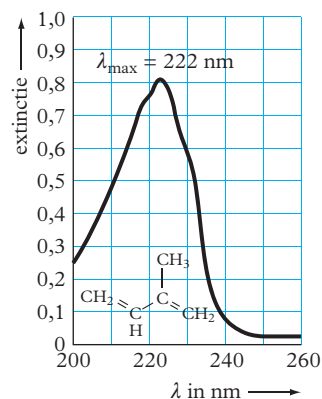
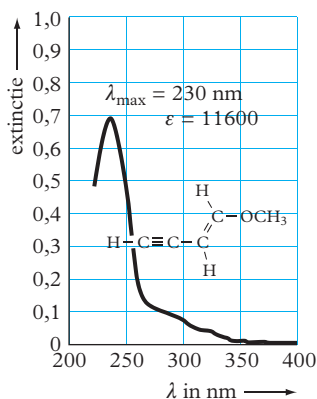
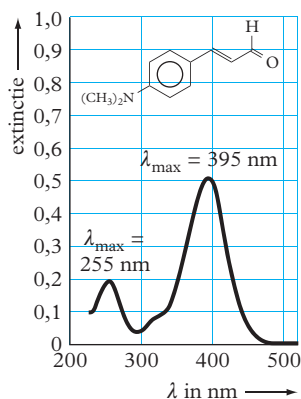


## Absorptietoppen en extinctiecoëfficiënten

	absorptietop golflengte in nm	molaire extinctiecoëfficiënt in $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$		absorptietop golflengte in nm	molaire extinctiecoëfficiënt in $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$
benzeen	256	200	NAD <sup>+</sup> , NADP <sup>+</sup>	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
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	345	3150		366	3300
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	370	4790	vitamine A1	328	40600
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	301	63	β-caroteen	458	117000
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	354	29	bilirubine	436	56800
Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> <sup>3+</sup>	394	1		453	60700
Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> <sup>2+</sup>	510	6	hemiglobine	500	9000
CoCl <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	600	150	hemiglobinecyanide	540	44000
Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>3-</sup>	436	743	oxyhemoglobine	542	14400
FeSCN <sup>2+</sup>	480	25000	hemoglobine	555	13000
Fe(Phen) <sub>3</sub> <sup>2+</sup>	508	11100	sulfhemoglobine	620	11100
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	525	2000	4-nitrofenol	405	18500
MnO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	603	1600	4-nitroaniline	405	9900
CuCl <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	370	80			
Cu(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	580	20			
Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> <sup>2+</sup>	790	11			

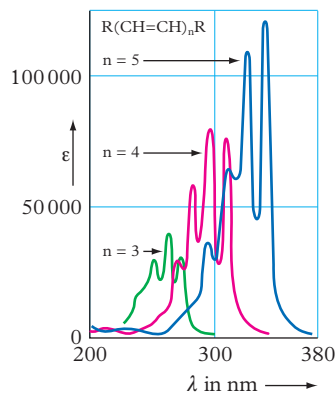
## Absorptiespectra



## Soorten verschuivingen

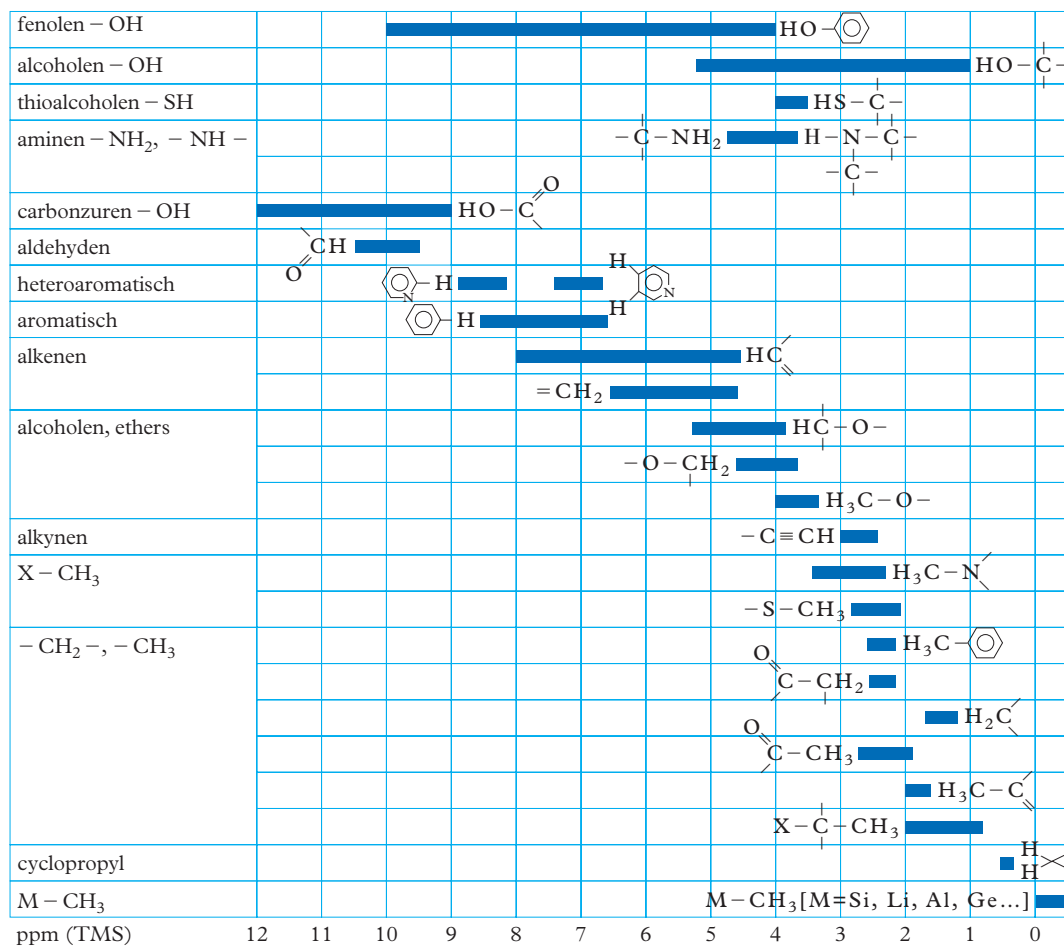
terminologie voor absorptieverschuivingen

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

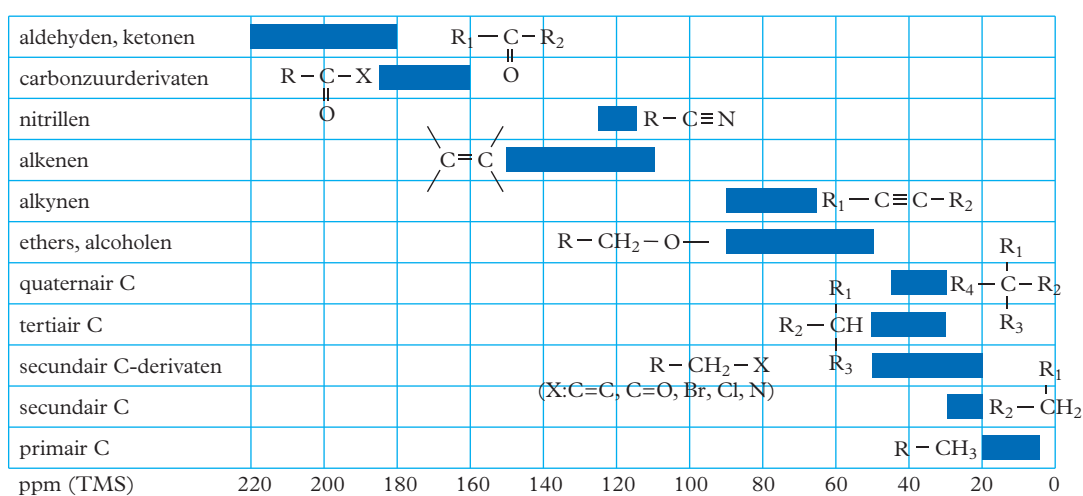


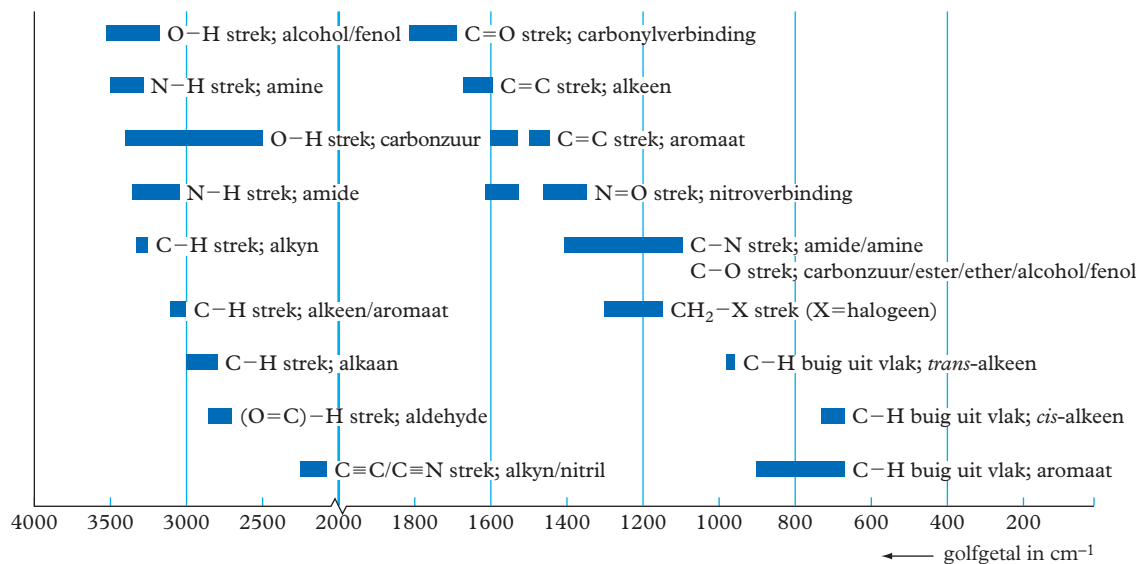
<sup>1</sup>H

1

<sup>13</sup>C

2





S = sterk, M = middel, Z = zwak

<i>vibratie</i>	<i>verbindingen</i>	<i>absorptiegebied</i> ( $\text{cm}^{-1}$ )	<i>intensiteit</i>	<i>opmerkingen</i>
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
C–H strek	N-gesubstitueerd amide	3325-3050	M	meer banden (KBr-tablet)
	alkyn ( $\text{sp-C}$ )	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 <sup>1</sup>	scherp, M	
C≡C strek	alkyn	2260-2100 <sup>1</sup>	Z	ontbreekt vaak bij symmetrische moleculen

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

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

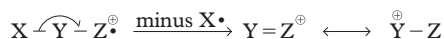
1 ► Pieken verschuiven naar lagere waarden naarmate de bindingen meer geconjugeerd zijn (C=C-C=C afwisselend).

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

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

### 1. Primaire afbraakregels voor molecuulionen

a. homolytische splitsing



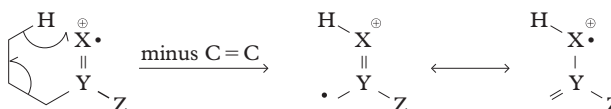
b. heterolytische splitsing

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

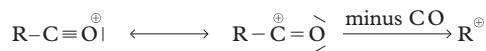


c. McLaffertyomlegging ( $XYZ =$

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



### 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 $M^{\bullet\oplus}$

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

### structuur van belangrijke fragmentionen

$m/z$	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, 50, 51, 52, 65, 77, ...	$\text{C}_3\text{H}_3^{\oplus}, \text{C}_4\text{H}_5^{\oplus}, \dots$	aromatische verbinding
60	$\text{CH}_3\text{COOH}^{\oplus}$	carbonzuur, acetaat, methylester
91	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2^{\oplus}$	benzyliche 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.

■ Fragmentionen 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 <sup>na</sup>	symbool formule	atoom- nummer	relatieve atoommassa <sup>Ar</sup>	smeltpunt $p = p_0$	koebpunt $p = p_0$	dichtheid $T = 298 \text{ K}$ $p = p_0$	elektro- negativiteit <sup>EN</sup>	atoom- straal	vander- waals- straal	ionstraal en ionlading
				K	K	$10^3 \text{ kg m}^{-3}$		$10^{-12} \text{ m}$	$10^{-12} \text{ m}$	$10^{-12} \text{ m}$
actinium	Ac	89	(227)	1323	3471	10	1,1	188	200	$112^{3+}$
aluminium	Al	13	26,9815	933	2792	2,70	1,6	143	143	$45^{3+}$
americium	Am	95	(243)	1449	2284	12	1,1	173	173	$98^{3+}; 85^{4+}$
antimoon	Sb <sup>⚡</sup> (grijs)	51	121,760	904	1860	6,68	2,0	141	220	$245^{3-}$
argon	Ar	18	39,948	$84^{7,69 \text{ KPa}}$	87	$1,633 \cdot 10^{-3}$		192		
arseen	As <sup>⚡</sup> (grijs)	33	74,9216	$1090^{7,3,6 \text{ MPa}}$	$889^{P5}$	5,7	2,2	121	200	$222^{3-}$
astaat	At <sub>2</sub>	85	(210)	575	610		2,2	140		$62^{7+}$
barium	Ba	56	137,327	1000	2170	3,62	0,9	217	217	$134^{2+}$
berkelium	Bk	97	(247)	1259	$2,9 \cdot 10^3$	13,25	1,3	172	172	$96^{3+}; 83^{4+}$
beryllium	Be	4	9,0122	1560	2744	1,85	1,6	112	112	$30^{2+}$
bismut	Bi	83	208,980	545	1837	9,79	2,0	170	170	$120^{3+}; 76^{5+}$
bohrium	Bh	107	(270)							
boor	B	5	10,811	2348	4273	2,34	2,0	88	217	$16^{3+}$
broom	Br <sub>2</sub>	35	79,904	266	332	3,10	3,0	114	195	$196^{-}$
cadmium	Cd	48	112,411	594	1040	8,69	1,7	149	149	$97^{2+}$
calcium	Ca	20	40,078	1115	1757	1,54	1,0	197	197	$94^{2+}$
californium	Cf	98	(251)	1173	$1,7 \cdot 10^3$	15,1	1,3	199	199	$95^{3+}; 92^{4+}$
cerium	Ce	58	140,116	1072	3716	6,77	1,1	183	183	$101^{3+}; 87^{4+}$
cesium	Cs	55	132,905	302	944	1,87	0,8	262	262	$167^{1+}$
chlor	Cl <sub>2</sub>	17	35,453	172	239	$2,90 \cdot 10^{-3}$	3,2	99	180	$181^{-}$
chrom	Cr	24	51,996	2180	2944	7,15	1,7	125	125	$63^{3+}$
copernicium	Cn	112	(285)							
curium	Cm	96	(247)	1618	$3,4 \cdot 10^3$	13,51	1,3	174	174	$97^{3+}; 85^{4+}$
darmstadtium	Ds	110	(281)							
dubnium	Db	105	(268)							
dysprosium	Dy	66	162,500	1685	2840	8,55	1,2	175	175	$91^{2+}$
einsteinium	Es	99	(252)	1133	$1,8 \cdot 10^3$	8,8	1,3	203	203	$93^{3+}$
erbium	Er	68	167,259	1802	3141	9,07	1,2	173	173	$89^{3+}$
europium	Eu	63	151,964	1099	1802	5,24	1,2	204	204	$95^{3+}; 117^{2+}$
fermium	Fm	100	(257)	1800			1,3			$91^{3+}$
flerovium	Fl	114	(289)							
fluor	F <sub>2</sub>	9	18,9984	54	85	$1,553 \cdot 10^{-3}$	4,0	$64^{P3}$	135	$133^{-}$
fosfor	P <sub>4</sub> (wit)	15	30,9738	317	554	1,82	2,2	110	190	$212^{3-}$
francium	Fr	87	(223)	300	950		0,7	270	270	$180^{1+}$

vervolg ▶



naam <sup>1</sup>	symbool formule	atoom- nummer	relatieve atoommassa <sup>2</sup>	smeltpunt <i>p</i> = <i>p</i> <sub>0</sub>	kookpunt <i>p</i> = <i>p</i> <sub>0</sub>	dichtheid <i>T</i> = 298 K <i>p</i> = <i>p</i> <sub>0</sub>	elektro- negativiteit <sup>3</sup>	atoom- straal	vander- waals- straal	ionstraal en ionlading
				K	K	10 <sup>3</sup> kg m <sup>-3</sup>		10 <sup>-12</sup> m	10 <sup>-12</sup> m	10 <sup>-12</sup> m
gadolinium	Gd	64	157,25	1586	3546	7,90	1,2	179		94 <sup>3+</sup>
gallium	Ga	31	69,723	303	2477	5,91	1,8	141		62 <sup>3+</sup>
germanium	Ge	32	72,64	1211	3106	5,32	2,0	122	202	53 <sup>4+</sup> ; 272 <sup>1-</sup>
goud	Au	79	196,967	1337	3129	19,3	2,5	144		137 <sup>1+</sup> ; 85 <sup>3+</sup>
hafnium	Hf	72	178,49	2506	4876	13,3	1,3	157		76 <sup>4+</sup>
hassium	Hs	108	(269)							
helium	He	2	4,0026	1,5 <sup>6</sup>	4,2	1,64 · 10 <sup>-4</sup>			99	
holmium	Ho	67	164,930	1745	2973	8,80	1,2	174		90 <sup>3+</sup>
ijzer	Fe	26	55,845	1811	3134	7,87	1,8	126		76 <sup>2+</sup> ; 64 <sup>3+</sup>
indium	In	49	114,818	430	2345	7,31	1,8	166		81 <sup>3+</sup>
iridium	Ir	77	192,217	2719	4701	22,6 <sup>293K</sup>	2,2	135		63 <sup>4+</sup> ; 68 <sup>3+</sup>
jood	I <sub>2</sub>	53	126,9045	387	458	4,93	2,7	133	215	219 <sup>1-</sup>
kalium	K	19	39,098	337	1032	0,89	0,8	231		133 <sup>1+</sup>
kobalt	Co	27	58,9332	1768	3200	8,86	1,9	125		74 <sup>2+</sup> ; 63 <sup>3+</sup>
koolstof	C (grafiet)	6	12,01115	3823	4098 <sup>s</sup>	2,2	2,5	77	185	260 <sup>4-</sup>
koper	Cu	29	63,546	1358	2835	8,96	1,9	128		96 <sup>1+</sup> ; 69 <sup>2+</sup>
krypton	Kr	36	83,798	116 <sup>772,2RPa</sup>	120	3,43 · 10 <sup>-3</sup>			197	
kwik	Hg	80	200,59	234	630	13,5336	2,0	152		127 <sup>1+</sup> ; 110 <sup>2+</sup>
lanthaan	La	57	138,906	1193	3737	6,15	1,1	188		115 <sup>3+</sup>
lawrencium	Lr	103	(262)	1900			1,3			88 <sup>3+</sup>
lithium	Li	3	6,941	454	1615	0,534	1,0	152		68 <sup>1+</sup>
livormorium	Lv	116	(293)							
lood	Pb	82	207,2	601	2022	11,3	2,3	175		120 <sup>2+</sup> ; 84 <sup>4+</sup>
lutetium	Lu	71	174,967	1936	3675	9,84	1,3	172		86 <sup>3+</sup>
magnesium	Mg	12	24,305	923	1363	1,74	1,3	160		65 <sup>2+</sup>
mangaan	Mn	25	54,938	1519	2334	7,3	1,6	129		80 <sup>2+</sup> ; 60 <sup>4+</sup>
meitnerium	Mt	109	(278)							
mendelevium	Md	101	(258)	1100						90 <sup>3+</sup> ; 110 <sup>2+</sup>
molybdeen	Mo	42	95,94	2896	4912	10,2	2,1	136		68 <sup>4+</sup>
moscovium	Mc	115	(288)							
natrium	Na	11	22,9898	371	1156	0,97	0,9	186		98 <sup>1+</sup>
neodymium	Nd	60	144,242	1289	3347	7,01	1,1	181		98 <sup>3+</sup>
neon	Ne	10	20,180	25 <sup>743 RPa</sup>	27	8,25 · 10 <sup>-4</sup>			160	
neptunium	Np	93	(237)	917	4,2 · 10 <sup>3</sup>	20,2	1,4	155		75 <sup>5+</sup> ; 101 <sup>3+</sup>

vervolg ▶







naam <sup>1</sup>	symbool formule	atoom- nummer	relatieve atoommassa <sup>2</sup>	smeltpunt $p = p_0$	kookpunt $p = p_0$	dichtheid $T = 298 \text{ K}$ $p = p_0$	elektro- negativiteit <sup>3</sup>	atoom- straal	vander- waals- straal	ionstraal en ionlading
				K	K	$10^3 \text{ kg m}^{-3}$		$10^{-12} \text{ m}$	$10^{-12} \text{ m}$	$10^{-12} \text{ m}$
titaan	Ti	22	47,867	1941	3560	4,506	1,5	146		$90^{2+}; 68^{4+}$
ununennium	Uue <sup>1</sup>	119								
uraan	U	92	238,029	1408	4404	19,1	1,4	138		$73^{6+}; 103^{3+}$
vanaadium	V	23	50,942	2183	3680	6,0	1,6	131		$88^{2+}$
waterstof	H <sub>2</sub>	1	1,00795	14	20,4	$8,2 \cdot 10^{-5}$	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 <sup>1,8;2,1Pa</sup>	165	$5,37 \cdot 10^{-3}$			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 <sub>2</sub>	8	15,9994	54	90	$1,31 \cdot 10^{-3}$	3,5	66	140	$146^{2-}$
	O <sub>3</sub> (ozon)			80	162	$1,96 \cdot 10^{-3}$				
zwavel	S <sub>8</sub> (monoklien)	16	32,065	388	718	2,00	2,6	104	185	$190^{2-}$

■ Ionstraal van  $\text{NH}_4^+$ :  $142 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ .

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 isotoopenmengsel, behalve wanneer een waarde tussen ronde haken staat.

Zo'n waarde is het massagetal van de isotoop met de langste halveringstijd; zie ook tabel 2.5 voor de afzonderlijke isotopen.

3 ▶ In H<sub>2</sub> is de atoomstraal  $37 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  en in F<sub>2</sub> is deze  $71 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ .

4 ▶ Bij het kookpunt bestaat arsendamp uit moleculen As<sub>3</sub>, seleendamp uit moleculen Se<sub>2</sub>, en grotere moleculen, antimoondamp uit moleculen Sb<sub>2</sub> en Sb<sub>3</sub>, en telluurdamp uit moleculen Te<sub>2</sub>.

5 ▶ sublimatiepunt

6 ▶ bij  $2,6 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ ; smelttraject

7 ▶ triepunt bij ... Pa

8 ▶ elektronegativiteit volgens Pauling



naam	jaartal en ontdekker	herkomst van de naam	komt voor in ... /bereiding	massa% in lithosfeer
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)	$^{239}\text{Pu}$ (2n, $\gamma$ ) $^{241}\text{Pu} \rightarrow$ $^{241}\text{Am}$	
antimoon	oudheid	la. <i>stibium</i> , ar. al-uthmud = spieglans	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	$^{241}\text{Am}$ ( $\alpha$ , 2n) $^{243}\text{Bk}$	
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	$^{209}\text{Bi}$ ( $^{51}\text{Cr}$ , n) $^{262}\text{Bh}$	
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/galmef	$2,0 \cdot 10^{-5}$
calcium	1755 Black; 1808 Davy	la. <i>calx</i> = kalk	kalksteen (diverse vormen), schelpen	4,2
californium	1950 Thompson e.a., Berkeley	naar Californië	$^{242}\text{Cm}$ ( $\alpha$ , n) $^{245}\text{Cf}$	
cerium	1803 Klaproth; Berzelius/Hisinger; 1825 Mosander	naar planetoïde 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	$1,0 \cdot 10^{-4}$
chlor	1774 Scheele; 1807 Davy	gr. <i>chloros</i> = geelgroen	zeewater, sylvien, (steen)zout	0,013
chrom	1798 Vauquelin	gr. <i>chroma</i> = kleur	chromiet, chroomoker, roodlooderts	0,010
copernicium	1996 Hofmann e.a. Darmstadt	naar Nicolaas Copernicus	$^{208}\text{Pb}$ ( $^{70}\text{Zn}$ , n) $^{277}\text{Cn}$	
curium	1944 Seaborg e.a., Chicago	naar Marie en Pierre Curie	$^{239}\text{Pu}$ ( $\alpha$ , n) $^{242}\text{Cm}$	
darmstadium	1944 Armbruster e.a. Darmstadt	naar Darmstadt, Duitsland	$^{208}\text{Pb}$ ( $^{62}\text{Ni}$ , n) $^{266}\text{Ds}$	
dubnium	1967 Flerov e.a. Dubna; 1970 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Dubna, Rusland	$^{243}\text{Am}$ ( $^{22}\text{Ne}$ , 4n) $^{261}\text{Db}$ / $^{249}\text{Cf}$ ( $^{14}\text{N}$ , 4n) $^{260}\text{Db}$	
dysprosium	1886 Boisbaudran	gr. <i>dysprosios</i> = moeilijk te verkrijgen	monazietaarde	$3,0 \cdot 10^{-4}$
einsteinium	1952 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Albert Einstein	$^{238}\text{U}$ (15n, $\gamma$ ) $^{253}\text{U} \rightarrow$ $^{253}\text{Es}$	
erbium	1842 Mosander; 1934 Klemen/Bommer	naar Ytterby, Zweden	monazietaarde	$2,8 \cdot 10^{-4}$
europium	1896 Demarçay; 1897 Boisbaudran	myth. Europa en Zeus: Eu in spectrum van ruw Sm	monazietaarde	$1,2 \cdot 10^{-4}$
fermium	1952 Ghiorso e.a., Berkeley	naar Enrico Fermi	$^{238}\text{U}$ (17n, $\gamma$ ) $^{255}\text{U} \rightarrow$ $^{255}\text{Fm}$	
flerovium	1999 team Flerov laboratoria, Dubna	naar Georgy Flerov	$^{244}\text{Pu}$ ( $^{48}\text{Ca}$ , 3n) $^{289}\text{Fl}$	

vervolg



naam	jaartal en ontdekker	herkomst van de naam	komt voor in ... /bereiding	massa% in lithosfeer
fluor	1771 Scheele; 1886 Moissan	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; Boisbau dran	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	$^{208}\text{Bi}$ ( $^{208}\text{Fe}$ , n) $^{263}\text{Hs}$	
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	monaziettaarde	$1,2 \cdot 10^{-4}$
ijzer	oudheid	kt. <i>isarno</i> = kracht; la. <i>ferrum</i>	ijzerertsen	5,6
indium	1863 Reich/Richter; 1867 Winkler	indigo: spectraallijn	zinkblendes, 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> = $\text{K}_2\text{CO}_3$ , <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>Kuppos</i> = Cyprus	gedegen, koperertsen	$5,5 \cdot 10^{-3}$
krypton	1898 Ramsay/Travers	gr. <i>kruptos</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	monaziettaarde, lanthaniet	$3,0 \cdot 10^{-3}$
lawrencium	1959 Ghiorso e. a., Berkeley	naar Ernest O. Lawrence	$^{260}\text{Cf}$ ( $^{10}\text{B}$ , 2n) $^{258}\text{Lr}$	
lithium	1817 Arfvedson; 1818 Brandé/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 $^{248}\text{Cm}$ ( $^{48}\text{Ca}$ , 3n) $^{292}\text{Lv}$		
lood	oudheid	kt. <i>lous</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	monaziettaarde	$5,0 \cdot 10^{-5}$
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	$^{209}\text{Bi}$ ( $^{68}\text{Fe}$ , n) $^{266}\text{Mt}$	
mendelevium	1955 Ghiorso e. a., Berkeley	naar Dmitri Ivanovitsj Mendelejev	$^{253}\text{Es}$ ( $\alpha$ , n) $^{256}\text{Md}$	
molybdeen	1778 Scheele; 1781 Hjelrn	gr. <i>molybdaina</i> = op lood gelijkend erts	molybdeenglans, wulfeniet	$1,5 \cdot 10^{-4}$



moscovium	2004 Joint Institute for Nuclear Research in Dubna (reg. Moskou, Rusland), Berkeley National Laboratory en Oak Ridge National Laboratory	naar de regio Moskou in Rusland	fusie van americium-243 en calcium-48	
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	$^{238}\text{U}$ (n, $\gamma$ ) $^{239}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Np}$	
nihonium	2004 RIKEN-instituut (Japan)	naar Japan = Nihon	fusie van zinkkernen met bismuthkernen	
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	$^{246}\text{Cm}$ ( $^{12}\text{C}$ , 4n) $^{254}\text{No}$	
oganesson	2006 Joint Institute for Nuclear Research, Lawrence Livermore National Laboratory	naar prof. Youri Oganessian	uit californium-249 en calcium-48	
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 planetoid Pallas, ontdekt in 1802	gedegen, nikkelertsen	$1,0 \cdot 10^{-6}$
platina	1735 de Ulloa; 1750 Watson; 1803 Wollaston	sp. <i>platina</i> = zilver, geld, rijkdom	gedegen, nikkelertsen	$5 \cdot 10^{-7}$
plutonium	1940 Seaborg e.a.; Berkeley	naar de planeet Pluto	$^{238}\text{U}$ ( $^2\text{H}$ , 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>praseodidamos</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>radium</i> = straal	uraanertsen	$9 \cdot 10^{-11}$
radon	1900 Dorn; 1902 Rutherford/Soddy; 1910 Ramsay	gr. <i>radon</i> = straal	uraanertsen	$4 \cdot 10^{-17}$
renium	1925 Walther en Ida Noddack/Berg	naar la. <i>Rhenus</i> = Rijn	platinaertsen	$5 \cdot 10^{-7}$
rhodium	1803 Wollaston	gr. <i>rhodois</i> = rooskleurig	Pt- en Ni-ertsen	$1 \cdot 10^{-7}$
roentgenium	1994 Hofmann, Darmstadt	naar Wilhelm Röntgen	$^{209}\text{Bi}$ ( $^{64}\text{Ni}$ , n) $^{273}\text{Rg}$	
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	$^{242}\text{Pu}$ ( $^{22}\text{Ne}$ , 4n) $^{260}\text{Rf}$ / $^{249}\text{Cf}$ ( $^{12}\text{C}$ , 4n) $^{257}\text{Rf}$	
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	$^{249}\text{Cf}$ ( $^{18}\text{O}$ , 4n) $^{268}\text{Sg}$ / $^{208}\text{Pb}$ ( $^{54}\text{Cr}$ ) $^{260}\text{Sg}$	
seleen	1817 Berzelius/Gahn	gr. <i>Selene</i> = maan	pyriet, berzelianiet	$5,0 \cdot 10^{-6}$



naam	jaartal en ontdekker	herkomst van de naam	komt voor in ... /bereiding	massa% in lithosfeer
silicium	oudheid; 1823 Berzelius; 1854 Sainte ClaireDeville	la. <i>silix</i> = kiezel/vuursteen	zand, kwarts, kiezel	28
stikstof	1772 Rutherford; 1850 Lavoisier e.a.	la. <i>nitrogenium</i> = salpetervormer; 'stik'stof	lucht, salpeter, eiwitte	$2,0 \cdot 10^{-3}$
strontium	1790 Crawford; 1793 Klaproth; 1808 Davy	naar Strontian, Schotland	strontianiet, coelestien	0,037
tantaal	1802 Ekeberg; 1866 de Marignac	naar Tantalus: zoutvorming bleek 'kwellend'	in ertsen samen met Nb	$2,0 \cdot 10^{-4}$
technetium	1937 Perrier/Segrè	gr. <i>technetos</i> = kunstmatig	spijtingsproduct van U, S-sterren	$1 \cdot 10^{-7}$
telluur	1782 Müller v. Reichenstein; 1798 Klaproth	naar Tellus, godin van de aarde	als element, pyriet, telluriet	
tennessine	2010 Joint Institute for Nuclear Research in Dubna, Berkeley National Laboratory, Oak Ridge National Laboratory (regio Tennessee)	naar de regio Tennessee	uit berkelium-249 en calcium-48	
terbium	1843 Mosander	naar Ytterby, Zweden	monaziettaarde	$9,0 \cdot 10^{-5}$
thallium	1861 Crookes/Lang; 1862 Lamy	gr. <i>thallos</i> = spectraallijn	vlegas bij roosten van ZnS en PbS	$4,5 \cdot 10^{-5}$
thorium	1828 Berzelius	naar Thor, Scandinavische god van de oorlog	uraanertsen, thorianiet, thorie	$9,6 \cdot 10^{-4}$
thulium	1879 Cleve	naar la. <i>Thule</i> = Noorderland, Scandinavië	monaziettaarde	$4,8 \cdot 10^{-5}$
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
uraan	1789 Klaproth; 1841 Péligot	naar de planeet Uranus, ontdekt in 1781	uraanertsen, pekkblende	$2,7 \cdot 10^{-4}$
vanadium	1801 del Rio; 1831 Sefström	naar Vanadis: godin van schoonheid	vanadinit	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 = wolfschuijm; <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	monaziettaarde	$3,0 \cdot 10^{-4}$
yttrium	1843 Mosander; 1935 West/Hopkins	naar Ytterby, Zweden	monaziettaarde, yttriumspaat	$3,3 \cdot 10^{-3}$
zilver	oudheid	la. <i>argentum</i> = helder wit = od. <i>silbar</i>	gedegen, zilverters	$7,0 \cdot 10^{-6}$
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>zangun</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>seveval</i> = koper'vijand'	vuulkaanafzettingen, 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

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

$\text{H}^+$	34,965	$\text{OH}^-$	19,8
$\text{Li}^+$	3,866	$\text{F}^-$	5,54
$\text{Na}^+$	5,008	$\text{Cl}^-$	7,631
$\text{K}^+$	7,348	$\text{Br}^-$	7,81
$\text{NH}_4^+$	7,35	$\text{I}^-$	7,68
$\text{Ag}^+$	6,19	$\text{NO}_3^-$	7,142
$\frac{1}{2} \text{Mg}^{2+}$	5,30	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	4,09
$\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+}$	5,947	$\text{ClO}_4^-$	6,73
$\frac{1}{2} \text{Sr}^{2+}$	5,94	$\frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$	8,00
$\frac{1}{2} \text{Ba}^{2+}$	6,36		
$\frac{1}{2} \text{Pb}^{2+}$	7,1		

temperatuur in K bij  $p = p_0$

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

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

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

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

1 ▶ sublimatiepunt

2 ▶ ontleedt

3 ▶ explodeert



temperatuur in K bij  $p = p_0$

	smeltpunt	kookpunt
<b>• alkanen</b>		
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
<b>• cycloalkanen</b>		
cyclopropaan	146	240
cyclobutaan	182	286
cyclopentaan	180	322
cyclohexaan	280	354
<b>• alkenen</b>		
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
<b>• alkynen</b>		
ethyn (acetyleen)		188 <sup>1</sup>
propyn	170	250
but-1-yn	147	281
but-2-yn	241	300
pent-1-yn	183	313
hex-1-yn	141	344
<b>• aromatische kookwaterstoffen</b>		
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
<b>• alcoholen en fenolen</b>		
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
<b>• ethers</b>		
methoxymethaan	132	248
methoxyethaan	160	281
ethoxyethaan (ether)	157	308
1-methoxybutaan	157	343
methoxybenzeen (anisol)	236	427
<b>• aldehyden en ketonen</b>		
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
<b>• carbonzuren</b>		
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 <sup>▶2</sup>	
2-hydroxypropaanzuur (melkzuur)	326	376
hexadecaanzuur (palmitinezuur)	336	625
octadecaanzuur (stearinezuur)	342	623 <sup>▶2</sup>
<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 <sup>▶1</sup>	463 <sup>▶2</sup>
• <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>		
ethaanitril	229	355
propaanitril	180	370
butaanitril	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 [ <i>N</i> -methylmethaanamine]	181	280
trimethylamine [ <i>N,N</i> -dimethylmethaanamine]	156	276

1 ▶ sublimatiepunt

2 ▶ ontleedt

	<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

## 43 Dichtheden en molariteiten

### A Veel gebruikte oplossingen

bij 298 K

	<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>		<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>
	%	kg L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>		%	kg L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>
zwavelzuur- oplossing	98,0	1,832	18,32	ammonia	32,0	0,883	16,6
	17,5	1,118	2,00		25,0	0,904	13,3
	9,26	1,059	1,00		7,04	0,968	4,00
	4,77	1,029	0,500		3,47	0,982	2,00
	0,976	1,0047	0,100		0,171	0,997	0,100
	0,490	1,0016	0,0500	natronloog	13,9	1,150	4,00
zoutzuur	36,0	1,178	11,63		7,42	1,079	2,00
	13,7	1,065	4,00		3,85	1,040	1,00
	7,06	1,032	2,00		0,398	1,005	0,100
	3,60	1,015	1,00	kaliloog	19,1	1,179	4,00
	0,364	1,002	0,100		10,3	1,092	2,00
salpeterzuur- oplossing	65,0	1,385	14,29		5,36	1,046	1,00
	22,4	1,127	4,00	0,558	1,005	0,100	
	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				

### B Handelsoplossingen

bij 293 K

	<i>massaprocent</i>	<i>dichtheid</i>	<i>molariteit</i>
	%	kg L <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>
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
verzadigd kalkwater	0,15	1,0	0,020
geconcentreerd natronloog	7,5	1,1	2,0

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

<i>tempe- ratuur</i>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	HCl	HBr	NH <sub>3</sub>
K	10 <sup>-3</sup> molL <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> molL <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> molL <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> molL <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> molL <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> molL <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup> molL <sup>-1</sup>	molL <sup>-1</sup>	molL <sup>-1</sup>	molL <sup>-1</sup>	molL <sup>-1</sup>
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.

oplosbaarheid in 10<sup>-3</sup> L O<sub>2</sub>(g) per liter water;  $p = p_0$

<i>concentratie Cl<sup>-</sup></i>	<i>temperatuur in K</i>						
g L <sup>-1</sup>	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.

## A Zouten in water: schematisch overzicht

oplosbaarheid bij kamertemperatuur

positieve ionen	negatieve ionen												
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	OH <sup>-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	O <sup>2-</sup>
Na <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	g	g	g	g	r
K <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	g	g	g	g	r
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	i	g	r	r	i
Mg <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	s	r	s	m	m	s	s
Al <sup>3+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	s	r	r	s	s
Fe <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	m	s	s	s	s	s	s
Zn <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	s	s	s	s	s	s
Fe <sup>3+</sup>	g	g	g	g	r	g	m	r	s	r	r	s	s
Cu <sup>2+</sup>	g	g	g	g	r	g	g	s	s	s	s	s	s
Ca <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	m	s	r	m	s	s	s	r
Ba <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	s	m	r	g	s	s	s	r
Hg <sup>2+</sup>	g	g	g	m	s	r	r	s	i	r	s	s	s
Pb <sup>2+</sup>	g	g	m	m	s	s	m	s	s	s	s	s	s
Hg <sup>+</sup> (Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> )	g	m	s	s	s	s	r	s	i	s	s	s	s
Ag <sup>+</sup>	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 molL<sup>-1</sup>)

m = matig oplosbaar in water (minder dan ca. 0,1 molL<sup>-1</sup> en meer dan ca. 0,01 molL<sup>-1</sup>)

s = slecht oplosbaar in water (minder dan ca. 0,01 molL<sup>-1</sup>)

i = instabiel

r = reageert in water

- Opgelost S<sup>2-</sup> reageert aflopend tot HS<sup>-</sup>

## B

## Zouten in water: kwantitatieve gegevens

oplosbaarheid bij 298 K

	$\frac{\text{mol}}{\text{kg water}}$	$\frac{\text{g}}{\text{kg water}}$		$\frac{\text{mol}}{\text{kg water}}$	$\frac{\text{g}}{\text{kg water}}$
AgNO <sub>3</sub>	1,38 · 10 <sup>1</sup>	2,34 · 10 <sup>3</sup>	KBr	5,70	6,78 · 10 <sup>2</sup>
AlCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	2,48	5,98 · 10 <sup>2</sup>	KCN	1,10 · 10 <sup>1</sup>	7,18 · 10 <sup>2</sup>
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	1,13	3,85 · 10 <sup>2</sup>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8,06	1,11 · 10 <sup>3</sup>
BaCl <sub>2</sub>	1,78	3,70 · 10 <sup>2</sup>	KCl	4,77	3,55 · 10 <sup>2</sup>
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,92 · 10 <sup>-1</sup>	1,03 · 10 <sup>2</sup>	KClO <sub>3</sub>	7,03 · 10 <sup>-1</sup>	8,61 · 10 <sup>1</sup>
Ba(OH) <sub>2</sub> · 8H <sub>2</sub> O	2,75 · 10 <sup>-1</sup>	8,68 · 10 <sup>1</sup>	KF	1,75 · 10 <sup>1</sup>	1,02 · 10 <sup>3</sup>
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	1,22	3,06 · 10 <sup>2</sup>	K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	1,48	4,88 · 10 <sup>2</sup>
FeCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	3,76	7,44 · 10 <sup>2</sup>	K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> · 3H <sub>2</sub> O	8,31 · 10 <sup>-1</sup>	3,51 · 10 <sup>2</sup>
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	1,56	4,34 · 10 <sup>2</sup>	KHCO <sub>3</sub>	3,62	3,62 · 10 <sup>2</sup>
HgCl <sub>2</sub>	2,69 · 10 <sup>-1</sup>	7,31 · 10 <sup>1</sup>	KHSO <sub>4</sub>	3,72	5,06 · 10 <sup>2</sup>
KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 12H <sub>2</sub> O	3,81 · 10 <sup>-1</sup>	1,81 · 10 <sup>2</sup>	KI	8,92	1,48 · 10 <sup>3</sup>

vervolg ▶

	$\frac{\text{mol}}{\text{kg water}}$	$\frac{\text{g}}{\text{kg water}}$		$\frac{\text{mol}}{\text{kg water}}$	$\frac{\text{g}}{\text{kg water}}$
KNO <sub>3</sub>	3,79	$3,83 \cdot 10^2$	NaHCO <sub>3</sub>	1,22	$1,03 \cdot 10^2$
KOH	$2,15 \cdot 10^1$	$1,21 \cdot 10^3$	NaHSO <sub>4</sub>	5,26	$6,32 \cdot 10^2$
KSCN	$2,45 \cdot 10^1$	$2,38 \cdot 10^3$	NaI	$1,23 \cdot 10^1$	$1,84 \cdot 10^3$
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$6,88 \cdot 10^{-1}$	$1,20 \cdot 10^2$	NaNO <sub>2</sub>	$1,23 \cdot 10^1$	$8,48 \cdot 10^2$
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	3,60	$7,31 \cdot 10^2$	NaNO <sub>3</sub>	$1,07 \cdot 10^1$	$9,12 \cdot 10^2$
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2,16	$5,32 \cdot 10^2$	NaOH	$2,50 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^3$
NH <sub>4</sub> Cl	7,39	$3,96 \cdot 10^2$	Na <sub>2</sub> S	2,64	$2,06 \cdot 10^2$
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	$2,65 \cdot 10^1$	$2,13 \cdot 10^3$	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	1,46	$4,70 \cdot 10^2$
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,78	$7,64 \cdot 10^2$	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	3,37	$8,35 \cdot 10^2$
NaBr	9,19	$9,46 \cdot 10^2$	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,80	$5,97 \cdot 10^2$
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O	2,90	$8,29 \cdot 10^2$	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2,46	$7,09 \cdot 10^2$
NaCl	6,15	$3,60 \cdot 10^2$			

- 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.

oplosbaarheid bij kamertemperatuur in verschillende oplosmiddelen

	<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 <sup>1</sup>
jood	s <sup>2</sup>	g	g <sup>1</sup>	g	g
koolstofdisulfide	s	∞	m	∞	
paraffine	–	s	s	m	g <sup>1</sup>
octadecaanzuur (stearinezuur)	–	g	g	g <sup>1</sup>	m
zwavel (rombisch)	–	s	s	s	g <sup>1</sup>

- 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 I<sub>3</sub><sup>-</sup>-ionen

bij 298 K

	<i>oplosbaarheids-</i> <i>product</i>		<i>oplosbaarheids-</i> <i>product</i>		
	$K_s$	$pK_s$	$K_s$	$pK_s$	
AgBr	$5,4 \cdot 10^{-13}$	12,27	Cu <sub>2</sub> O	$2 \cdot 10^{-15}$	14,7
AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$	9,74	CuS	$8 \cdot 10^{-37}$	36,1
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$8,5 \cdot 10^{-12}$	11,07	Fe(OH) <sub>2</sub>	$4,9 \cdot 10^{-17}$	16,31
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,96	Fe(OH) <sub>3</sub>	$2,8 \cdot 10^{-39}$	38,55
AgI	$8,5 \cdot 10^{-17}$	16,07	FeS	$8 \cdot 10^{-19}$	18,1
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$8,9 \cdot 10^{-17}$	16,05	HgS	$1 \cdot 10^{-53}$	53,0
Ag <sub>2</sub> S	$8 \cdot 10^{-51}$	50,1	MgCO <sub>3</sub>	$6,8 \cdot 10^{-6}$	5,17
AgSCN	$1,0 \cdot 10^{-12}$	12,00	Mg(OH) <sub>2</sub>	$5,6 \cdot 10^{-12}$	11,25
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$1,2 \cdot 10^{-5}$	4,92	MnS	$3 \cdot 10^{-14}$	13,50
Al(OH) <sub>3</sub>	$3 \cdot 10^{-34}$	33,50	PbBr <sub>2</sub>	$6,6 \cdot 10^{-6}$	5,18
AlPO <sub>4</sub>	$9,8 \cdot 10^{-21}$	20,01	PbCl <sub>2</sub>	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,77
BaCO <sub>3</sub>	$2,6 \cdot 10^{-9}$	8,59	PbCO <sub>3</sub>	$7,4 \cdot 10^{-14}$	13,13
BaCrO <sub>4</sub>	$1,2 \cdot 10^{-10}$	9,92	PbCrO <sub>4</sub>	$3 \cdot 10^{-13}$	12,5
BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96	PbI <sub>2</sub>	$9,8 \cdot 10^{-9}$	8,01
CaCO <sub>3</sub>	$4,7 \cdot 10^{-9}$	8,33	Pb(OH) <sub>2</sub>	$1,4 \cdot 10^{-20}$	19,85
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,3 \cdot 10^{-9}$	8,64	PbS	$3 \cdot 10^{-28}$	27,5
CaF <sub>2</sub>	$3,5 \cdot 10^{-11}$	10,46	PbSO <sub>4</sub>	$2,5 \cdot 10^{-8}$	7,60
Ca(OH) <sub>2</sub>	$5,0 \cdot 10^{-6}$	5,30	SnS	$1 \cdot 10^{-25}$	25,0
CaSO <sub>4</sub>	$4,9 \cdot 10^{-5}$	4,31	SrSO <sub>4</sub>	$3,4 \cdot 10^{-7}$	6,47
Cr(OH) <sub>3</sub>	$6 \cdot 10^{-31}$	30,2	ZnCO <sub>3</sub>	$1,5 \cdot 10^{-10}$	9,82
CuI	$1,3 \cdot 10^{-12}$	11,89	Zn(OH) <sub>2</sub>	$3 \cdot 10^{-17}$	16,5
Cu(OH) <sub>2</sub>	$1,6 \cdot 10^{-19}$	18,80	ZnS	$3 \cdot 10^{-23}$	22,5

bij 298 K

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

evenwichtsreactie <sup>1</sup>		dissociatieconstante	
		$K_d$	$pK_d$
$\text{Ag}(\text{CN})_2^-$	$\rightleftharpoons \text{AgCN}(\text{s}) + \text{CN}^-$	$4 \cdot 10^{-6}$	5,4
$\text{AgCl}_2^-$	$\rightleftharpoons \text{AgCl}(\text{s}) + \text{Cl}^-$	$2 \cdot 10^4$	-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
$\text{AlF}_6^{3-}$	$\rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 6 \text{F}^-$	$2 \cdot 10^{-20}$	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
$\text{CuCl}_4^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4 \text{Cl}^-$	$2,4 \cdot 10^{-6}$	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
$\text{FeSCN}^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^-$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,96
$\text{HgI}_4^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{HgI}_2(\text{s}) + 2 \text{I}^-$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	6,00
$\text{I}_3^-$	$\rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{I}^-$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	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

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

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

1 ► In deze reactievergelijkingen zijn de eventuele  $\text{H}_2\text{O}$ -liganden steeds weggelaten.



standaardelektrodepotentiala 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- elektrodepotentiala</i>
$\text{F}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{F}^-$	+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
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	+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
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-$	+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
$\text{Br}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{Br}^-$	+1,09
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{Br}^-$	+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
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{OH}^-$	+0,95
$\text{NO}_3^- + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,93
$\text{Hg}^{2+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Hg}^+ \text{ } \blacktriangleright^1$	+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
$\text{Hg}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Hg}(\text{l}) \text{ } \blacktriangleright^3$	+0,80
$\text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g}) \text{ } \blacktriangleright^2 + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,80
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	+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
$\text{MnO}_4^- + \text{e}^-$	$\rightleftharpoons \text{MnO}_4^{2-}$	+0,56
$\text{I}_2 + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	+0,54
$\text{I}_2(\text{s}) + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	+0,54
$\text{I}_3^- + 2 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 3 \text{I}^-$	+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
$\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{e}^-$	$\rightleftharpoons 4 \text{OH}^-$	+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- elektrodepotential</i>
HgCl(s) + e <sup>-</sup>	⇌ Hg(l) + Cl <sup>-</sup> ▶ <sup>4</sup>	+0,27
AgCl(s) + e <sup>-</sup>	⇌ Ag(s) + Cl <sup>-</sup>	+0,22
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + 4 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ SO <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O(l) ▶ <sup>5</sup>	+0,17
Cu <sup>2+</sup> + e <sup>-</sup>	⇌ Cu <sup>+</sup>	+0,15
Mn(OH) <sub>3</sub> (s) + e <sup>-</sup>	⇌ Mn(OH) <sub>2</sub> (s) + OH <sup>-</sup>	+0,15
MnO <sub>2</sub> (s) + H <sub>2</sub> O(l) + e <sup>-</sup>	⇌ MnO(OH)(s) + OH <sup>-</sup>	+0,15
2 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + 3 H <sub>2</sub> O(l) + 4 e <sup>-</sup>	⇌ N <sub>2</sub> O(g) + 6 OH <sup>-</sup>	+0,15
Sn <sup>4+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Sn <sup>2+</sup>	+0,15
S(s) + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ H <sub>2</sub> S(g)	+0,14
S <sub>4</sub> O <sub>6</sub> <sup>2-</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ 2 S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	+0,10
N <sub>2</sub> (g) + 6 H <sup>+</sup> + 6 e <sup>-</sup>	⇌ 2 NH <sub>3</sub>	+0,09
HCOOH + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ H <sub>2</sub> CO + H <sub>2</sub> O(l)	+0,08
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + H <sub>2</sub> O(l) + 2 e <sup>-</sup>	⇌ NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + 2 OH <sup>-</sup> ▶ <sup>6</sup>	+0,01
2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ H <sub>2</sub> (g)	0
S(s) + H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ HS <sup>-</sup>	-0,06
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> + H <sub>2</sub> O(l) ▶ <sup>5</sup>	-0,09
Pb <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Pb(s)	-0,13
Sn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Sn(s)	-0,14
Ni <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Ni(s)	-0,26
Co <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Co(s)	-0,28
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O	-0,28
PbSO <sub>4</sub> (s) + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Pb(s) + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,36
Cd <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Cd(s)	-0,40
Fe <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Fe(s)	-0,45
S(s) + H <sub>2</sub> O(l) + 2 e <sup>-</sup>	⇌ HS <sup>-</sup> + OH <sup>-</sup>	-0,48
2 CO <sub>2</sub> (g) + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-0,49
Ni(OH) <sub>2</sub> (s) + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Ni(s) + 2 OH <sup>-</sup>	-0,72
Cr <sup>3+</sup> + 3 e <sup>-</sup>	⇌ Cr(s)	-0,74
Zn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Zn(s)	-0,76
Cd(OH) <sub>2</sub> (s) + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Cd(s) + 2 OH <sup>-</sup>	-0,81
2 H <sub>2</sub> O(l) + 2 e <sup>-</sup>	⇌ H <sub>2</sub> (g) + 2 OH <sup>-</sup>	-0,83
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + H <sub>2</sub> O(l) + 2 e <sup>-</sup>	⇌ SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> + 2 OH <sup>-</sup> ▶ <sup>5</sup>	-0,93
Zn(OH) <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Zn(s) + 4 OH <sup>-</sup>	-1,20
Al <sup>3+</sup> + 3 e <sup>-</sup>	⇌ Al(s)	-1,66
Al(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 3 e <sup>-</sup>	⇌ Al(s) + 4 OH <sup>-</sup>	-2,33
Mg <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Mg(s)	-2,37
Mg(OH) <sub>2</sub> (s) + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Mg(s) + 2 OH <sup>-</sup>	-2,69
Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	⇌ Na(s)	-2,71
Ca <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Ca(s)	-2,87
Ba <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>	⇌ Ba(s)	-2,91
K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	⇌ K(s)	-2,93
Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	⇌ 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.

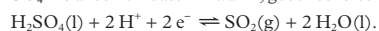
1 ▶ eigenlijk:  $2 \text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$

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

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

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

5 ▶ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> is alléén oxidator in warm, geconcentreerd H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> volgens:



6 ▶ Treedt alleen op onder invloed van enzymen.

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

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

vervolg ▶

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
$\text{H}_2\text{AsO}_4^-$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	6,76	$\text{HAsO}_4^{2-}$	$5,8 \cdot 10^{-8}$	7,24
$\text{H}_2\text{S}$	$8,9 \cdot 10^{-8}$	7,05	$\text{HS}^-$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	6,95
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21	$\text{HPO}_4^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
$\text{HSO}_3^-$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21	$\text{SO}_3^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
$\text{HClO}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	7,40	$\text{ClO}^-$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	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
$\text{HBrO}$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	8,55	$\text{BrO}^-$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	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
$\text{HCN}$	$6,1 \cdot 10^{-10}$	9,21	$\text{CN}^-$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,79
$\text{H}_3\text{AsO}_3$	$6,0 \cdot 10^{-10}$	9,22	$\text{H}_2\text{AsO}_3^-$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	4,78
$\text{NH}_4^+$	$5,6 \cdot 10^{-10}$	9,25	$\text{NH}_3$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
$\text{H}_3\text{BO}_3$	$5,4 \cdot 10^{-10}$	9,27	$\text{H}_2\text{BO}_3^-$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	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
$\text{HCO}_3^-$	$4,7 \cdot 10^{-11}$	10,33	$\text{CO}_3^{2-}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	3,67
$\text{HIO}$	$2,3 \cdot 10^{-11}$	10,64	$\text{IO}^-$	$4,4 \cdot 10^{-4}$	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
$\text{HAsO}_4^{2-}$	$5,1 \cdot 10^{-12}$	11,29	$\text{AsO}_4^{3-}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	2,71
$\text{H}_2\text{O}_2$	$2,4 \cdot 10^{-12}$	11,62	$\text{HO}_2^-$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	2,38
$\text{HC}_6\text{H}_4\text{O}_6^- (\text{HAz}^-)$	$1,8 \cdot 10^{-12}$	11,75	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_6^{2-} (\text{Az}^{2-})$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	2,25
$\text{HPO}_4^{2-}$	$4,8 \cdot 10^{-13}$	12,32	$\text{PO}_4^{3-}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	1,68
$\text{H}_2\text{O}$			$\text{OH}^-$		
$\text{HS}^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{S}^{2-}$	$\gg 1$	$< 0$
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{O}^-$	$\gg 1$	$< 0$
$\text{H}_2$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{H}^-$	$\gg 1$	$< 0$
$\text{NH}_3$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{NH}_2^-$	$\gg 1$	$< 0$
$\text{OH}^-$	$\ll 10^{-14}$	$> 14$	$\text{O}^{2-}$	$\gg 1$	$< 0$

## 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> $K_{\text{solv}}$	$pK_{\text{solv}}$
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 (aasaan)	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:

$$K_p = K_p' p_R^{(q+r-m-n)} \text{ met } K_p' = \frac{p'^q_C p'^r_D}{p'^m_A p'^n_B}$$

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 *partiele* evenwichtsdruck 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.

## A Zuur-base-indicatoren

	<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 <sup>1</sup>	rood	0,0 – 1,0	geel
kristalviolet	geel	0,0 – 1,8	blauw
thymolblauw <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>1</sup>	geel	7,0 – 8,8	rood
thymolblauw <sup>1</sup>	geel	8,0 – 9,6	blauw
fenolftaleïne	kleurloos	8,2 – 10,0	paarsrood <sup>3</sup>
thymolftaleïne	kleurloos	9,4 – 10,6	blauw
alizeringeel-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 &gt; 13,0) ontkleurt fenolftaleïen na korte tijd.

## B

## Redoxindicatoren

	<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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> opl.	1,08
difenyaminesulfonzuur	kleurloos	roodviolet	verdund zuur	0,87
difenyamine	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		
eriglaucine (niet omkeerbaar)	groen	rood		
neutraalrood	kleurloos	rood		-0,32
thionine	kleurloos	violet		0,06

bindingslengte in  $10^{-12}$  m

H-H	74	H-F	92	C-O	142
F-F	141	H-Cl	127	C-O (HCOOH)	136
Cl-Cl	199	H-Br	141	C $\equiv$ O (CO $_3^{2-}$ )	131
Br-Br	228	H-I	161	C $\equiv$ O (HCOO $^-$ )	125
I-I	267	H-O	96	C=O (HCOOH)	121
O-O(H $_2$ O $_2$ )	148	H-S	134	C=O (aldehyde, keton)	121
O $\equiv$ O (O $_3$ )	128	N-H	101	C=O (CO $_2$ )	116
O=O	121	P-H	142	C $\equiv$ O (CO)	113
N-N(N $_2$ H $_4$ )	145	C-H	108	C-N	146
N $\equiv$ N	113	Si-H	148	C $\equiv$ N (benzeenamine)	135
C-C	153	C-F	139	C=N	121
C $\equiv$ C (benzeen)	140	C-Cl	179	C $\equiv$ N	116
C=C	134	C-Br	194	N $\equiv$ O (NO $_2$ )	119
C $\equiv$ C	120	C-I	213	N=O (NO)	115
				S $\equiv$ O (SO $_2$ )	143

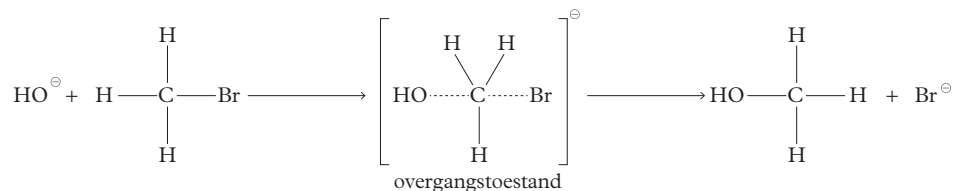
bindingshoek in graden

<i>molecuul of ion</i>	<i>hoek</i>	<i>grootte</i>	<i>molecuul of ion</i>	<i>hoek</i>	<i>grootte</i>
CH $_4$	HCH	109,5	ClO $_2^-$	OCIO	110,5
CH $_3$ Cl	HCH	110,8	SO $_3$	OSO	120
CH $_2$ Cl $_2$	HCH	111,5	CO $_2$	OCO	180
idem	ClCCl	112,0	CO $_3^{2-}$	OCO	120
CHCl $_3$	ClCCl	111,3	NO $_3^-$	ONO	120
CCl $_4$	ClCCl	109,5	NO $_2^-$	ONO	115
NH $_3$	HNH	106,7	C $_2$ H $_4$	HCH	117
PH $_3$	HPH	93,3	C $_2$ H $_2$	HCC	180
H $_2$ O	HOH	104,5	C $_6$ H $_6$	CCC	120
H $_2$ S	HSH	92,1	idem	CCH	120
SO $_2$	OSO	119,3	H $_3$ C-O-CH $_3$	COC	114
O $_3$	OOO	117,5	H $_2$ CO	HCH	117
ClO $_3^-$	OCIO	106,7			



## 54 Reactiemechanismen

### A Nucleofiele substitutie volgens $S_N2$

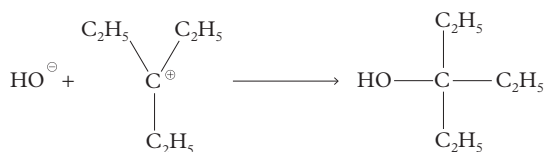


### B Nucleofiele substitutie volgens $S_N1$

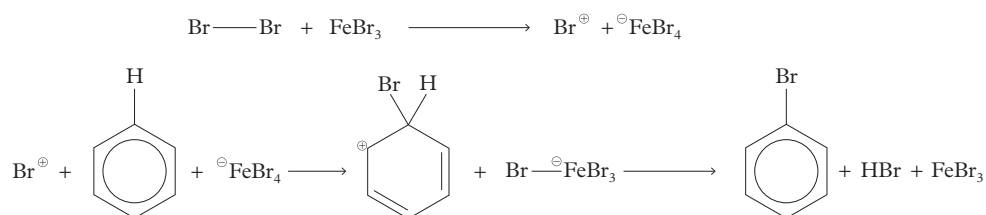
Stap 1



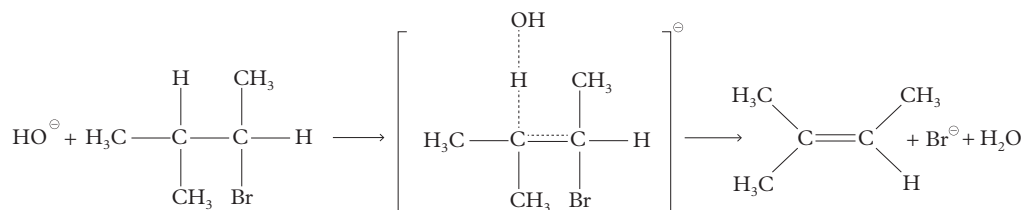
Stap 2



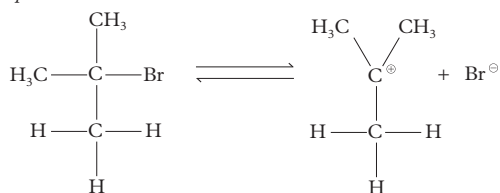
### C Elektrofiele aromatische substitutie $S_E\text{Ar}$ (Friedel-Crafts bromering)



### D Eliminatiereactie volgens E2



Stap 1



Stap 2

