

## Metals & Hydrogen Activity Series

Increasing Reducing Strength (Easier to Oxidize)

|  |  |
|--|--|
| Li → Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>            | React with water to produce H <sub>2</sub>                 |
| K → K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>              |  |
| Ba → Ba <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Sr → Sr <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Ca → Ca <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Na → Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>            |  |
| Mg → Mg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          | React with steam to produce H <sub>2</sub>                 |
| Al → Al <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>          |  |
| Mn → Mn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Zn → Zn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Cr → Cr <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Fe → Fe <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Cd → Cd <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Co → Co <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          | React with acids to produce H <sub>2</sub>                 |
| Ni → Ni <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Sn → Sn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Pb → Pb <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| H <sub>2</sub> → H <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> |  |
| Sb → Sb <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>          | Do not react with water or acids to produce H <sub>2</sub> |
| Bi → Bi <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>          |  |
| Cu → Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Hg → Hg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Ag → Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>            |  |
| Pt → Pt <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>          |  |
| Au → Au <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>          |  |

## Standard Reduction Potentials at 25°C\*

| Half-Reaction  | E° (V)      |
|--|-------------|
| F <sub>2</sub> (g) + 2e <sup>-</sup> → 2F <sup>-</sup> (aq)  | +2.87       |
| O <sub>3</sub> (g) + 2H <sup>+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → O <sub>2</sub> (g) + H <sub>2</sub> O  | +2.07       |
| Co <sup>3+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → Co <sup>2+</sup> (aq)   | +1.82       |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (aq) + 2H <sup>+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O  | +1.77       |
| PbO <sub>2</sub> (s) + 4H <sup>+</sup> (aq) + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → PbSO <sub>4</sub> (s) + 2H <sub>2</sub> O | +1.70       |
| Ce <sup>4+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → Ce <sup>3+</sup> (aq)   | +1.61       |
| MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (aq) + 8H <sup>+</sup> (aq) + 5e <sup>-</sup> → Mn <sup>2+</sup> (aq) + 4H <sub>2</sub> O                        | +1.51       |
| Au <sup>3+</sup> (aq) + 3e <sup>-</sup> → Au(s)  | +1.50       |
| Cl <sub>2</sub> (g) + 2e <sup>-</sup> → 2Cl <sup>-</sup> (aq)  | +1.36       |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> (aq) + 14H <sup>+</sup> (aq) + 6e <sup>-</sup> → 2Cr <sup>3+</sup> (aq) + 7H <sub>2</sub> O       | +1.33       |
| MnO <sub>2</sub> (s) + 4H <sup>+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Mn <sup>2+</sup> (aq) + 2H <sub>2</sub> O                                      | +1.23       |
| O <sub>2</sub> (g) + 4H <sup>+</sup> (aq) + 4e <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O  | +1.23       |
| Br <sub>2</sub> (l) + 2e <sup>-</sup> → 2Br <sup>-</sup> (aq)  | +1.07       |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (aq) + 4H <sup>+</sup> (aq) + 3e <sup>-</sup> → NO(g) + 2H <sub>2</sub> O   | +0.96       |
| 2Hg <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> (aq)  | +0.92       |
| Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → 2Hg(l)  | +0.85       |
| Ag <sup>+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → Ag(s)  | +0.80       |
| Fe <sup>3+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → Fe <sup>2+</sup> (aq)   | +0.77       |
| O <sub>2</sub> (g) + 2H <sup>+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (aq)   | +0.68       |
| MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (aq) + 2H <sub>2</sub> O + 3e <sup>-</sup> → MnO <sub>2</sub> (s) + 4OH <sup>-</sup> (aq)                        | +0.59       |
| I <sub>2</sub> (s) + 2e <sup>-</sup> → 2I <sup>-</sup> (aq)  | +0.53       |
| O <sub>2</sub> (g) + 2H <sub>2</sub> O + 4e <sup>-</sup> → 4OH <sup>-</sup> (aq)   | +0.40       |
| Cu <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Cu(s)  | +0.34       |
| AgCl(s) + e <sup>-</sup> → Ag(s) + Cl <sup>-</sup> (aq)  | +0.22       |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (aq) + 4H <sup>+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → SO <sub>2</sub> (g) + 2H <sub>2</sub> O                          | +0.20       |
| Cu <sup>2+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → Cu <sup>+</sup> (aq)  | +0.15       |
| Sn <sup>4+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Sn <sup>2+</sup> (aq)  | +0.13       |
| <b>2H<sup>+</sup>(aq) + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub>(g)</b>  | <b>0.00</b> |
| Pb <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Pb(s)  | -0.13       |
| Sn <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Sn(s)  | -0.14       |
| Ni <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Ni(s)  | -0.25       |
| Co <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Co(s)  | -0.28       |
| PbSO <sub>4</sub> (s) + 2e <sup>-</sup> → Pb(s) + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (aq)   | -0.31       |
| Cd <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Cd(s)  | -0.40       |
| Fe <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Fe(s)  | -0.44       |
| Cr <sup>3+</sup> (aq) + 3e <sup>-</sup> → Cr(s)  | -0.74       |
| Zn <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Zn(s)  | -0.76       |
| 2H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> (g) + 2OH <sup>-</sup> (aq)   | -0.83       |
| Mn <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Mn(s)  | -1.18       |
| Al <sup>3+</sup> (aq) + 3e <sup>-</sup> → Al(s)  | -1.66       |
| Be <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Be(s)  | -1.85       |
| Mg <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Mg(s)  | -2.37       |
| Na <sup>+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → Na(s)  | -2.71       |
| Ca <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Ca(s)  | -2.87       |
| Sr <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Sr(s)  | -2.89       |
| Ba <sup>2+</sup> (aq) + 2e <sup>-</sup> → Ba(s)  | -2.90       |
| K <sup>+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → K(s)  | -2.93       |
| Li <sup>+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → Li(s)  | -3.05       |

Metals do not react with water or acids.

Metals react with acids.

Metals react with steam.

Metals react with water.

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