

Institutt for kjemi

Eksamensoppgave i KJ1000 Generell kjemi med laboratorium

Faglig kontakt under eksamen: Professor Bjørn Hafskjold

Tlf.: 91897078

Eksamensdato: 17.12.2014

Eksamenstid (fra-til): 09:00 – 14:00

Hjelpekode/Tillatte hjelpemidler: Type D. Typegodkjent kalkulator med tomt minne (Casio fx-82ES PLUS, Citizen SR-270X og Citizen SR-270X College, Hewlett Packard HP30S).

Annen informasjon: Ingen

Målform/språk: Bokmål

Antall sider: 7

Antall sider vedlegg: 3 (Formelsamling, det periodiske system og spenningsrekka)

Skriv dine svar på svararkene og behold en kopi av dine svar. Vis beregninger og logikk.

Kontrollert av:

Dato

Sign

Del 1 (50 p). Flervalgsoppgaver. Hvert riktig svar gir 2,5 poeng. Korrekt svar uten forklaring gir 1,5 poeng. Feil svar (med eller uten forklaring) gir 0 poeng.

1. Fysiologisk saltløsning er en løsning av NaCl i vann. I løsningen er 0,89 % av massen NaCl. Hva er massen av NaCl i 450 mL fysiologisk saltløsning?
Gitt: Tettheten av fysiologisk saltløsning er 1,005 g/cm³.

- A) 2,0 g
- B) 4,0 g
- C) 5,1 g
- D) 508 g
- E) 400 g

2. Formelen for natriumsulfid er

- A) NaS
- B) K₂S
- C) NaS₂
- D) Na₂S
- E) SeS

3. Hvilken av de følgende reaksjonsligningene er balansert?

- A) HCl + KMnO₄ → Cl₂ + MnO₂ + H₂O + KCl
- B) HCl + KMnO₄ → Cl₂ + MnO₂ + 2H₂O + KCl
- C) 2HCl + 2KMnO₄ → Cl₂ + MnO₂ + 2H₂O + 2KCl
- D) 6HCl + 2KMnO₄ → 2Cl₂ + 2MnO₂ + 4H₂O + 2KCl
- E) 8HCl + 2KMnO₄ → 3Cl₂ + 2MnO₂ + 4H₂O + 2KCl

4. Identifiser de *viktigste* ionene i en veldig løsning av Na₂CO₃.

- A) Na⁺, CO₃²⁻
- B) Na⁺, C²⁻, O₃
- C) Na⁺, C⁴⁺, O₃²⁻
- D) Na⁺, C⁺, O²⁻
- E) Na⁺, CO₃²⁻

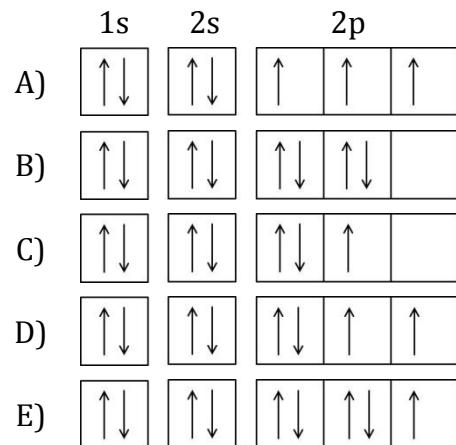
5. En beholder med 1,17 g av en hydrokarbon gass har et volum på 674 mL ved 28 °C og 741 mmHg. Gassen er et alkan, som har generell formel C_nH_{2n+2}. Hva er gassens molekylformel?

- A) CH₄
- B) C₂H₆
- C) C₃H₈
- D) C₄H₁₀
- E) C₅H₁₂

6. En endoterm reaksjon gjør at omgivelsene

- A) varmes opp
- B) forsures
- C) kondenserer
- D) blir kaldere
- E) frigjør CO_2

7. Orbitaldiagrammet for grunntilstanden av oksygen-atomet er



8. Elementene i gruppe 7A (gruppe 17 i den nye notasjonen) er kjent som

- A) overgangsmetaller
- B) halogener
- C) alkaliometaller
- D) jordalkaliometaller
- E) edelgasser

9. Hva er formell ladning på oksygenatomet i den mest sannsynlige strukturen av N_2O ? (N er det sentrale atomet.)

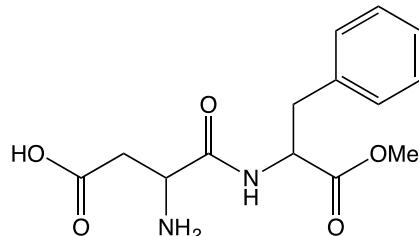
- A) 0
- B) +1
- C) -1
- D) -2
- E) +2

10. Bruk VSEPR-teorien til å forutsi geometrien av PCl_3 -molekylet.

- A) lineært
- B) ikke-lineært
- C) plant trigonalt
- D) trigonal pyramide
- E) tetraedrisk

11. Aspartam er et kunstig sötstoff. Strukturen er vist nedenfor. Hvilken av de funksjonelle gruppene som er listet nedenfor finnes i Aspartam?

- A) eter
- B) keton
- C) aldehyd
- D) alkohol
- E) karboksylsyre



12. Hvilke to egenskaper er mer typiske for molekylære forbindelser enn for ioniske?

1. De er gasser eller væsker ved romtemperatur.
2. De har høye smeltepunkt.
3. De leder ikke strøm i fast fase, men gjør det i væskefase.
4. Atomer deler elektroner.

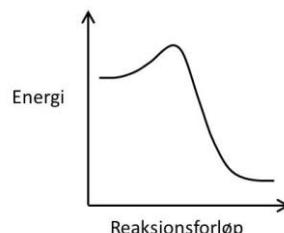
- A) 1 og 4
- B) 1 og 3
- C) 2 og 3
- D) 2 og 4
- E) 3 og 4

13. Hva er konsentrasjonen (molariteten) av en løsning som har 7,00 % (massebasis) magnesiumsulfat og en tetthet på 1,071 g/mL?

- A) 0,0890 M
- B) 0,496 M
- C) 0,543 M
- D) 0,623 M
- E) 1,32 M

14. Betrakt en kjemisk reaksjon som har et forløp som beskrevet i figuren nedenfor. Hvis aktiveringsenergien, E_a , for framover-reaksjonen er 25 kJ/mol og reaksjonsentalpien er -95 kJ/mol, hva er E_a for bakover-reaksjonen?

- A) 120 kJ/mol
- B) 70 kJ/mol
- C) 95 kJ/mol
- D) 25 kJ/mol
- E) -70 kJ/mol



15. For reaksjonen $2\text{NOCl}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ er $K_c = 8,0$ ved en viss temperatur. En tom beholder på 4,00 L fylles med NOCl og likevekt innstilles slik at likevektskonsentrasjonen av NOCl blir 1,00 M. Til hvilken konsentrasjon av NOCl må beholderen fylles?

- A) 1,26 M
- B) 2,25 M
- C) 2,50 M
- D) 3,52 M
- E) 11,0 M

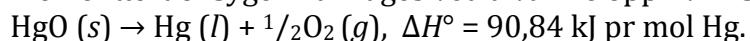
16. Hva er H^+ -konsentrasjonen i en $4,8 \times 10^{-2}$ M KOH løsning?

- A) $4,8 \times 10^{-2}$ M
- B) $1,0 \times 10^{-7}$ M
- C) $4,8 \times 10^{-11}$ M
- D) $4,8 \times 10^{-12}$ M
- E) $2,1 \times 10^{-13}$ M

17. Hvilket alternativ har riktig svar på *begge* spørsmålene?

1. Vil det dannes bunnfall når 250 mL 0,33 M Na_2CrO_4 -løsning blandes med 250 mL 0,12 M AgNO_3 -løsning? [$K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,1 \times 10^{-12}$].
 2. Hva er konsentrasjonen av *gjenværende* sølv-ion i løsning?
- A) Ja, $[\text{Ag}^+] = 2,9 \times 10^{-6}$ M
 - B) Ja, $[\text{Ag}^+] = 0,060$ M
 - C) Ja, $[\text{Ag}^+] = 1,3 \times 10^{-4}$ M
 - D) Nei, $[\text{Ag}^+] = 0,060$ M
 - E) Nei, $[\text{Ag}^+] = 0,105$ M

18. Elementært oksygen kan lages ved å varme opp kvikksølv(II)oksid:



Estimer ved hvilken temperatur denne reaksjonen går spontant ved standard betingelser og velg riktig alternativ. Anta at ΔH° og S° er uavhengige av temperaturen.

Gitt:

$$\begin{aligned} S^\circ(\text{Hg}) &= 76,02 \text{ J/(K} \times \text{mol)} \\ S^\circ(\text{O}_2) &= 205,0 \text{ J/(K} \times \text{mol)} \\ S^\circ(\text{HgO}) &= 70,29 \text{ J/(K} \times \text{mol)} \end{aligned}$$

- A) 108 K
- B) 430 K
- C) 620 K
- D) 775 K
- E) 840 K

19. Betrakt en galvanisk celle som består av følgende halvceller koblet sammen med ei saltbru:

- en Fe elektrode i 1,0 M FeCl_2 løsning
- en Ni elektrode i 1,0 M $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ løsning

Hvilket av alternativene har *bare* sanne utsagn når reaksjonen i denne cellen går spontant?

- A) Nikkel-elektroden mister masse og nikkel-elektroden er katoden.
- B) Nikkel-elektroden øker i masse og nikkel-elektroden er katoden.
- C) Jern-elektroden øker i masse og jern-elektroden er anoden.
- D) Jern-elektroden mister masse og jern-elektroden er katoden.

20. En mineralprøve inneholder 0,37 mg Pb-206 og 0,95 mg U-238. Halveringstiden for serien $\text{U}-238 \rightarrow \text{Pb}-206$ er $4,5 \times 10^9$ år. Anta at det ikke var noe Pb-206 i mineralet da det ble dannet. Hvor gammelt er mineralet?

- A) $1,7 \times 10^9$ år
- B) $5,2 \times 10^9$ år
- C) $2,7 \times 10^6$ år
- D) $4,5 \times 10^9$ år
- E) $2,4 \times 10^9$ år

Del 2 (50 p). Hvert riktig svar gir det antall poeng som er vist. Delvis riktig eller ufullstendig svar vil redusere poengsummen.

21.

- a) (3 p) Beregn prosentvis sammensetning basert på masse av natrium, karbon og oksygen i Na_2CO_3 .
- b) (3 p) Balanser følgende reaksjonsligning:
 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- c) (4 p) En prøve på 0,860 g av et organisk stoff som inneholder C, H, og O ble fullstendig brent i oksygen. Reaksjonen ga 1,64 g CO_2 og 1,01 g H_2O . Hva var stoffets empiriske formel?

22.

- a) (2 p) Diklormetan, CH_2Cl_2 , er et viktig stoff i kjemisk syntese. Tegn en Lewis-struktur for CH_2Cl_2 .
- b) (4 p) Bruk VSEPR teori for å forutsi den molekulære geometrien for CO_3^{2-} .
- c) (4 p) Hvilke av de følgende forbindelsene er strukturelle isomere?
 I. pentan
 II. 2-metylbutan
 III. 2,3-dimetylbutan
 IV. 2,2-dimetylpropan
 V. 1-heksen

23.

- a) (3 p) Bestem hastighetsloven ut fra følgende data for reaksjonen
 $2\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$

Eksp.	Startkonsentrasjon [A], mol/L	Startkonsentrasjon [B], mol/L	Reaksjonshastighet, mol/(L×s)
1	0,015	0,022	0,125
2	0,030	0,044	0,500
3	0,060	0,044	0,500
4	0,060	0,066	1,125

- b) (3 p) Sukrose, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, reagerer langsomt med vann i surt miljø og danner to nye sukkerarter, glukose and fruktose, begge med samme molekylformel, men med forskjellige strukturer:
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glukose) + $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (fruktose)
 Reaksjonen er av første orden og har en hastighetskonstant lik $6,2 \times 10^{-5}/\text{s}$ ved 35°C når H^+ konsentrasjonen er 0,10 M. Anta at startkonsentrasjonen av sukrose er 0,40 M. Hva er konsentrasjonen av sukrose etter 2,0 timer?

- c) (4 p) Hydrogenperoksid dekomponerer til vann og oksygen. Aktiveringsenergien for reaksjonen er 42 kJ/mol. I biologiske organismer er hydrogenperoksid skadelig for vev, men enzymet katalase katalyserer dekomponeringen ved å redusere aktiveringsenergien til 7,0 kJ/mol. Anta at frekvensfaktoren er den samme for begge prosessene og uavhengig av temperaturen. Beregn den temperaturen som skal til for at reaksjonen uten katalysator skal ha samme hastighet som den katalyserte reaksjonen har ved normal kroppstemperatur (37 °C). Er den temperaturen du finner en sannsynlig temperatur for biologiske organismer?

24.

- a) (2 p) Hva er konsentrasjonen (molariteten) av en løsning som inneholder 5,0 mol av et løst stoff i 2,00 L løsning?
- b) (4 p) En prøve på 50,0 mL av en HCl løsning ble titrert med 0,500 M NaOH. 200,0 mL av basen var nødvendig for å nøytraliser prøven. Hvor mange gram HCl var det i 500,0 mL av syreløsningen?
- c) (4 p) Beregn pH i en løsning som er laget ved å blande løsninger på 10,0 mL 0,10 M NaOH og 50,0 mL 0,10 M HCN ($K_a = 4,9 \times 10^{-10}$).

25.

- a) (2 p) Et batteri kan lages ved å sette kobber- og blyelektroder ned i henholdsvis CuSO₄ (aq) og Pb(NO₃)₂ (aq) og forbinde de to halvcellene med ei saltbru. Hva er cellespenningen hvis Pb²⁺ og Cu²⁺ konsentrasjonene begge er 1,0 M?
- b) (3 p) Bruk resultatet fra a) til å beregne likevektskonstanten for reaksjonen $Cu^{2+} (aq) + Pb (s) \rightarrow Cu (s) + Pb^{2+} (aq)$ (Hvis du fant et svar i a), skal du bruke det. Hvis ikke kan du bruke verdien 0,5 V i stedet.)
- c) (5 p) Du skal belegge et verktøy av metall med gull ved hjelp av elektrolyse. Verktøyet har en overflate på 736 cm². Belegget skal ha en tykkelse på 0,025 mm over hele overflaten. Du har en løsning av Au³⁺ i overskudd og bruker en konstant strømstyrke på 14 A. Hvor lang tid vil det ta å belegge overflaten til ønsket tykkelse?
Gitt: Tettheten av gull er 19,3 g/cm³.

Formler for bruk ved eksamen i KJ1000 Generell kjemi med laboratorium

Gjennomsnittlig kinetisk energi pr. molekyl: $\overline{KE} = \frac{3}{2} k_B T = \frac{1}{2} m \overline{u^2}$	Clausius-Clapeyrons ligning: $\ln P = -\frac{\Delta H_{vap}}{RT} + C$ $\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$	K_c og K_p : $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$
Midlere kvadrathastighet: $\overline{u^2} = \frac{3RT}{M}$	Henrys lov: $c = kP$	Henderson-Hasselbach ligningen: $\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{base}]}{[\text{syre}]}$
Grahams diffusjonslov: $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$	Raoults lov: $P_1 = x_1 P_1^\circ$	Termodynamikkens første lov (lukket system): $\Delta U = q + w$
Van der Waals tilstandslingning: $\left(P + \frac{an^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$	Kokepunktsforhøyelse: $\Delta T_b = K_b m$	Entropi: $S = k_B \ln W$
Varmekapasitet: $C = ms, \quad q = ms\Delta t = C\Delta t$	Frysepunktsnedsettelse: $\Delta T_f = K_f m$	Entropiendring: $\Delta S_{\text{universet}} = \Delta S_{\text{system}} + \Delta S_{\text{omgivelser}} \geq 0$
Trykk-volum arbeid (konstant trykk): $w = -P\Delta V$	Osmotisk trykk: $\pi = MRT$	$\Delta S_{\text{omgivelser}} = \frac{-\Delta H_{\text{system}}}{T}$
Standard entalpiendring for en reaksjon: $\Delta H_{rxn}^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ (\text{produkter}) - \sum m \Delta H_f^\circ (\text{reaktanter})$	Hastighetsloven: $v = k[A]^x[B]^y$	Endring i Gibbs energi ved konstant T : $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
Frekvens og bølgelengde: $v = \frac{c}{\lambda}$	Integrerte hastighetslover:	Fri energi og kjemisk likevekt: $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$ $\Delta G^\circ = -RT \ln K$
Fotonets energi: $E = hv$	0 $[A]_t = -kt + [A]_0$	Cellespenning: $E_{\text{celle}}^\circ = E_{\text{katode}}^\circ - E_{\text{anode}}^\circ$
de Boglies bølgelengde: $\lambda = \frac{h}{mu}$	1 $\ln[A]_t = -kt + \ln[A]_0$	Fri energi og cellespenning: $\Delta G = -nFE_{\text{celle}}$ $\Delta G^\circ = -nFE_{\text{celle}}^\circ$
Coulombs lov: $E = k \frac{Q_1 Q_2}{r}$	2 $\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$	Cellespenning og likevektskonstant: $E_{\text{celle}}^\circ = \frac{RT}{nF} \ln K$
Dipolmoment: $\mu = Q \times r$	Halveringstider:	Ved 25 °C: $E_{\text{celle}}^\circ = \frac{0,0257 \text{ V}}{n} \ln K$ $= \frac{0,0592 \text{ V}}{n} \log K$
	0 $t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2k}$	Nernsts ligning: $E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q$
	1 $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{k}$	
	2 $t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$	
	Arrhenius' ligning: $k = A e^{-E_a/RT}$ $\ln k = \left(-\frac{E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T} \right) + \ln A$	

Konstanter:	Tallverdi	Benevning
Avogadros tall, N_A	$6,0221415 \times 10^{23}$	Ubenevnt
Gasskonstanten, R	0,082057	L·atm/(mol·K)
	8,3145	J/(mol·K)
Boltzmanns konstant, k_B	$1,3807 \times 10^{-23}$	J/K
Faradays konstant, F	96485	J/(mol·V)
Plancks konstant, h	$6,6261 \times 10^{-34}$	J s
Lyshastighet i vakuum	$2,9979 \times 10^8$	m/s

Omregning trykkenheter	pascal	bar	atm	mmHg
1 pascal =	1	10^{-5}	$9,869 \times 10^{-6}$	$7,501 \times 10^{-3}$
1 bar =	10^5	1	0,9869	750,1
1 atm =	$1,013 \times 10^5$	1,013	1	760,0
1 mmHg =	133,3	$1,333 \times 10^{-3}$	$1,316 \times 10^{-3}$	1

Andre omregninger:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ W s} = 1 \text{ V C} \quad 1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2} \quad 1 \text{ C} = 1 \text{ A s} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2} \quad 1 \text{ W} = 1 \text{ V A} = 1 \Omega \text{ A}^2$$

1

1	1,008
H	2,1
Hydrogen	
$1s^1$	
+1,-1	

18

2	4,003
He	
Helium	
$1s^2$	

DET PERIODISKE SYSTEM

3	6,941
Li	1,0
Litium	
[He]2s ¹	
+1	
Be	1,5
Beryllium	
[He]2s ²	
+2	

11	22,990
Na	0,9
Natrium	
[Ne]3s ¹	
+1	
Mg	1,2
Magnesium	
[Ne]3s ²	
+2	

19	39,098
K	0,8
Kalium	
[Ar]4s ¹	
+1	
Ca	1,0
Kalsium	
[Ar]4s ²	
+2	
Sc	1,3
Scandium	
[Ar]4s ² 3d ¹	
+3	
Ti	1,5
Titan	
[Ar]4s ² 3d ²	
+4	

37	85,468
Rb	0,8
Rubidium	
[Kr]5s ¹	
+1	
Sr	1,0
Strontium	
[Kr]5s ²	
+2	
Y	1,2
Yttrium	
Zr	1,4
Zirkonium	
[Kr]5s ² 4d ¹	
+3	

55	132,905
Cs	0,7
Cesium	
[Xe]6s ¹	
+1	
Ba	0,9
Barium	
[Xe]6s ²	
+2	

87	(223)
Fr	0,7
Francium	
[Rn]7s ¹	
+1	
Ra	0,9
Radium	
[Rn]7s ²	
+2	

57	138,905
La	1,1
Lantan	
[Xe]	
$6s^25d^1$	
+3	
Ce	1,1
Cerium	
[Xe]	
$6s^24f^15d^1$	
+4,+3	

58	140,116
Pr	1,1
Praseodymium	
[Xe]	
$6s^24f^3$	
+3	
Nd	1,1
Neodymium	
[Xe]	
$6s^24f^4$	
+3	

59	140,908
Pm	1,1
Promethium	
[Xe]	
$6s^24f^5$	
+3	
60	144,242
Sm	1,1
Samarium	
[Xe]	
$6s^24f^6$	
+3	
61	(145)
Eu	1,1
Europium	
[Xe]	
$6s^24f^7$	
+3,+2	
62	150,36
Gd	1,2
Gadolinium	
[Xe]	
$6s^24f^8$	
+3	
63	151,964
Tb	1,2
Terbium	
[Xe]	
$6s^24f^9$	
+3	
64	157,25
Dy	1,2
Dysprosium	
[Xe]	
$6s^24f^{10}$	
+3	
65	158,925
Ho	1,2
Holmium	
[Xe]	
$6s^24f^{11}$	
+3	
66	162,500
Er	1,2
Erbium	
[Xe]	
$6s^24f^{12}$	
+3	
67	164,930
Tm	1,2
Thulium	
[Xe]	
$6s^24f^{13}$	
+3	
68	167,259
Yb	1,2
Ytterbium	
[Xe]	
$6s^24f^{14}$	
+3	
69	168,934
Lu	1,3
Lutetium	
[Xe]	
$6s^24f^{15}$	
+3	
70	173,054
Yb	1,2
Ytterbium	
[Xe]	
$6s^24f^{16}$	
+3	
71	174,967
Lu	1,3
Lutetium	
[Xe]	
$6s^24f^{17}$	
+3	

72	178,49
Hf	1,3
Hafnium	
[Xe]	
$6s^24f^{15}5d^2$	
+4	
Ta	1,5
Tantal	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^3$	
+5	
73	180,948
W	1,7
Wolfram	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^4$	
+4	
74	183,84
Re	1,9
Rhenium	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^5$	
+4	
75	186,207
Os	2,2
Osmium	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^6$	
+4	
76	190,23
Ir	2,2
Iridium	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^7$	
+4	
77	192,217
Pt	2,2
Platina	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^8$	
+4,+3,+2	
78	195,084
Au	2,4
Gull	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^9$	
+3	
79	196,967
Hg	1,9
Kvikksølv	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^{10}$	
+2,+1	
80	200,59
Tl	1,8
Tallium	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^{10}$	
+3,+1	
81	204,38
Pb	1,9
Bly	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^{10}$	
+3	
82	207,2
Bi	1,9
Vismut	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^{10}$	
+4,+2,-2	
83	208,980
Po	2,0
Polonium	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^{10}$	
+1,-1	
84	(209)
At	2,2
Astat	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^{10}$	
+2	
85	(210)
Rn	2,4
Radon	
[Xe]	
$6s^24f^{14}5d^{10}$	
+2	

89	(227)
Ac	1,1
Actinium	
[Rn]	
$7s^26d^1$	
+3	
90	232,038
Th	1,3
Thorium	
[Rn]	
$7s^26d^2$	
+4	
91	231,036
Pa	1,5
Protactinium	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+5	
92	238,029
U	1,7
Uran	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+6	
93	(237)
Np	1,3
Neptunium	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+5	
94	(244)
Pu	1,3
Plutonium	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+4	
95	(243)
Am	1,3
Americum	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+3	
96	(247)
Cm	1,3
Curium	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+3	
97	(247)
Bk	1,3
Berkelium	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+3	
98	(251)
Cf	1,3
Californium	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+3	
99	(252)
Es	1,3
Einsteinium	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+3	
100	(257)
Fm	1,3
Fermium	
[Rn]	
$7s^25f^66d^1$	
+3	
101	(258)
Md	1,3
Mendelevium	
[Rn]	
$7s^25f^{13}$	
+2	
102	(259)
No	1,5
Nobelium	
[Rn]	
$7s^25f^{14}$	
+3	
103	(262)
Lr	
Lawrencium	
[Rn]	
$7s^25f^{14}$	
+3	

13	10,81
B	2,0
Bor	
[He]2s ² 2p ¹	
+3	
C	2,5
Karbon	
[He]2s ² 2p ²	
+5,+3,-3	
14	12,011
N	3,0
Nitrogen	
[He]2s ² 2p ³	
-2	
15	14,007
O	3,5
Oksygen	
[He]2s ² 2p ⁴	
-1	
16	15,999
F	4,0
Fluor	
[He]2s ² 2p ⁵	
-1	
17	18,998
Ne	20,180
Neon	
[He]2s ² 2p ⁶	

18	39,948
Ar	2,3
Argon	
[He]2s ² 2p ⁶	
+6	
39	87,62
Y	1,2
Yttrium	
Zr	1,4
Zirkonium	
[Rn]5s ² 4d ¹	
+4	
40	91,224
Nb	1,6
Mangan	
[Ar]4s ² 3d ⁵	
+5	
41	92,906
Mo	1,8
Molybden	
[Kr]5s ¹ 4d ⁵	
+5	

Table 19.1 Standard Reduction Potentials at 25°C*

Half-Reaction	$E^\circ(V)$
\uparrow	
$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(aq)$	+2.87
$O_3(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow O_2(g) + H_2O$	+2.07
$Co^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Co^{2+}(aq)$	+1.82
$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	+1.77
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O$	+1.70
$Ce^{4+}(aq) + e^- \rightarrow Ce^{3+}(aq)$	+1.61
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O$	+1.51
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s)$	+1.50
$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$	+1.36
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O$	+1.33
$MnO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 2H_2O$	+1.23
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1.23
$Br_2(l) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq)$	+1.07
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \rightarrow NO(g) + 2H_2O$	+0.96
$2Hg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Hg_2^{2+}(aq)$	+0.92
$Hg_2^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow 2Hg(l)$	+0.85
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+0.80
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$	+0.77
$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2O_2(aq)$	+0.68
$MnO_4^-(aq) + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$	+0.59
$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$	+0.53
$O_2(g) + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$	+0.40
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+0.34
$AgCl(s) + e^- \rightarrow Ag(s) + Cl^-(aq)$	+0.22
$SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow SO_2(g) + 2H_2O$	+0.20
$Cu^{2+}(aq) + e^- \rightarrow Cu^+(aq)$	+0.15
$Sn^{4+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}(aq)$	+0.13
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0.00
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pb(s)$	-0.13
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	-0.14
$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$	-0.25
$Co^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Co(s)$	-0.28
$PbSO_4(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	-0.31
$Cd^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cd(s)$	-0.40
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	-0.44
$Cr^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Cr(s)$	-0.74
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	-0.76
$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	-0.83
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	-1.18
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	-1.66
$Be^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Be(s)$	-1.85
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	-2.37
$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$	-2.71
$Ca^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ca(s)$	-2.87
$Sr^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sr(s)$	-2.89
$Ba^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ba(s)$	-2.90
$K^+(aq) + e^- \rightarrow K(s)$	-2.93
$Li^+(aq) + e^- \rightarrow Li(s)$	-3.05
\downarrow	

* For all half-reactions the concentration is 1 M for dissolved species and the pressure is 1 atm for gases. These are the standard-state values.