

(m)L	(milli)Liter(s)	mmHg	mm of Mercury
g	Gram(s)	(k)J	(kilo)Joule(s)
nm	Nanometer(s)	V	Volt(s)
atm	Atmosphere(s)	mol	Mole(s)

Avogadro's Number  $N_A = 6.02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
Faraday Constant  $F = 96485.33 \text{ C mol}^{-1}$   
Atomic Mass Constant  $1 \text{ amu} = 1.660538 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
Molar Gas Constant  $R = 8.3144 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
 $R = 62.36 \text{ L atm (mol K)}^{-1} = 0.08205746 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$   
Coulomb's Constant  $k_e = 8.987551 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$   
Speed of Light (Vacuum)  $c = 2.998 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$   
Boltzmann Consant  $k_b = 1.3807 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$   
Charge on a Proton/Electron  $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$   
Planck's Constant  $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$   
Specific heat cap. of H<sub>2</sub>O(l)  $c = 4.18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Kinetics

$[A]_t - [A]_0 = -kt$  (first order)  
 $\ln[A]_t - \ln[A]_0 = -k$  (second order)  
 $\frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_0} = kt$  (third order)  
 $t_{1/2} = \frac{0.963}{k}$  (first order)

Equilibrium

$K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$ , where  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ .  
 $K_p = \frac{(P_C)^c(P_D)^d}{(P_A)^a(P_B)^b}$   
 $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$   
 $K_b = \frac{[OH^-][HB^+]}{[B]}$   
 $K_w = K_a K_b = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (25}^\circ\text{ C)}$   
 $\text{pH} = -\log[H^+]$ ,  $\text{pOH} = -\log[OH^-]$   
 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ .  
 $\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$   
 $\text{p}K_a = -\log K_a$ ,  $\text{p}K_b = -\log K_b$ .

Gasses/Solutions

$PV = nRT$   
 $P_A = P_{\text{total}} X_A$ , where  $X_A = \frac{\text{moles } A}{\text{total moles}}$   
 $P_{\text{total}} = P_A + P_B + P_C + \dots$   
 $K = {}^\circ\text{C} + 273.15$   
 $M = \frac{\text{moles solute}}{\text{Liters solution}}$ ,  $m = \frac{\text{moles solute}}{\text{kg solvent}}$   
 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr}$   
STP = 273.15 K and 1.0 atm  
At STP, ideal gas 22.4L mol<sup>-1</sup>.  
Standard conditions are 25° C and 1 atm.

Thermo/Electrochem

$q = mc\Delta T$   
 $\Delta S^\circ = \sum \text{products } S^\circ - \sum \text{reactants } S^\circ$   
Same for  $\Delta H^\circ$  and  $\Delta G^\circ$   
 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$   
 $= -RT \ln K = -nFE^\circ$   
 $I = \frac{q}{t}$   
 $E_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{cell}} - \frac{RT}{nF} \ln Q$ .

# Periodic Table of Elements

1 IA																								18 VIIIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1 <div>2.20</div> <div>H<sub>2</sub></div> <div>Hydrogen</div> <div>1.01</div>												2 IIA												2 <div>4.00</div> <div>He</div> <div>Helium</div> <div>4.00</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2 <div>0.98</div> <div>Li</div> <div>Lithium</div> <div>6.94</div>												4 <div>1.57</div> <div>Be</div> <div>Beryllium</div> <div>9.01</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
3 <div>0.93</div> <div>Na</div> <div>Sodium</div> <div>22.99</div>												12 <div>1.31</div> <div>Mg</div> <div>Magnesium</div> <div>24.31</div>												13 IIIA												14 IVA												15 VA												16 VIA												17 VIIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
19 <div>0.82</div> <div>K</div> <div>Potassium</div> <div>39.10</div>												20 <div>1.00</div> <div>Ca</div> <div>Calcium</div> <div>40.08</div>												21 <div>1.36</div> <div>Sc</div> <div>Scandium</div> <div>44.96</div>												22 <div>1.54</div> <div>Ti</div> <div>Titanium</div> <div>47.87</div>												23 <div>1.63</div> <div>V</div> <div>Vanadium</div> <div>50.94</div>												24 <div>1.66</div> <div>Cr★</div> <div>Chromium</div> <div>52.00</div>												25 <div>1.55</div> <div>Mn</div> <div>Manganese</div> <div>54.94</div>												26 <div>1.83</div> <div>Fe</div> <div>Iron</div> <div>55.85</div>												27 <div>1.88</div> <div>Co</div> <div>Cobalt</div> <div>58.93</div>												28 <div>1.91</div> <div>Ni</div> <div>Nickel</div> <div>58.69</div>												29 <div>1.90</div> <div>Cu★</div> <div>Copper</div> <div>63.55</div>												30 <div>1.65</div> <div>Zn</div> <div>Zinc<sup>(2+)</sup></div> <div>65.38</div>												31 <div>1.81</div> <div>Ga</div> <div>Gallium</div> <div>69.72</div>												32 <div>2.01</div> <div>Ge</div> <div>Germanium</div> <div>72.63</div>												33 <div>2.18</div> <div>As</div> <div>Arsenic</div> <div>74.92</div>												34 <div>2.55</div> <div>Se</div> <div>Selenium</div> <div>78.97</div>												35 <div>2.96</div> <div>Br<sub>2</sub></div> <div>Bromine</div> <div>79.90</div>												36 <div>3.00</div> <div>Kr</div> <div>Krypton</div> <div>83.80</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
37 <div>0.82</div> <div>Rb</div> <div>Rubidium</div> <div>85.47</div>												38 <div>0.95</div> <div>Sr</div> <div>Strontium</div> <div>87.62</div>												39 <div>1.22</div> <div>Y</div> <div>Yttrium</div> <div>88.91</div>												40 <div>1.33</div> <div>Zr</div> <div>Zirconium</div> <div>91.22</div>												41 <div>1.6</div> <div>Nb★</div> <div>Niobium</div> <div>92.91</div>												42 <div>2.16</div> <div>Mo★</div> <div>Molybdenum</div> <div>95.95</div>												43 <div>1.9</div> <div>Tc</div> <div>Technetium</div> <div>(98)</div>												44 <div>2.2</div> <div>Ru★</div> <div>Ruthenium</div> <div>101.07</div>												45 <div>2.28</div> <div>Rh★</div> <div>Rhodium</div> <div>102.91</div>												46 <div>2.20</div> <div>Pd★★</div> <div>Palladium</div> <div>106.42</div>												47 <div>1.93</div> <div>Ag★</div> <div>Silver<sup>(1+)</sup></div> <div>107.87</div>												48 <div>1.69</div> <div>Cd</div> <div>Cadmium</div> <div>112.41</div>												49 <div>1.78</div> <div>In</div> <div>Indium</div> <div>114.82</div>												50 <div>1.96</div> <div>Sn</div> <div>Tin</div> <div>118.71</div>												51 <div>2.05</div> <div>Sb</div> <div>Antimony</div> <div>121.76</div>												52 <div>2.1</div> <div>Te</div> <div>Tellurium</div> <div>127.60</div>												53 <div>2.86</div> <div>I<sub>2</sub></div> <div>Iodine</div> <div>126.90</div>												54 <div>2.60</div> <div>Xe</div> <div>Xenon</div> <div>131.29</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
55 <div>0.79</div> <div>Cs</div> <div>Caesium</div> <div>132.91</div>												56 <div>0.89</div> <div>Ba</div> <div>Barium</div> <div>137.33</div>												57-71 <div>La-Lu</div> <div>Lanthanide</div>												72 <div>1.3</div> <div>Hf</div> <div>Hafnium</div> <div>178.49</div>												73 <div>1.5</div> <div>Ta</div> <div>Tantalum</div> <div>180.95</div>												74 <div>2.36</div> <div>W</div> <div>Tungsten</div> <div>183.84</div>												75 <div>1.9</div> <div>Re</div> <div>Rhenium</div> <div>186.21</div>												76 <div>2.2</div> <div>Os</div> <div>Osmium</div> <div>190.23</div>												77 <div>2.20</div> <div>Ir</div> <div>Iridium</div> <div>192.22</div>												78 <div>2.28</div> <div>Pt★</div> <div>Platinum</div> <div>195.08</div>												79 <div>2.54</div> <div>Au★</div> <div>Gold</div> <div>196.97</div>												80 <div>2.00</div> <div>Hg</div> <div>Mercury</div> <div>200.59</div>												81 <div>1.62</div> <div>Tl</div> <div>Thallium</div> <div>204.38</div>												82 <div>1.87</div> <div>Pb</div> <div>Lead</div> <div>207.2</div>												83 <div>2.02</div> <div>Bi</div> <div>Bismuth</div> <div>208.98</div>												84 <div>2.0</div> <div>Po</div> <div>Polonium</div> <div>(209)</div>												85 <div>2.2</div> <div>At</div> <div>Astatine</div> <div>(210)</div>												86 <div>2.2</div> <div>Rn</div> <div>Radon</div> <div>(222)</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
87 <div>0.7</div> <div>Fr</div> <div>Francium</div> <div>(223)</div>												88 <div>0.9</div> <div>Ra</div> <div>Radium</div> <div>(226)</div>												89-103 <div>Ac-Lr</div> <div>Actinide</div>												104 <div>Rf</div> <div>Rutherfordium</div> <div>(267)</div>												105 <div>Db</div> <div>Dubnium</div> <div>(268)</div>												106 <div>Sg</div> <div>Seaborgium</div> <div>(269)</div>												107 <div>Bh</div> <div>Bohrium</div> <div>(270)</div>												108 <div>Hs</div> <div>Hassium</div> <div>(277)</div>												109 <div>Mt</div> <div>Meitnerium</div> <div>(278)</div>												110 <div>Ds</div> <div>Darmstadtium</div> <div>(281)</div>												111 <div>Rg</div> <div>Roentgenium</div> <div>(282)</div>												112 <div>Cn</div> <div>Copernicium</div> <div>(285)</div>												113 <div>Nh</div> <div>Nihonium</div> <div>(286)</div>												114 <div>Fl</div> <div>Flerovium</div> <div>(289)</div>												115 <div>Mc</div> <div>Moscovium</div> <div>(290)</div>												116 <div>Lv</div> <div>Livermorium</div> <div>(293)</div>												117 <div>Ts</div> <div>Tennessine</div> <div>(294)</div>												118 <div>Og</div> <div>Ogannesson</div> <div>(294)</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Gas Super <sup>7</sup>												Z E.N.												57 <div>1.1</div> <div>La</div> <div>Lanthanum</div> <div>138.91</div>												58 <div>1.12</div> <div>Ce</div> <div>Cerium</div> <div>140.12</div>												59 <div>1.13</div> <div>Pr</div> <div>Praseodymium</div> <div>140.91</div>												60 <div>1.14</div> <div>Nd</div> <div>Neodymium</div> <div>144.24</div>												61 <div>1.13</div> <div>Pm</div> <div>Promethium</div> <div>(145)</div>												62 <div>1.17</div> <div>Sm</div> <div>Samarium</div> <div>150.36</div>												63 <div>1.2</div> <div>Eu</div> <div>Europium</div> <div>151.96</div>												64 <div>1.2</div> <div>Gd</div> <div>Gadolinium</div> <div>157.25</div>												65 <div>1.1</div> <div>Tb</div> <div>Terbium</div> <div>158.93</div>												66 <div>1.22</div> <div>Dy</div> <div>Dysprosium</div> <div>162.50</div>												67 <div>1.23</div> <div>Ho</div> <div>Holmium</div> <div>164.93</div>												68 <div>1.24</div> <div>Er</div> <div>Erbium</div> <div>167.26</div>												69 <div>1.25</div> <div>Tm</div> <div>Thulium</div> <div>168.93</div>												70 <div>1.1</div> <div>Yb</div> <div>Ytterbium</div> <div>173.05</div>												71 <div>1.27</div> <div>Lu</div> <div>Lutetium</div> <div>174.97</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
NO HI												Sym												89 <div>1.1</div> <div>Ac</div> <div>Actinium</div> <div>(227)</div>												90 <div>1.3</div> <div>Th</div> <div>Thorium</div> <div>232.04</div>												91 <div>1.5</div> <div>Pa</div> <div>Protactinium</div> <div>231.04</div>												92 <div>1.38</div> <div>U</div> <div>Uranium</div> <div>238.03</div>												93 <div>1.36</div> <div>Np</div> <div>Neptunium</div> <div>(237)</div>												94 <div>1.28</div> <div>Pu</div> <div>Plutonium</div> <div>(244)</div>												95 <div>1.13</div> <div>Am</div> <div>Americium</div> <div>(243)</div>												96 <div>1.28</div> <div>Cm</div> <div>Curium</div> <div>(247)</div>												97 <div>1.3</div> <div>Bk</div> <div>Berkelium</div> <div>(247)</div>												98 <div>1.3</div> <div>Cf</div> <div>Californium</div> <div>(251)</div>												99 <div>1.3</div> <div>Es</div> <div>Einsteinium</div> <div>(252)</div>												100 <div>1.3</div> <div>Fm</div> <div>Fermium</div> <div>(257)</div>												101 <div>1.3</div> <div>Md</div> <div>Mendelevium</div> <div>(258)</div>												102 <div>1.3</div> <div>No</div> <div>Nobelium</div> <div>(259)</div>												103 <div>1.3</div> <div>Lr</div> <div>Lawrencium</div> <div>(266)</div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
NO <sub>2</sub> HBr																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			