
internationaal stelsel van eenheden	3	lading van elementaire deeltjes	26
intron	71H	Lambert-Beer, wet van	37E
ionenverdeling bij rustpotentiaal	88D	langerhanscel	87A
ionformules	66B	LD50	27D1, 95
iongeleidbaarheid, molaire	41		
ionisatieconstante	50		

lederhuid	87A
legeringen	9
leidende streng	71D
lengte	36B, 100
leptonen	26A
lettercodering macromoleculaire materialen	66E
leucine	71G
levensduur dieren	96
levensduur elementaire deeltjes	26
leverlobje	82D
lichaamsvloeistoffen, pH	74
licht	18, 19, 20, 21
– absorptie in water	28C
– algemeen overzicht	19B
– zichtbaar	19A
lichtreactie fotosynthese	69B
lichtsnelheid	7A
lichtsterkte sterren	32B, 33
linde	91C2
lineaire uitzettingscoëfficiënt	8, 9, 10A, 10B
lipase	82E, 82F, 82G
lis van Henle	85A, 85C
lithosfeer	40B
logaritme	36D
lokale groep van sterrenstelsels	32E
long	83
– -blaasjes	83A, 83C, 83E
– -trechtertje	83A
– -volume	83B
lucht	12, 15A, 16, 18, 28F, 34, 83C
luchtweerstandcoëfficiënt	28A
lymanreeks	21A
lymfevaten en lymfoïde organen	84N
lysis	84J, 84L
lysozym	84J

M

maagdarmkanaal	82C
macht	36D
machten van 10	6, 100
macrofaag	84I, 84K, 84L, 84N
macromoleculaire materialen	66E, 67A
– indeling	67A2
– tijdbalk	67A1
macronutriënten	91D1
magnetisme	16B
man, geslachtsorganen	86A
manen	31
Margulis, endosymbiosetheorie van	94C
massa	
– dieren	96
– elementaire deeltjes	7B, 26
– molaire	38A, 98
– nucliden	25A
– planeet	31
– -schaal	6A
– sterren	32
massagetal	25, 40A, 99
massaprocent	43
massaspectrometrie	39D

materiaaleigenschappen	10B
materialen en codering van chemische stoffen	66E
materialen, macromoleculaire	66E, 67A
materialen, nieuwe	67B
materie, bouw en structuur van de	26
matrijsstreng	71E
McArthur en Wilson, eilandtheorie van	93C
mediane doorsnede hersenen	88C1
medische beeldvorming	29
meiose	76B
melanocyt, zie pigmentcel	
melkweg	32A, 32D
melkzuurgisting	68B
membraan	88F
membraanreactie	69B
mens	
– ademhaling	83
– bloed en bloedsomloop	83, 84
– chromosomen	70, 76
– elementsamenstelling	34
– gehoor	27C, 87D
– genlocaties	70D
– geslachtsorganen	86
– hart	80, 84
– hersenen	88C
– hormonen	67K, 89
– huid	27B, 87A
– lymfevaten en lymfoïde organen	84N
– mensachtigen en	94B
– nieren	85A, 85C
– ogen	27A, 87C
– spieren	90A, 90B, 90C
– stralingsbescherming	27D
– uitscheiding	85
– vertering	82C
– verteringsenzymen	82E
– voortplanting	86
– zenuwstelsel	88
menstruatiecyclus	86C
mesonen	26C
mestcel	84M
metalen, gegevens van	8
methylering	70A, 71A
micel	82G
michaelis-menten-kinetiek	37A
micronutriënten	91D2
microscopisch beeld longblaasje	83A
milieu	28, 64, 95, 97
mitose	76B
Mohs, hardheidsschaal van	67C
molair(e)	
– extinctiecoëfficiënt	39A
– iongeleidbaarheid	41
– massa	38A, 98
– massa's van veel gebruikte stoffen	98
– volume	7A, 38A
molariteit	38A, 43
molecuulformules van elementen,	12, 40A, 66B
gassen, stoffen	
molecuulion	39D
motoreiwit	88G

Register

muziek	15C
myosine	90C

N

naamgeving chemische stoffen	66
– elementen	40B
– iso lettercodering	66E
– organische verbindingen	66D
NADH	67L, 68, 69
natrium	88E, 88F, 88G
natuurconstanten	7
natuurkundeformules	35
natuurlijk voorkomen elementen	40B
natuurlijk voorkomen isotopen	25A
navelstreng	84B, 86E
Neandertaler	94B
nefron	85C
Nernst, vergelijking van	37D
netvlies	27A, 87C
neuron	88C
neurotransmitters	88I
neutron	7, 25, 26, 27D3
niereenheid, zie nefron	
nieren	85A, 85C
niet-coderende streng	71E
nieuwe materialen	10B, 67B
NMR-spectrometrie	39B
nomenclatuur, chemische	66
normaalpotentiaal, zie standaardelektrodepotentiaal	
normen stralingsbescherming	27D2
notaties, wiskundige	36I
nucleïnebasen	71A
nucleofiele substitutie	54A, 54B
nucleosoom	70A
nucliden	25
numerieke voorvoegsels	2, 66C
nutriënten	91D

O

oerknal	32H, 100
oestrogeen	86C, 86E, 89A
omlooptijd planeten	31
omrekeningsfactoren naar het SI	5
omslagtraject van indicatoren	52
omtrek	36B
ongelukken met chemicaliën	97
ontdekking van de elementen	40B
ontdekking van de planeten	31
ontsnappings snelheid	31, 32C
ontwikkeling embryo	86E
onvolledige verbranding	64B
oöcyt	86B, 86D
oog	27A, 87C
– brekingsindex in het oog (mens)	18
oögenese en spermatogenese	86D
oor	27C, 87D
oplosbaarheid	44, 45, 46
– gasen in water	44A
– in verschillende oplosmiddelen	45C

– vaste stoffen in water	45
– vloeistoffen in water	45C
– zouten in water	45A, 45B
– zuurstof in chloridehoudend water	44B
oplosbaarheidsproduct	38A, 46
oplosmiddelen	45C
oplossingen	43
opperhuid	87A, 91A, 91C
oppervlakte	36B
oppervlaktespanning	11
oppervlaktetemperatuur van planeten	31
opsonisatie	84J
orbitalen	23, 99
orde van de reactie	37A
orde van grootte	6, 100
organellen	79D
organen van de mens, zie mens	
organen, bloedverdeling	84F
organen, spijsvertering	82C
organische verbindingen	
– absolute entropie	63C
– dipoolmoment	55B
– kookpunt	42B
– naamgeving	66D
– smeltpunt	42B
– vormingswarmte	57B
orthosympatisch	88B, 88I, 88L
osmoregulatie	85D
osmotische waarde	75
ovarium	86B, 89A
overgangspotentiaal	52B
overzicht dissimilatie glucose	68A
ovulatie	86C, 89A
oxidatiegetal	99
oxidatieve fosforylering	68D
oxidatoren	48
ozonlaag	30F

P

pancreas, zie alvleesklier	
papierchromatografie	73
paramagnetisme	16B
parasympatisch	88B, 88I, 88L
parenchym	81C, 91C2
paschenreeks	21A
PCR-methode	71M
pepsine	82E, 82F, 82G
peptidebinding	67H2, 71J
periodiek systeem van de elementen	99
– afgeronde relatieve atoommassa's	99
– atoomnummer	99
– elektronenconfiguratie	99
– oxidatiegetal	99
permeabiliteit, relatieve magnetische	16B
Petersen, schaal van	30C
pH	38A, 52A
pH-traject lichaamsvloeistoffen	74
pigmentcel	87A
pigmenten, blad-	73
pigmenten, foto-	67H2, 72

pijngrens	15D, 27C
piramide van productiviteit	93E2
placenta	84K, 86E, 89A
planckeenheden	7C
planckkrommen	22
planeten, gegevens over	31
plant	91, 92A, 92B
plantaardige cel	79C
plantaardige weefsels	81
plantenrijk	78, 92
plantenvoedingsstoffen	91D
plasma's	21D
plasmacel	84I, 84L2, 84M
plasmiden	71M, 79A
polymerase	71D, 71F
polymeren	66E, 67A
pomp, K-Na	88E
poortader	82D, 84A, 84B
poorten, digitale	17C
populaties	93C, 93D
predator-prooi relatie	93D
primer	71M
primitieve functie	36F
prion	94E
producent	93A, 93B, 93G
progesteron	86C, 86E, 89A
promotor	71F
propaan, verzadigingsdrukken	13B
prostaat	86A
proton	7B, 25, 26, 27D3, 32H

Q

quantummechanika	23
quarks	26, 32H

R

raaklijn	36E
radiële snelheid sterren	32B
radioactief verval	25
radioactieve straling	19B, 25, 27D, 28F
radiogolven	19B
radiovenster	30E
rationele naam in de chemie	66
reactieconstante	37A
reactiemechanismen	54
reacties, allergische	84M
reactiesnelheid, chemische	37A
reactorchemie, symbolen	38B
recycleersymbolen	97D
redoxindicatoren	52B
redoxpotentiaal bij fotosynthese	69B
reducent	93A, 93G
reductoren	48
reeks	36H
regels systematische namen	66D
reine stemming	15C
rek	10B
relatieve	
– atoommassa	40A, 99

– dichtheid	38A
– diëlektrische constanten	16A
– magnetische permeabiliteit	16B
rendement	37H, 97F
reparatie DNA	71I
replicatie DNA en RNA	71D
resorptie	84G
respirogram	83B
reuzen	32B, 33
Rf-waarden	73
Richter, schaal van	30A
rij	36H
rijken in de biologie, de vier -	78
rioolwaterzuivering	38B2
RNA	71C, 71K
– genetische code	71G
– soorten	71K
– t-RNA	71K
– translatie (eiwitsynthese)	71E
rode reuzen	32B, 33
röntgenstraling	19B, 28F, 29, 30F
roosterenergie	60
roosters, kristal	67D
rotatieperiode, planeten	31
rotatieperiode, zon	32C
ruggenmerg	88J
rustmassa	7B, 26
rustpotentiaal, ionenverdeling bij	88D

S

sachariden	67F, 82E
samenstelling, zie ook abundantie	
– aardkorst	34, 40B
– adem	83C
– alliages	9
– atmosfeer	34
– bloed	84H
– bloedplasma en urine	85B
– gassen in lucht en bloed	83C
– heeal	34
– legeringen	9
– lithosfeer	34, 40B
– menselijk lichaam	34
– natuurlijk isotopenmengsel	25A
– zeewater	64A
– zon	34
satellieten	31
schaal	6
– aardbevingen	30A
– van Beaufort	30C
– energie	6D
– hardheid	67C
– lengte	100
– massa	6A
– van Mohs	67C
– van Petersen	30C
– van Richter	30A
– temperatuur	6C
– tijd	6B
– windsnelheden	30C

Register

schakelingen, digitale	17C	– sterren	32B, 33
scheikundeformules	37	– waterstof	20, 21A
scheikundige stoffen: formules en namen	66	– zichtbaar licht	19A
scheikundige symbolen	38	– zon	20
schema		spermatocyt	86A, 86D
– industriële chemie	38B1	spermatogenese	86D
– kolenvergasser	38B3	spier	90
– replicatie DNA en RNA	71D	– -stelsel	90A
– rioolwaterzuivering	38B2	– -vezels	90B
– ruggenmerg	88J	– -weefsel	80E
– transcriptie	71E, 71F	spijsvertering	82
– translatie (eiwitsynthese)	70E	– enzymen	82E
schijnbare visuele helderheid	32B	– organen	82C
schillenmodel	23, 25B	– sappen	82F
schimmels	78, 92A	splicing	71
schorsvelden	88C	sprongpunt van supergeleiders	16C
sense	71E	staafje	27A, 87C
SI, internationaal stelsel van eenheden	3, 4	stam, verhoude	91C
signaaldrager	67L	stamcel	80A, 84I
sinusknoop	84D	stamnaam	66D
skelet	90D	standaarddruk	7A, 38A
S-kromme	36I, 93D	standaardelektrodepotentiaal	48
slakkenhuis	87D	standaardmodel elementaire deeltjes	26A
smeltpunt	8, 9, 11, 12, 40A, 42	Starling-mechanisme	84G
– alliages	9	STEG-eenheid	38B3
– elementen	40A	stembanden	83A
– legeringen	9	stengel	91C
– metalen	8	sterkte	
– vaste stoffen	10A	– aardbevingen	30A
– verbindingen	42	– geluid	15D
– vloeistoffen	11	– wind	30C
smeltwarmte	8, 11	– zonnestraling	27B
– metalen	8	sterren, gegevens van	32A, 32B, 33
snelheid		sterrenbeeld	32A, 32B
– dieren	96	sterrenkaart	32A
– geluid	15A	steunweefsel	80C, 81D
– sterren	32B	stikstofassimilatie	93G
– wind	30C	stikstofkringloop	93G
somformule	36H	stoffen	
soortelijke warmte		– bijtende	97
– alliages	9	– brandbare, zie ook verbrandingswaarden	97
– andere vaste stoffen	10A	– chemische	66, 97
– gassen en dampen	12	– explosieve	97
– legeringen	9	– gevaarlijke	97
– metalen	8	– giftige	97
– vloeistoffen	11	– molaire massa	98
soortelijke weerstand	8, 9, 10A	stolling bloed	84O
spectraalplaat	20	stookwaarden	28B
spectraaltipe van sterren	32B, 33	straal	
spectrometrie		– atoom-	40A
– formules	37E	– ion-	40A
– IR-	39C	– planeet	31
– massa-	39D	– sterren	32B
– NMR-	39B	– vanderwaals-	40A
– optisch	20, 21	straling, radioactieve	19B, 25, 27D, 28F
– UV-VIS	39A	straling, UV-index zonne-	27B
spectrum		stralingsbescherming	27D
– calcium, kalium, kwik, natrium e.a.	20	stralingsintensiteit volgens Planck	22
– elektromagnetisch	19B	stratosfeer	30F, 34
– helium	20, 21B	strottenhoofd	83A

structuur	
– biochemische stoffen	67
– chromosoom	70A
– legeringen	9
– t-RNA	71K
structuurformules	67
– nucleïnebasen	71A
subatomaire deeltjes	26
sublimatiepunt	14, 42
sublimatiewarmte	59
substraatconcentratie	37A, 82E
supergeleiders	16C
superstrings	32H
suppressor	84J, 84M, 94E
surfactant	83A
symbolen	
– eenheden	3, 4, 5, 35, 38A
– elektrotechnische	17B
– elementen	40A, 99
– gevaar-	97B
– grafische - , in de industriële chemie	38B1
– recycleer-	97D
– scheikundige	38A
– veiligheid en milieu	97
– waarschuwingssborden	97C
– weerkunde	30D
synaps	88G, 88H
systematiek, biologische	92
systematische namen chemische stoffen	40A, 66D
systole	84D, 84E

T

telomeer	76B4
temperatuur	
– atmosfeer	30F
– kritieke	12, 13, 14
– planeten	31
– -schaal	6C
– sterren	32B, 33
temperatuurregeling	87B
template streng	71E
terpolymeer	67A2
terugkoppeling hormonen	89C
testis	86A
testosteron	89A
T-helpercel	84I, 84L
thermodynamica	35C, 37C
thermo-elektriciteit	16D
thermoharders	10B, 66E, 67A2
thermokoppel	16D
thermoplasten	10B, 66E, 67A2
thermoreceptor, zie warmtezintuig	
thymus	84I, 84N
ten, machten van	6, 100
tijd	6B, 32H, 94A
Tjeukemeer	93E1
toonladder	15C
transcriptie en translatie, DNA	71E, 71F
transcriptiefactor	71F

translatie RNA	71E, 71J
transmissie	37E
transmitters en dragers	67L, 88I
transportweefsel	81E
transuranen	25, 40, 99
treksterkte	8, 10B
tripelpunt	13, 40A
triviale naam	66A
trofisch niveau	93A2, 93E3
trofoblast	86E
trombine	84O
troposfeer	30F, 34

U

uitscheiding	85
uittree-energie	24
uitwisseling CO ₂	83E
uitwisseling K ⁺ en Na ⁺	88F, 88G
uitzettingscoëfficiënt	
– kubieke	11
– kubieke - van kwik	8
– lineaire	8, 9
ultraviolet	19B, 22, 27B, 30E, 30F, 72
ureum	67J, 75
urine	85B
UV	19B, 22, 27B, 30E, 30F, 72
UV-index voor zonnestraling	27B
U-waarde bouwelementen	28D

V

vaatbundel	91C2
valentiehoek, zie bindingshoek	
vanderwaalsstraal	40A
vaste stoffen	
– gegevens van	10
– oplosbaarheid in water	45
– sublimatie- en verdampingswarmte	59
vaste-stoffysica	16C
vectorbosonen	26B
veiligheid en milieu	97
verbanden, wiskundige	36A
verbindingen	42, 66
verboden eenheden	5
verbranding	64B
verbrandingswarmte	28B, 56
verdampingswarmte	11, 12, 59
vergiftiging	97
verhoute stam (linde)	91C
vermenigvuldigingsfactoren	2
vertering	82
verval elementaire deeltjes	26C
verval, radioactief	25
vervuilingscoëfficiënt	97F
verzagingsdruk	13, 14
vetten	67G, 68E
vetzuren	67G, 68E
vier rijken	78
vierkantsvergelijking	36C

Register

virus	77	water	
– DNA-cyclus	77D	– lichtabsorptie	28C
– HIV-cyclus	77C	– oplosbaarheid van gassen	44
– indeling	77B	– verzadigingsdrukken	13A
– vorm	77A	waterconstante	38A
viscositeit	11	waterdamp	13A
visuele lichtsterkte van sterren	32B	waterstofatoom, energieniveaus	21A
vitamines	82A	waterstofexponent	38A
vlamkleuringen	65A	waterstofspectrum	20, 21A
vloeistoffen		waterzuivering, schema	38B2
– gegevens van	11	weefsels, dierlijke	80
– oplosbaarheid	45C	weefsels, plantaardige	81, 91
– verdampingswarmte	11, 59B	weefselvloeistof	84G
voeding	82, 95B	weegfactoren radioactieve straling	27D3
voedselweb	93E	weekmakers	67A4
volgende streng	71D	weerkunde, symbolen	30D
voorkomen in de natuur, isotopen	25A	weerstand, kleurcode voor	17A
voortplanting van de mens	86	weerstand, soortelijke	8, 9, 10A
voortplanting, dieren	96	weerstandstemperatuurcoëfficiënt	8, 9
voortplantingssnelheid geluid	15A	wet van	
voorurine	85B	– Lambert-Beer	37E
voorvoegsels, karakteristieke groep	66D	– Fick	83A
voorvoegsel, numerieke	2, 66C	– Hardy-Weinberg	93D3
voorzorgsmaatregelen	97E	windsnelheid	30C
vormen virussen	77A	windsterkte	30C
vorming weefselvloeistof	84G	wiskundeformules	36
vormingswarmte	38A, 57	wisselwerkingsdeeltjes	26B
vrouw, geslachtsorganen	86B	witte dwergen	32B, 33
		wortel	36D, 91B
		wortelformule	36C
W			
waarden constanten en grootheden	7	X	
waarheidstabel	17C	xyleem	81E, 91
waarschijnlijkheidswolk	23	Z	
waarschuingsborden	97C	zeeoppervlak	30C
warmte		zeewater, absorptie licht in -	28C
– sublimatie-	59	zeewater, samenstelling	64A
– verbrandings-	28B, 56	zenuwcellen	88A
– verdampings-	11, 12, 59	zenuwstelsel	88
– vormings-	38A, 57	zenuwstelsel, autonoom	88K
warmte, soortelijke		zichtbaar licht	19A
– alliages	9	zintuigen	27A, 27C, 87
– vaste stoffen	10A	zon	32C
– gassen en dampen	12	zonneconstante	32C
– legeringen	9	zonnestelsel	31
– metalen	8	zonnestraling, sterkte van	27B
– vloeistoffen	11	zouten, oplosbaarheid in water	45A, B
warmtegeleidingscoëfficiënt		zuur- en baseconstanten	38A, 49
– alliages	9	zuur-base-indicatoren	52A
– vaste stoffen	10A, 10B	zuurstof	
– bouw- en isolatiematerialen	28E	– in het bloed	83D
– gassen en dampen	12	– in chloridehoudend water	44B
– legeringen	9	– in de longen	83C
– metalen	8	zuurstofverzadiging	83D
– vloeistoffen	11	zwaartekracht	26B, 30B
warmte-isolatie	28D, 28E	zwangerschap	86E, 96
warmteregulatie	87B	zwarte straler	22
warmtezintuig	87A		

in g mol⁻¹

AgBr	187,77
Ag ₂ CO ₃	275,75
AgCl	143,32
AgI	234,77
AgNO ₃	169,87
Ag ₂ O	231,74
Ag ₃ PO ₄	418,58
Ag ₂ S	247,80
AlCl ₃	133,34
Al(NO ₃) ₃	213,00
Al ₂ O ₃	101,96
Al(OH) ₃	78,004
Al ₂ (SO ₄) ₃	342,15
BaCO ₃	197,34
BaCl ₂	208,23
Ba(NO ₃) ₂	261,34
BaO	153,33
Ba(OH) ₂	171,34
BaSO ₄	233,39
C ₆ H ₆	78,114
C ₆ H ₁₂ O ₆	180,16
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	342,30
CaC ₂	64,100
CaC ₂ O ₄	128,10
CaCO ₃	100,09
CaCl ₂	110,98
CaF ₂	78,075
CaO	56,077
Ca(OH) ₂	74,093
Ca ₃ (PO ₄) ₂	310,18
Ca ₅ (PO ₄) ₃ F	504,30
CaSO ₄	136,14
CH ₃ COOH	60,053
CH ₄	16,043
CH ₃ OH	32,042
CH ₃ CH ₂ OH	46,069
CH ₃ COCH ₃	58,080
CH ₃ COONa	82,034
CO	28,010
CO ₂	44,010
CoCl ₂	129,84
CS ₂	76,141

CuCl ₂	134,45
Cu(NO ₃) ₂	187,56
CuO	79,545
CuS	95,611
CuSO ₄	159,61
FeC ₂ O ₄	143,86
FeCl ₂	126,75
FeCl ₃	162,20
FeO	71,844
Fe ₂ O ₃	159,69
Fe ₃ O ₄	231,53
Fe(OH) ₂	89,860
Fe(OH) ₃	106,87
FePO ₄	150,82
FeS	87,910
FeS ₂	119,98
FeSO ₄	151,91
Fe ₂ (SO ₄) ₃	399,88
HBr	80,912
H ₂ C ₂ O ₄	90,036
HCl	36,461
HF	20,006
HI	127,91
HNO ₃	63,013
H ₂ O	18,015
H ₂ O ₂	34,015
H ₃ PO ₄	97,995
H ₂ S	34,081
H ₂ SO ₄	98,079
HgCl ₂	271,50
HgI ₂	454,40
Hg(NO ₃) ₂	324,60
HgO	216,59
HgS	232,66
KBr	119,00
KCN	65,116
K ₂ CO ₃	138,21
KAl(SO ₄) ₂	258,21
KC ₂ H ₃ O ₂	98,143
KCl	74,551
KClO ₃	122,55
K ₂ Cr ₂ O ₇	294,18

KF	58,097
K ₃ Fe(CN) ₆	329,25
K ₄ Fe(CN) ₆	368,34
KHCO ₃	100,12
KHC ₂ O ₄	128,13
KHSO ₄	136,17
KI	166,00
KIO ₃	214,00
KMnO ₄	158,03
KNO ₂	85,104
KNO ₃	101,10
K ₂ O	94,196
KOH	56,106
KSCN	97,181
K ₂ SO ₃	158,26
K ₂ SO ₄	174,26
MgCl ₂	95,211
MgN ₃	66,325
MgO	40,305
Mg(OH) ₂	58,320
MgSO ₄	120,37
MnO	70,937
MnO ₂	86,937
Mn ₂ O ₃	157,87
Mn ₃ O ₄	228,81
MnSO ₄	151,00
NH ₃	17,031
NH ₄ Br	97,943
(NH ₄) ₂ CO ₃	96,086
NH ₄ Cl	53,491
NH ₄ NO ₃	80,043
(NH ₄) ₂ S	68,142
(NH ₄) ₂ SO ₄	132,14
N ₂ O	44,013
NO	30,006
NO ₂	46,006
NaBr	102,89
Na ₂ CO ₃	105,99
Na ₂ C ₂ O ₄	134,00
NaCl	58,443
NaClO ₃	106,44
NaF	41,988

NaHCO ₃	84,007
NaH ₃ C ₂ O ₂	82,034
NaHSO ₃	104,06
NaHSO ₄	120,06
NaI	149,89
NaNO ₂	68,995
NaNO ₃	84,995
Na ₂ O	61,979
NaOH	39,997
Na ₃ PO ₄	163,94
Na ₂ S	78,045
Na ₂ SO ₃	126,04
Na ₂ SO ₄	142,04
Na ₂ S ₂ O ₃	158,11
PCl ₃	137,33
PCl ₅	208,23
P ₂ O ₃	109,95
P ₂ O ₅	141,94
PbCO ₃	267,2
PbCl ₂	278,1
PbCrO ₄	323,2
PbI ₂	461,0
Pb(NO ₃) ₂	331,2
PbO	223,2
PbO ₂	239,2
Pb ₃ O ₄	685,6
PbS	239,3
PbSO ₄	303,3
SO ₂	64,064
SO ₃	80,063
SnCl ₂	189,62
SnCl ₄	260,52
SnI ₂	372,52
SnO	134,71
SnS	150,78
ZnCO ₃	125,39
ZnCl ₂	136,29
ZnO	81,38
ZnS	97,45
ZnSO ₄	161,44

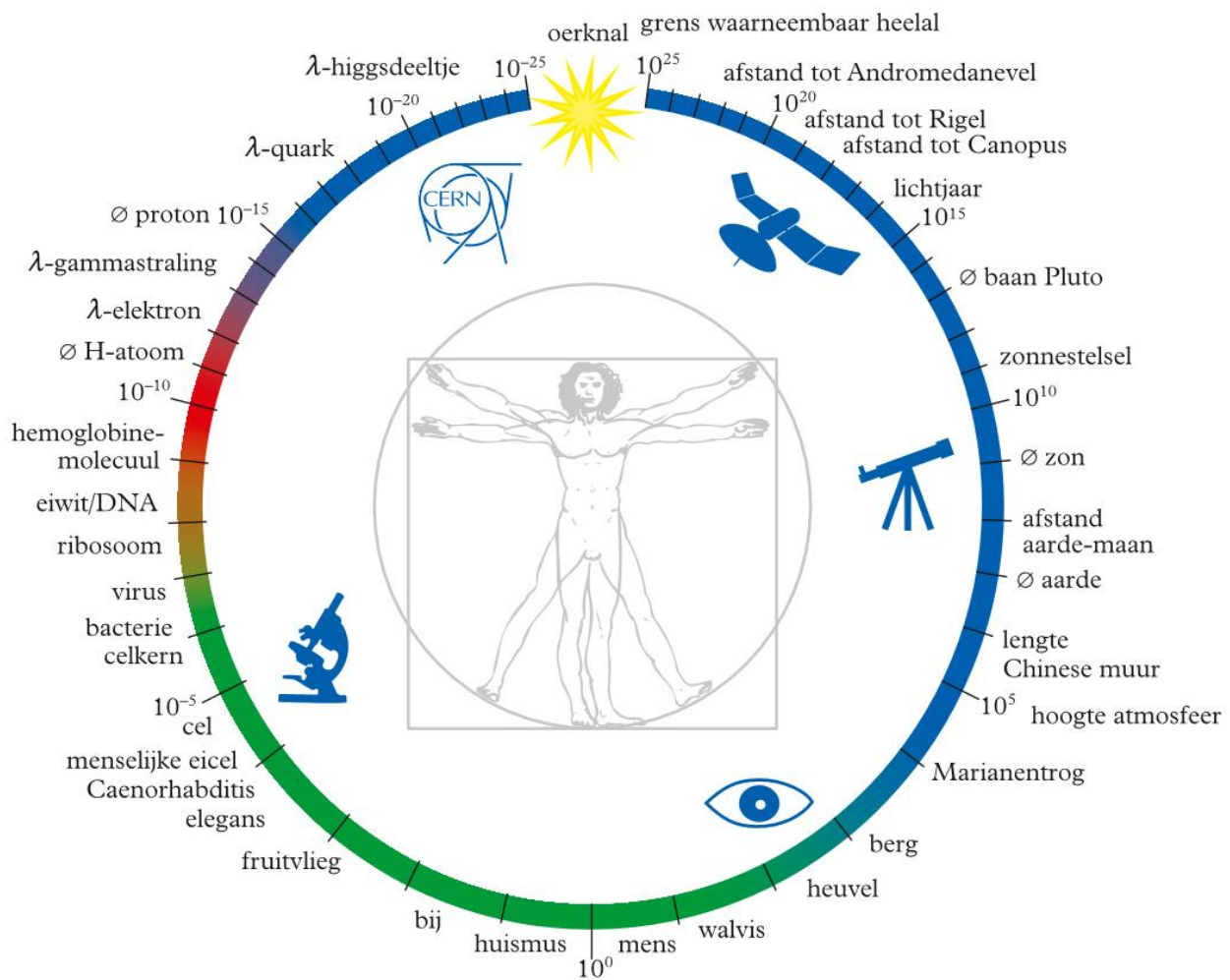
periode	groep	1	2	3		4	5	6	7	8
1		1,008 ¹ H waterstof 1			relatieve atoommassa oxidatiegetallen atoomnummer Symbol naam elektronenconfiguratie					
2		6,941 ³ Li lithium 2,1	9,012 ⁴ Be beryllium 2,2							
3		22,99 ¹¹ Na natrium 2,8,1	24,31 ¹² Mg magnesium 2,8,2							
4		39,10 ¹⁹ K kalium 2,8,8,1	40,08 ²⁰ Ca calcium 8,2	44,96 ²¹ Sc scandium 9,2		47,87 ²² Ti titaan 10,2	50,94 ²³ V vanadium 11,2	52,00 ²⁴ Cr chrom 13,1	54,94 ²⁵ Mn mangaan 13,2	55,85 ²⁶ Fe ijzer 14,2
5		85,47 ³⁷ Rb rubidium 2,8,18,8,1	87,62 ³⁸ Sr strontium 8,2	88,91 ³⁹ Y yttrium 9,2		91,22 ⁴⁰ Zr zirkonium 10,2	92,91 ⁴¹ Nb niobium 12,1	95,94 ⁴² Mo molybdeen 13,1	(98) ⁴³ Tc technetium 13,2	101,1 ⁴⁴ Ru ruthenium 15,1
6		132,9 ⁵⁵ Cs cesium 2,8,18,18,8,1	137,3 ⁵⁶ Ba barium 18,8,2	138,9 ⁵⁷ La lanthaan 18,9,2	1	178,5 ⁷² Hf hafnium 32,10,2	180,9 ⁷³ Ta tantaal 32,11,2	183,8 ⁷⁴ W wolfraam 32,12,2	186,2 ⁷⁵ Re renium 32,13,2	190,2 ⁷⁶ Os osmium 32,14,2
7		(223) ⁸⁷ Fr francium 2,8,18,32,18,8,1	(226) ⁸⁸ Ra radium 18,8,2	(227) ⁸⁹ Ac actinium 18,9,2	2	(267) ¹⁰⁴ Rf rutherfordium 32,10,2	(268) ¹⁰⁵ Db dubnium 32,11,2	(269) ¹⁰⁶ Sg seaborgium 32,12,2	(270) ¹⁰⁷ Bh bohrium 32,13,2	(269) ¹⁰⁸ Hs hassium 32,14,2
						1	lanthaniden 140,1 ⁵⁸ Ce cerium 2,8,18,19,9,2	140,9 ⁵⁹ Pr praseodymium 21,8,2	144,2 ⁶⁰ Nd neodymium 22,8,2	(145) ⁶¹ Pm promethium 23,8,2
						2	actiniden 232,0 ⁹⁰ Th thorium 2,8,18,32,18,10,2	(231) ⁹¹ Pa protactinium 20,9,2	238,0 ⁹² U uraan 21,9,2	(237) ⁹³ Np neptunium 22,9,2

- De relatieve atoommassa's zijn afgerond.
- Isotopen: zie tabel 25.
- Gegevens elementen: zie tabel 40.

Periodiek systeem der elementen

(met relatieve atoommassa's en elektronenconfiguraties)

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
									4,003 ⁰ 2 He helium 2
				10,81 ⁺³ 5 B boor 2,3	12,01 ^{+2 +4 -4} 6 C koolstof 2,4	14,01 ^{+1 +2 +3 +4 +5 -1 -2 -3} 7 N stikstof 2,5	16,00 ⁻² 8 O zuurstof 2,6	19,00 ⁻¹ 9 F fluor 2,7	20,18 ⁰ 10 Ne neon 2,8
				26,98 ⁺³ 13 Al aluminium 2,8,3	28,09 ^{+2 +4 -4} 14 Si silicium 2,8,4	30,97 ^{+3 +5 -3} 15 P fosfor 2,8,5	32,06 ^{+4 +6 -2} 16 S zwavel 2,8,6	35,45 ^{+1 +5 -1} 17 Cl chloor 2,8,7	39,95 ⁰ 18 Ar argon 2,8,8
58,93 ^{+2 +3} 27 Co kobalt 15,2	58,69 ^{+2 +3} 28 Ni nikkel 16,2	63,55 ^{+1 +2} 29 Cu koper 18,1	65,38 ⁺² 30 Zn zink 18,2	69,72 ⁺³ 31 Ga gallium 18,3	72,64 ^{+2 +4} 32 Ge germanium 18,4	74,92 ^{+3 +5 -3} 33 As arseen 18,5	78,96 ^{+4 +6 -2} 34 Se seleen 18,6	79,90 ^{+1 +5 -1} 35 Br broom 18,7	83,80 ⁰ 36 Kr krypton 18,8
102,9 ⁺³ 45 Rh rhodium 16,1	106,4 ^{+2 +3} 46 Pd palladium 18	107,9 ⁺¹ 47 Ag zilver 18,1	112,4 ⁺² 48 Cd cadmium 18,2	114,8 ⁺³ 49 In indium 18,3	118,7 ^{+2 +4} 50 Sn tin 18,4	121,8 ^{+3 +5 -3} 51 Sb antimoon 18,5	127,6 ^{+4 +6 -2} 52 Te telluur 18,6	126,9 ^{+1 +5 +7 -1} 53 I jood 18,7	131,3 ⁰ 54 Xe xenon 18,8
192,2 ^{+3 +4} 77 Ir iridium 32,15,2	195,1 ^{+2 +4} 78 Pt platina 32,17,1	197,0 ^{+1 +3} 79 Au goud 32,18,1	200,6 ^{+1 +2} 80 Hg kwik 32,18,2	204,4 ^{+1 +3} 81 Tl thallium 32,18,3	207,2 ^{+2 +4} 82 Pb lood 32,18,4	209,0 ^{+3 +5} 83 Bi bismut 32,18,5	(209) ^{+2 +4} 84 Po polonium 32,18,6	(210) ^{+2 +4} 85 At astaat 32,18,7	(222) ⁰ 86 Rn radon 32,18,8
(278) 109 Mt meitnerium 32,15,2	(281) 110 Ds darmstadtium 32,17,1	(281) 111 Rg roentgenium 32,18,1	(285) 112 Cn copernicium 32,18,2	(286) 113 Uut ununtrium 32,18,3	(289) 114 Fl flerovium 32,18,4	(288) 115 Uup ununpentium 32,18,5	(293) 116 Lv livermorium 32,18,6	(294) 117 Uus ununseptium 32,18,7	(294) 118 Uuo ununoctium 32,18,8
150,4 ^{+2 +3} 62 Sm samarium 24,8,2	152,0 ^{+2 +3} 63 Eu europium 25,8,2	157,3 ⁺³ 64 Gd gadolinium 25,9,2	158,9 ⁺³ 65 Tb terbium 27,8,2	162,5 ⁺³ 66 Dy dysprosium 28,8,2	164,9 ⁺³ 67 Ho holmium 29,8,2	167,3 ⁺³ 68 Er erbium 30,8,2	168,9 ⁺³ 69 Tm thulium 31,8,2	173,0 ^{+2 +3} 70 Yb ytterbium 32,8,2	175,0 ⁺³ 71 Lu lutetium 32,9,2
(244) ^{+3 +4 +5 +6} 94 Pu plutonium 24,8,2	(243) ^{+3 +4 +5 +6} 95 Am americium 25,8,2	(247) ⁺³ 96 Cm curium 25,9,2	(247) ^{+3 +4} 97 Bk berkelium 27,8,2	(251) ⁺³ 98 Cf californium 28,8,2	(252) ⁺³ 99 Es einsteinium 29,8,2	(258) ⁺³ 100 Fm fermium 30,8,2	(257) ^{+2 +3} 101 Md mendelevium 31,8,2	(259) ^{+2 +3} 102 No nobelium 32,8,2	(262) ⁺³ 103 Lr lawrencium 32,9,2





Noordhoff Uitgevers



➔ www.binas.noordhoff.nl

ISBN 978-90-01-81749-7



9 789001 817497