

ACID / BASE EQUILIBRIUM			
acid \rightleftharpoons conjugate base	K_a	pK_a	
HI	I ⁻	E11	-11
HBr	Br ⁻	E9	-9
HCl	Cl ⁻	E7	-7
H ₂ SeO ₄	HSeO ₄ ⁻	1000	-3
H ₂ SO ₄	HSO ₄ ⁻	1000	-3
HMnO ₄	MnO ₄ ⁻	200	-2,3
HCNS	CNS ⁻	63	-1,8
HClO ₄	ClO ₄ ⁻	40	-1,6
HNO ₃	NO ₃ ⁻	25	-1,4
HClO ₃	ClO ₃ ⁻	10	-1,0
H ₃ O ⁺	H ₂ O	1	0,0
• Cl ₃ C-COOH	Cl ₃ C-COO ⁻	2,0 E-1	0,7
H ₂ CrO ₄	HCrO ₄ ⁻	1,8 E-1	0,74
HIO ₃	IO ₃ ⁻	1,7 E-1	0,78
H ₂ P ₂ O ₇	H ₂ P ₂ O ₇ ⁻	1,2 E-1	0,91
NH ₂ SO ₃ H	NH ₂ SO ₃ ⁻	8,9 E-2	1,05
H ₂ PO ₃	H ₂ PO ₃ ⁻	7,9 E-2	1,1 *
• (COOH) ₂	HOOC-COO ⁻	5,6 E-2	1,25
H ₂ PO ₃	H ₂ PO ₃ ⁻	5,0 E-2	1,3
• Cl ₃ HC-COOH	Cl ₃ HC-COO ⁻	4,5 E-2	1,35
HIO ₄	IO ₄ ⁻	2,3 E-2	1,64
H ₂ SO ₃	HSO ₃ ⁻	1,4 E-2	1,85
HClO ₂	ClO ₂ ⁻	1,2 E-2	1,94
HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	1,0 E-2	1,99
H ₂ P ₂ O ₇	H ₂ P ₂ O ₇ ⁻	7,9 E-3	2,10
H ₂ PO ₄	H ₂ PO ₄ ⁻	6,9 E-3	2,16
Fe(H ₂ O) ₆ ³⁺	Fe(H ₂ O) ₅ OH ²⁺	6,3 E-2	2,2 *
H ₂ AsO ₄	H ₂ AsO ₄ ⁻	5,5 E-3	2,26
H ₂ Te	HTe ⁻	2,5 E-3	2,6
• ClH ₂ C-COOH	ClH ₂ C-COO ⁻	1,4 E-3	2,87
HF	F ⁻	6,3 E-4	3,20
HNO ₂	NO ₂ ⁻	5,6 E-4	3,25
HCO ₂ N	NCOO ⁻	3,5 E-4	3,46
• HCOOH	HCOO ⁻	1,8 E-4	3,75
• HOOC-COO ⁻	(COO ⁻) ₂	1,6 E-4	3,81
H ₂ Se	HSe ⁻	1,3 E-4	3,89
• C ₆ H ₅ -COOH	C ₆ H ₅ -COO ⁻	6,3 E-5	4,20
HN ₃	N ₃ ⁻	2,5 E-5	4,6
• CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	1,8 E-5	4,75
• CH ₃ CH ₂ COOH	CH ₃ CH ₂ COO ⁻	1,4 E-5	4,87
• C ₆ H ₅ -NH ₃ ⁺	C ₆ H ₅ -NH ₂	1,4 E-5	4,87
Al(H ₂ O) ₆ ³⁺	Al(H ₂ O) ₅ OH ²⁺	1,0 E-5	5,0
• C ₅ H ₅ NH ⁺	C ₅ H ₅ N	5,9 E-6	5,23
NH ₃ OH ⁺	NH ₂ OH	1,2 E-6	5,94
H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	4,5 E-7	6,35
HCrO ₄ ⁻	CrO ₄ ²⁻	3,2 E-7	6,49
H ₂ PO ₃	HPO ₃ ²⁻	2,0 E-7	6,70
H ₂ P ₂ O ₇	HP ₂ O ₇ ⁻	2,0 E-7	6,70
H ₂ AsO ₄ ⁻	HAsO ₄ ²⁻	1,7 E-7	6,76
H ₂ S	HS ⁻	8,9 E-8	7,05
HSO ₃ ⁻	SO ₃ ²⁻	6,3 E-8	7,2
H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	6,2 E-8	7,21
HOCl	ClO ⁻	4,0 E-8	7,4
H ₂ N-NH ₃ ⁺	H ₂ N-NH ₂	7,9 E-9	8,1
HOBr	BrO ⁻	2,8 E-9	8,55
HCN	CN ⁻	6,2 E-10	9,21
NH ₄ ⁺	NH ₃	5,6 E-10	9,25
H ₂ BO ₃	H ₂ BO ₃ ⁻	5,4 E-10	9,27
H ₂ AsO ₃	H ₂ AsO ₃ ⁻	5,1 E-10	9,29
HP ₂ O ₇ ⁻	P ₂ O ₇ ⁴⁻	4,8 E-10	9,32
H ₂ SiO ₃	HSiO ₃ ⁻	1,3 E-10	9,9 *
• NH ₂ (CH ₂) ₂ NH ₃ ⁺	NH ₂ (CH ₂) ₂ NH ₂	1,2 E-10	9,92
• C ₆ H ₅ -OH	C ₆ H ₅ -O ⁻	1,0 E-10	9,99
HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	4,7 E-11	10,33
HOI	IO ⁻	3,2 E-11	10,5
• C ₆ H ₅ NH ₃ ⁺	C ₆ H ₅ NH ₂	2,5 E-11	10,6
• CH ₃ NH ₃ ⁺	CH ₃ NH ₂	2,2 E-11	10,66
HTe ⁺	Te ²⁺	1,0 E-11	11
HSe ⁺	Se ²⁺	1,0 E-11	11,0
HAsO ₄ ²⁻	AsO ₄ ³⁻	5,1 E-12	11,29
H ₂ O	OH ⁻	2,4 E-12	11,62
HSiO ₃ ⁻	SiO ₃ ²⁻	1,3 E-12	11,9 *
HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	4,8 E-13	12,32
• CH ₃ CHO	OHC-CH ₂ ⁻	2,7 E-14	13,57
H ₂ O	OH ⁻	1,0 E-14	14,0
• CH ₃ O	CH ₃ O ⁻	3,2 E-16	15,5
• CH ₃ CH ₂ OH	CH ₃ CH ₂ O ⁻	3,2 E-16	15,5
HS ⁻	S ²⁻	1,0 E-19	19

SOLUBILITY in water at room temperature											
	NO ₃ ⁺	ac ⁺	OH ⁺	Cl ⁺	Br ⁺	I ⁺	SO ₄ ⁺	CO ₃ ⁺	O ²⁺	S ²⁺	PO ₄ ³⁺
Na ⁺	+	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+
K ⁺	+	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+
NH ₄ ⁺	+	+	+	+	+	+	+	±	±	±	±
Ag ⁺	+	±	-	-	-	-	±	-	-	-	-
Hg ⁺	+	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg ²⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	±	-
Ca ²⁺	+	+	±	+	+	+	±	-	±	±	-
Ba ²⁺	+	+	+	+	+	+	-	-	±	±	-
Mn ²⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Fe ²⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Co ²⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Ni ²⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Cu ²⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Zn ²⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Hg ²⁺	+	+	-	±	-	±	-	-	-	-	-
Sn ²⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Pb ²⁺	+	+	-	±	±	±	-	-	-	-	-
Fe ³⁺	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
Al ³⁺	+	+	-	+	+	+	+	±	-	±	-

+	highly soluble (> 10 g/L)	☼	decomposes
±	fairly soluble (1 - 10 g/L)	±	reacts
-	poorly soluble (< 1 g/L)		does not occur in solution

acid/base equilibrium in water:
 $HA \rightleftharpoons A^- + H^+$ of: $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$
 indicator equilibrium in water:
 $HIn \rightleftharpoons Ind^- + H^+$ of: $HIn + H_2O \rightleftharpoons Ind^- + H_3O^+$

$pK_a = -\log K_a$
 K_a : acid dissociation constant at 25°C

all pK_a values and indicator data from:
 CRC Handbook of Chemistry and Physics (2022)
 except *: Book of Data, Revised Nuffield Advanced Science (1984)

ACID / BASE INDICATORS				
Indicator	Solvent	acidic color	transition range	basic color
Thymol Blue	water	red	1,2 - 2,8	geel
Methyl Orange	water	red	3,1 - 4,4	orange
Bromophenol Blue	water	yellow	3,0 - 4,6	blauwviolett
Methyl Red	water	red	4,4 - 6,2	geel
Litmus (Azolitmin)	water	red	5,0 - 8,0	blauw
Bromothymol Blue	70% EtOH	yellow	6,0 - 7,6	blauw
Neutral Red	70% EtOH	red	6,8 - 8,0	geel
Thymol Blue	water	yellow	8,0 - 9,6	blauw
Phenolphthalein	70% EtOH	colorless	8,0 - 10,0	rood-paars
Alizarin Yellow R	water	yellow	10,0 - 12,0	lichtpaars

EtOH = ethanol

HETEROGENEOUS EQUILIBRIUM		
salt (s)	ions (aq)	K_{sp}
KClO ₄	≡ K ⁺ + ClO ₄ ⁻	1,1 E-2
Co(IO ₃) ₂	≡ Co ²⁺ + 2 IO ₃ ⁻	1,2 E-2
Ba(OH) ₂	≡ Ba ²⁺ + 2 OH ⁻	2,6 E-4
Ag ₂ SO ₄	≡ 2 Ag ⁺ + SO ₄ ²⁻	1,2 E-5
PbCl ₂	≡ Pb ²⁺ + 2 Cl ⁻	1,7 E-5
Zn(IO ₃) ₂	≡ Zn ²⁺ + 2 IO ₃ ⁻	4,1 E-6
CaSO ₄	≡ Ca ²⁺ + SO ₄ ²⁻	4,9 E-6
Ca(OH) ₂	≡ Ca ²⁺ + 2 OH ⁻	5,0 E-6
Ca(IO ₃) ₂	≡ Ca ²⁺ + 2 IO ₃ ⁻	6,5 E-6
PbBr ₂	≡ Pb ²⁺ + 2 Br ⁻	6,6 E-6
MgCO ₃	≡ Mg ²⁺ + CO ₃ ²⁻	6,8 E-6
NiCO ₃	≡ Ni ²⁺ + CO ₃ ²⁻	1,4 E-7
• BaC ₂ O ₄	≡ Ba ²⁺ + C ₂ O ₄ ²⁻	1,7 E-7 *
CuCl	≡ Cu ⁺ + Cl ⁻	1,7 E-7
• FeC ₂ O ₄	≡ Fe ²⁺ + C ₂ O ₄ ²⁻	2,1 E-7 *
SrSO ₄	≡ Sr ²⁺ + SO ₄ ²⁻	3,4 E-7
Mn(IO ₃) ₂	≡ Mn ²⁺ + 2 IO ₃ ⁻	4,4 E-7
Hg ₂ SO ₄	≡ 2 Hg ⁺ + SO ₄ ²⁻	6,5 E-7
PbSO ₄	≡ Pb ²⁺ + SO ₄ ²⁻	2,5 E-8
AgIO ₃	≡ Ag ⁺ + IO ₃ ⁻	3,2 E-8
• CaC ₂ O ₄	≡ Ca ²⁺ + C ₂ O ₄ ²⁻	2,3 E-9
BaCO ₃	≡ Ba ²⁺ + CO ₃ ²⁻	2,6 E-9
CaC ₂ O ₄	≡ Ca ²⁺ + CO ₃ ²⁻	3,4 E-9
Ba(IO ₃) ₂	≡ Ba ²⁺ + 2 IO ₃ ⁻	4,0 E-9
CuBr	≡ Cu ⁺ + Br ⁻	6,3 E-9
PbI ₂	≡ Pb ²⁺ + 2 I ⁻	9,8 E-9
BaSO ₄	≡ Ba ²⁺ + SO ₄ ²⁻	1,1 E-10
BaCrO ₄	≡ Ba ²⁺ + CrO ₄ ²⁻	1,2 E-10
ZnCO ₃	≡ Zn ²⁺ + CO ₃ ²⁻	1,5 E-10
AgCl	≡ Ag ⁺ + Cl ⁻	1,8 E-10
• CuC ₂ O ₄	≡ Cu ²⁺ + C ₂ O ₄ ²⁻	4,4 E-10
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	≡ 2 Ag ⁺ + Cr ₂ O ₇ ²⁻	1,0 E-11 *
MnCO ₃	≡ Mn ²⁺ + CO ₃ ²⁻	2,2 E-11
FeCO ₃	≡ Fe ²⁺ + CO ₃ ²⁻	3,1 E-11
• PbC ₂ O ₄	≡ Pb ²⁺ + C ₂ O ₄ ²⁻	3,4 E-11 *
CaF ₂	≡ Ca ²⁺ + 2 F ⁻	3,5 E-11
CdCO ₃	≡ Cd ²⁺ + CO ₃ ²⁻	1,0 E-12
AgSCN	≡ Ag ⁺ + SCN ⁻	1,0 E-12
Ag ₂ CrO ₄	≡ 2 Ag ⁺ + CrO ₄ ²⁻	1,1 E-12
Mg(OH) ₂	≡ Mg ²⁺ + 2 OH ⁻	5,6 E-12
Ag ₂ CO ₃	≡ 2 Ag ⁺ + CO ₃ ²⁻	8,5 E-12
• Hg ₂ C ₂ O ₄	≡ Hg ₂ ²⁺ + C ₂ O ₄ ²⁻	1,0 E-13 *
CuSCN	≡ Cu ⁺ + SCN ⁻	1,8 E-13
MgNH ₄ PO ₄	≡ Mg ²⁺ + NH ₄ ⁺ + PO ₄ ³⁻	2,5 E-13 *
Pb(IO ₃) ₂	≡ Pb ²⁺ + 2 IO ₃ ⁻	3,7 E-13
AgBr	≡ Ag ⁺ + Br ⁻	5,4 E-13
PbCO ₃	≡ Pb ²⁺ + CO ₃ ²⁻	7,4 E-14
Co(OH) ₂	≡ Co ²⁺ + 2 OH ⁻	5,9 E-15
Cd(OH) ₂	≡ Cd ²⁺ + 2 OH ⁻	7,2 E-15
Ni(OH) ₂	≡ Ni ²⁺ + 2 OH ⁻	5,5 E-16
FePO ₄	≡ Fe ³⁺ + PO ₄ ³⁻	9,9 E-16
Cr(OH) ₂	≡ Cr ²⁺ + 2 OH ⁻	1,0 E-17 *
Zn(OH) ₂	≡ Zn ²⁺ + 2 OH ⁻	3,0 E-17
Fe(OH) ₂	≡ Fe ²⁺ + 2 OH ⁻	4,9 E-17
AgI	≡ Ag ⁺ + I ⁻	8,5 E-17
Hg ₂ Cl ₂	≡ 2 Hg ⁺ + 2 Cl ⁻	1,4 E-18
FeS	≡ Fe ²⁺ + S ²⁻	6,3 E-18 *
Pb(OH) ₂	≡ Pb ²⁺ + 2 OH ⁻	1,4 E-20
AlPO ₄	≡ Al ³⁺ + PO ₄ ³⁻	9,8 E-21
Hg ₂ Br ₂	≡ 2 Hg ⁺ + 2 Br ⁻	6,4 E-23
ZnS	≡ Zn ²⁺ + S ²⁻	1,6 E-24 *
Hg(OH) ₂	≡ Hg ²⁺ + 2 OH ⁻	6,3 E-24 *
NiS	≡ Ni ²⁺ + S ²⁻	2,0 E-26 *
Sn(OH) ₂	≡ Sn ²⁺ + 2 OH ⁻	5,5 E-27
CdS	≡ Cd ²⁺ + S ²⁻	8,0 E-27 *
PbS	≡ Pb ²⁺ + S ²⁻	1,3 E-28 *
Hg ₂ I ₂	≡ Hg ₂ ²⁺ + 2 I ⁻	2,9 E-29
Hg ₂ Cl ₂	≡ 2 Hg ⁺ + 2 Cl ⁻	5,2 E-29
Cr(OH) ₃	≡ Cr ³⁺ + 3 OH ⁻	1,0 E-30 *
Al(OH) ₃	≡ Al ³⁺ + 3 OH ⁻	1,0 E-32 *
Ni ₃ (PO ₄) ₂	≡ 3 Ni ²⁺ + 2 PO ₄ ³⁻	4,7 E-32
Ca ₃ (PO ₄) ₂	≡ 3 Ca ²⁺ + 2 PO ₄ ³⁻	2,1 E-33
CuS	≡ Cu ²⁺ + S ²⁻	6,3 E-36 *
Cu ₃ (PO ₄) ₂	≡ 3 Cu ²⁺ + 2 PO ₄ ³⁻	1,4 E-37
Fe(OH) ₃	≡ Fe ³⁺ + 3 OH ⁻	2,8 E-39
Cu ₂ S	≡ 2 Cu ⁺ + S ²⁻	2,5 E-48 *
Ag ₂ S	≡ 2 Ag ⁺ + S ²⁻	6,3 E-50 *
Hg ₂ S	≡ Hg ₂ ²⁺ + S ²⁻	1,6 E-52 *

organic salt (oxalate)

COMPLEX EQUILIBRIUM		
---------------------	--	--