

浮选过程物理化学基础

〔苏〕B·A·格列姆博茨基

郑飞 等译 王淀佐 校

冶金工业出版社

浮选过程物理化学基础

〔苏〕B.A. 格列姆博茨基

郑 飞 等译

王 淀 佐 校

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书是根据苏联“Недра”出版社1980年出版的《浮选过程物理化学基础》(Основаы физико-химии флотационных процессов) (第二版)译出的。作者是В.А.格列姆博茨基(Глембоцкий)。

书中阐述了物理化学及与它相邻的固体物理、化学、结晶化学、地球化学等基本原理。这些学科综合组成了有用矿物浮选过程的理论和工艺发展的科学基础。书中在讨论这些问题时,直接与浮选联系起来。书中应用物理和物理化学的各个原理从理论上解释现今浮选过程的许多现象。

本书是1972年出版的《浮选过程物理化学》一书的修订版。书中较全面地阐述了与矿物表面的水合作用、矿粒粘附气泡之行为等有关问题,以及水与矿物表面相互作用。本书可供科研机构的科学工作者、选矿厂工程技术人员,以及矿冶院校选矿专业师生参考。

本书第一篇和第三篇由郑飞翻译,第二篇由刘明鉴翻译,由郑飞校对。第一篇和第二篇经赵炳德技术校对。

全书由中南矿冶学院王淀佐校对。

浮选过程物理化学基础

[苏] В.А.格列姆博茨基

郑 飞 等译

王淀佐 校

*

冶金工业出版社出版

(北京市市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 13 字数 344 千字

1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷

印数000,001~2,500册

统一书号: 15062·4183 定价3.50元

前 言

近年来，有用矿物的浮选过程得到很大的发展。大量各种矿物进行浮选，证明这种方法通用，而且在工业上极有价值。

应当指出的是，在许多不属于矿物原料选别的新领域，越来越多地采用浮选。可以举出近年来迅速发展的离子和分子浮选作为例子。这种浮选可从有用组分浓度不高的溶液中，回收有用组分。在该情况下，采用化学法、电化学法和其它方法，可能在经济上不合算。

从文献中可知，浮选也用来分离液相中的细菌、使各种细菌分开、使糖和葡萄汁与固体杂质分离而提纯、分选种子、从植物产品中分出橡胶、清除水和空气中的固体杂质，以及分选盐类等。

最近几十年间，浮选过程的理论有了迅速的发展。达到了这样高度的理论水平，虽然并没有完全满足实践中的需要，然而却保证浮选在许多新领域的应用。例如，在冶炼厂用浮选方法分离铜-镍冰铜。

目前，许多企业的浮选发展水平，可以根据矿物原料的组成和可选性的一定波动，制定最佳化自动控制过程。

如果不汲取诸如物理化学、物理和固体化学、有机和胶体化学、结晶化学等这些科学的成就，就不可能进一步发展浮选过程的理论。

在撰写本书时，本书作者考虑到现在高等院校就学的未来选矿工程师们，不能得到足够的物理、固体化学、地质化学、物理化学和其它科学的知识，而这些科学知识在浮选领域中进行创造性工作又是必不可少的。因此，本书的目的之一，旨在帮助工程师们和研究人员迅速而且正确地理解对浮选很重要的一些相邻的科学部分，必要时，参阅专门文献，扩大和加深对某些问题的知

识。更重要的是使读者能容易创造性地应用本书所阐述的各个原理，来解决浮选的具体任务。为此，只要在可能的地方，就指出相邻科学的各个原理对浮选的意义，及其应用的方法。

但是，我们认为在本书中叙述对浮选有关的所有物理化学问题是不合适的，因为这样将增加本书的篇幅，而且因为某些问题在专门的浮选文献中已有详尽的叙述。

本书需要叙述大量材料，同时又缺乏类似的书籍，给本书的撰写带来困难。然而，本书作者希望该书将促进浮选领域的科学技术进步，将对这个领域的工作人员有所裨益。

在本书第二次修订再版时，作者力图尽可能地考虑读者的意见，特别是在全苏矿物原料科学研究所（ВИМС）和莫斯科中央地质勘探科学研究所（ЦНИГРИ）和乌斯奇·卡缅诺戈尔斯克的全苏有色金属矿冶科学研究所（ВНИИцветмет）集体讨论本书过程中所提出的意见。

在这次修订的本书第一、二部分，没有重大的修改。但在本书第三部分作了补充，这一部分在内容上与浮选过程最密切相关，而且还叙述了许多新的原理，这些原理表示物理概念和浮选过程中心环节基本行为的各个阶段的本质。

此外，扩大和发展了浮选中很重要的吸附理论各个原理，列举电场对矿浆和药剂强化作用的材料，对矿浆的离子组成作了物理-化学方面的阐述，并对吸附层的稳定性等问题作了叙述。

本书作者对提出有益批评意见的评论家们致以谢意。作者特别感谢技术科学博士И.А.卡科夫斯基（Каковский）教授，他对本书提出极其可贵的意见，并盛情为本书提供了值得重视的原始材料。

本书作者趁此机会向对本书撰写提出意见的所有读者致以衷心的感谢。

目 录

前言

第一篇 绪 论

第一章	原子、分子和化学键	1
第二章	热力学、化学平衡及相平衡	54

第二篇 浮选过程的相

第一章	固相	69
第一节	关于物质晶态和晶体结构的一般概念	69
第二节	晶体表面的不均匀性	85
第三节	晶格缺陷和晶格的全有序性	94
第四节	矿物的结晶化学特征和地球化学性质	107
第五节	矿物成因	152
第六节	半导体矿物	168
第二章	液相和气相	195
第一节	液态的一般性质	196
第二节	水、水的结构和其影响浮选的主要性质	199
第三节	烃类（非极性）液体	204
第四节	气相的一般物理化学性质	208

第三篇 浮选各相的相互作用

第一章	吸附过程的一般特性	215
第二章	物理吸附	228
第三章	化学吸附和化学多相反应	234
第四章	气体在固体和液体表面上的吸附	266
第五章	极性和非极性液体在固体表面上的吸附	272
第一节	水与固体表面的相互作用（水化层的形成）	272

第二节	离子的水化和固相及有机液体在水中的溶解度	277
第三节	非极性液体(烃类)在固体表面的吸附	307
第四节	固体表面上水化层和异极性捕收剂吸附层的共存与稳定性	311
第五节	水化层变化对矿粒向气泡粘附的影响	317
第六章	表面活性剂-水和烃-水体系的胶体化学状态及其相互作用	329
第一节	乳状液和乳化作用	329
第二节	胶束的形成	331
第三节	增溶作用	339
第七章	物理作用改变浮选体系各相性质的主要途径	343
第一节	在各种物理因素作用下矿物性质的改变	343
第二节	改变水、烃液体和气泡物理化学性质的物理作用	371
参考文献	386

第一篇 绪 论

第一章 原子、分子和化学键

对原子、分子结构和它们之间产生的键性质没有现代的概念，就不能理解在浮选工艺条件下接触的各相的相互作用。原子是一种由许多微粒组成的复杂体系。原子由带正电的原子核和带负电的、质量极小的粒子，即电子所组成。虽然原子核的直径约比原子的直径小十万多倍，但实际上，原子的整个质量都集中在原子核中。原子核由稳定的、带正电的基本粒子即质子和不稳定的电中性的基本粒子即中子所构成。质子的电荷等于符号相反的电子电荷。质子和中子的质量几乎相等。质子就是无电子的氢原子 (H^+)。原子核被松散的电子层所包围。电子层的负电荷正好抵消原子核的正电荷，此正电荷与原子核中质子的存在有关。因此原子中的电子总数目等于原子核中质子的总数目。

所有化学过程都是在原子核不参与下发生的，只与电子层有关。因此，原子的化学能取决于电子能。因此，为了理解化学过程 and 变化，必须知道原子中电子的主要性质和行为特征。

电子是基本粒子，它带有 4.8×10^{-10} 静电单位 (1.6×10^{-19} 库仑) 负电荷 (是最小的电荷)。电子 (静止) 的质量为 9.11×10^{-28} 克，约为氢原子质量的 $1/1837$ 。当电子绕原子核沿确定的轨道运转时，不放射也不吸收能量，仅在电子由较远的轨道跃迁到较近的轨道时才放射出能量；反之，则电子吸收能量。严格说来，电子所运行的轨道，相对原子核，是其中最大可能性的一种，但不是唯一的位置。

普朗克 (M. Planck) 证明，原子吸收或发射辐射能，只能是不连续的，并按一定的份量——量子的大小变化。

根据量子理论，光是众多单个的能量量子流，即光粒子束或称光子束。能量量子值 E 因不同的辐射而异，与频率 ν 成正比：

$$E = h\nu$$

式中 h ——普朗克常数，等于 6.625×10^{-27} 尔格·秒(6.625×10^{-34} 焦耳·秒)

这个常数也称为**作用量子** (Квант действия)。

在经典物理学中，“粒子”和“波”的概念是相互对立的。量子(波动)力学的规律与经典物理学的规律不同，它表明微观粒子具有二象性，微观粒子既表现出粒子性，同时又表现波动性。例如，微观粒子在碰撞时一方面像粒子，另一方面它又出现象电磁波所特有的特征，即干扰和衍射现象。微观粒子具有波粒二象性。德布罗意(L. de Broglie)的论点是：波动过程与每一运动的物质粒子相关，可根据下式求出其波长(厘米或米)

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

式中 h ——普朗克常数；

m ——粒子的质量，克(公斤)；

v ——粒子的速度，厘米/秒(米/秒)。

从上列方程式可以得出结论，静止的粒子应具有无限长的波长。波长将随着粒子运动速度的加快而减短。因为，质量大的粒子应该波长短(而且用实验方法实际上无法测出)，因而一般只说基本粒子的波动性，这样的粒子的特点是质量极小。对于电子，可以说它具有波动性，同时也认为它是具有一定质量的粒子。粒子的能态(Энергическое состояние)及其质量可用爱因斯坦(Einstein)所导出的关系式表示，根据该式：

$$E = mc^2$$

式中 m ——质量，克(公斤)；

c ——光速，等 3×10^{10} 厘米/秒(3×10^8 米/秒)；

E ——能量，尔格(焦耳)。

这个方程式不表明能量变为质量，或是质量变为能量，它仅

表明，质量随着能量的变化而变化。

粒子的质量及其速度的相互关系，可以用洛伦茨—爱因斯坦 (Lorentz-Einstein) 方程式表示：

$$m_v = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

式中 m_v ——运动的粒子的质量；

m_0 ——粒子静止的质量 ($v=0$) ；

v ——粒子的运动速度；

c ——光速。

从这个方程式可得出结论，随着粒子运动速度的加快，粒子的质量也增大，当粒子的运动速度达到光速时，质量无限大。

对于宏观粒子，当速度较小无法与光速相比时，可以不计质量和速度的关系，因为

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx 1$$

而 $m_v = m_0$ 。

在量子力学的发展过程中得知，由玻尔提出的、基于将电子作为经典粒子假设的原子行星结构模型，不能解释电子的一系列性质。过去关于电子像行星绕着太阳运转那样沿着严格确定的轨道绕核旋转的假说，只是给人系统和简单的概念。具有波粒性的电子好象在原子的所有空间中运动，形成所谓电子云。电子云的密度在不同的原子空间位置有所不同，这表明，电子在某一规定瞬间在这些空间位置具有较大或较小的几率。这一情况可用著名的薛定谔 (E. Schrödinger) 方程式来表示。

表示电子的四种量子数 电子和光子的运动和状态，首要的特征是具有它的能量，根据相应的量子力学，此能量只允许是严格确定的、不连续的值，即量子值。

电子在空间中运动状态具有三个迁移自由度，还有另外一个考虑到存在有电子绕其自身轴旋转的本身的动量矩和磁矩所形成

的自由度。因此，为了充分地以能量表征电子，必须有四个称为量子数的参数才能满足。这些量子数，如电子能量一样，可以采取一定值。

主量子数 n 表示电子的总贮能（能级）。

与门捷列夫元素周期表的周期相对应，主量子数可取整数，由 1 至 7，常相应以 K、L、M、N、O、P 和 Q 来表示。

角（轨道）量子数 l 表示某一能级电子的不同能态。

研究表明，某一能级的电子在能量方面彼此也有差异，换句话说，每一能级的电子可分为亚层。

必须指出，角量子数是由电子相对原子核的动量矩所决定的。量子数决定电子云的形状。角量子数 l 可取整数，由 0 至 $n-1$ 。例如， $n=4$ 时， l 可等于 0、1、2、3。然而，必须指出，对于每一能级，可能的亚层数，都不超过 4。这些亚层可用小写的拉丁字母表示。当 $l=0、1、2$ 和 3 时，亚层可分别用 s、p、d 和 f 表示。因此，这些亚层的电子就用 s、p、d 和 f 电子表示。考虑到 l 的最大值等于 $n-1$ ，第一能级 $n=1$ ，只有一个等于零的亚层，用 s 亚层表示；第二、第三和第四能级 l 分别等于 0 和 1（s 和 p 电子）；0、1 和 2（s、p 和 d 电子）；第四能级 0、1、2、3（s、p、d 和 f 电子）。如果 l 等于 0，则 s 电子相对原子核的动量矩也等于零。这指明，电子不绕核旋转，而只是离核向周边或相反旋转。此时，电子云呈球形。

磁量子数 m_l 表示电子的磁矩，表明电子云向所选择的方向，或向磁场方向的取向。磁量子数可取任何整数，可由 $-l$ 到 $+l$ ，包括零。例如，如 $l=2$ ，则 m_l 具有 $2l+1=4+1=5$ 值，即 $-2、-1、0、+1、+2$ 。

磁量子数 m_l 数值等于 $(2l+1)$ ，表明某亚层电子存在的能态数。因此，s 电子有一能态，p 电子有三能态 $(2l+1=3)$ ，d 电子有五能态，余此类推。能态用所谓能格（Энергетическая ячейка），即正方形的能格图表示。正方形中箭头表示电子。

各能级电子的各亚层排布列于表1。

表 1 各能级电子的各亚层的排布

能级 符号	亚层		磁量子数 m_l	能态数		最大电子数	
	主量子数 n	符号 角量子数 l		亚层中 $(2l+1)$	能级中 (n^2)	亚层中 $2(2l+1)$	能级中 $2n^2$
K	1	s	0	1	1	2	2
		L	2	s	0	1	4
		p		1	-1.0, +1	3	6
M	3	s	0	1	9	2	18
		p	1	-1.0, +1	3	6	
		d	2	-2, -1, 0, +1, +2	5	10	
N	4	s	0	1	16	2	32
		p	1	-1, 0, +1	3	6	
		d	2	-2, -1, 0, +1, +2	5	10	
		f	3	-3, -2, -1, 0, +1 +2, +3	7	14	

自旋量子数 m_s 表示电子自身的活动——自旋,即电子绕其自身轴旋转而产生磁矩。这个量子数仅可取两个值: $+1/2$ 和 $-1/2$, 根据本身电子的磁场(自旋)平行或不平行磁场取向而定。具有量子数值 n 、 l 和 m_s 相同、但自旋方向相反的二电子(电子对)称为成对的或不可分的电子对($\downarrow\uparrow$)。平行自旋的二电子称为未成对的电子对($\uparrow\uparrow$)。

电子在各能级、各亚层和各能态的排布,在原子结构中是很重要的。这个排布由保里(Pauli)原理、能量最低原理和洪特(Hund)规则所调节。

在原子的量子力学模型中,电子可表示为带负电荷的电子云,对于s电子,这种电子云具有球形对称的形状,假定可呈球形。p电子与s电子不同,它具有轴向对称。因此,p电子云可表示为哑铃形。

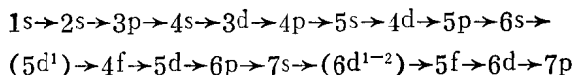
其它能态的电子的电子云，其形状较复杂，但对于化学来说，s 和 p 电子是最有意义的。

在多电子的原子中，电子自旋重叠，形成总的原子自旋。特别需要指出的是，s 电子对的总自旋，也和六个 p 电子一样，在原子常态下，总等于零。

氢分子的计算表明，只有当电子自旋方向相反时，其双原子的分子 H_2 才能有稳定的状态。在该情况下，两电子的电子云，在原子接近时，开始重叠，形成一个分子电子云。

保里原理 根据保里原理，一个原子，不可能有两个电子具有相同的一组四个量子数值。具体说明这个原理，可以指出，在一个能格中只可能有两个电子，而且自旋方向相反。两个电子具有三个相同的量子数： n 、 l 和 m_l 。如果假设在一个能格中还有第三个电子，那么就意味着三个电子中的两个电子具有相同的四个量子数，这就与保里原理相矛盾。根据保里原理，可以计算每一亚层最多可能的电子数。因为磁量子数 m_l 取决于角量子数 l ，此数值为 $2l+1$ ，也假设考虑到在能格中存在两个以下的相反自旋的电子，则每一亚层的电子总数为 $2(2l+1)$ 。因此，在 s 亚层最多的电子数为 $2(2 \times 0 + 1) = 2$ ；在 p 亚层为 $2(2 \times 1 + 1) = 6$ 个电子；在 d 亚层为 $2(2 \times 2 + 1) = 10$ 个电子；在 f 亚层为 $2(2 \times 3 + 1) = 14$ 个电子。能级中能态的数目等于 n^2 （见表1），而对于 1~4 能级分别为 1、4、9 和 16 个电子。这些能级的每一能级最多电子数等于 $2n^2$ ，对 1~4 能级分别为 2、8、18 和 32 个电子。

能量最低原理 电子填满原子中某能级的顺序必须是不先填满较高能级的位置，而是先填满较低能级的某些位置。由于电子的能量主要由主量子数 n 和角量子数 l 所决定，因此，先填满 $(n+l)$ 的和值最低的那些亚层。如果两个亚层 n 与 l 之合相等，则先填满 n 值小的亚层。当相近的亚层的能量彼此相差无几时，这个规则就例外。根据能量最低的原理，并考虑到所述的可能例外，能级和亚层的填满顺序如下：



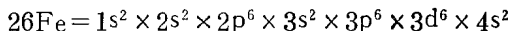
这里和本书以后所写的大的、第一个数字都指明能级 n ，然后才是亚层的名称。亚层的幂指数表明在该能级和亚层的电子数。

洪特规则 根据洪特规则，电子在某亚层范围内先在每一能格呈未成对（独对的）电子排布，使得在角量子数 l 某规定值下，其总自旋数 Σm_s 为最大。例如，如果在三个 p 能格中，必须排布 3 个电子，那么每一电子都将排布在单独的能格中。

当一个能格排布 2 个电子（成对的），第二个能格为一个单的电子，第三能格不填满，那么就不可能有另一种排布，因为这将与洪特规则相矛盾。实际上，在第一种电子排布方案下，总的自旋量子数为 $+1/2 + 1/2 + 1/2 = 3/2$ ，而第二方案为 $+1/2 - 1/2 + 1/2 = 1/2$ ，即比前者小。

应用保里原理和能量最低原理，以及洪特规则，并考虑到电子在原子各能级和各亚层中的填满顺序，可用所采用的符号，记录各种原子的电子公式及其电子示意图。假设需要绘制铁原子的电子公式和电子的排布示意图。铁在门捷列夫元素周期表中的原子序为 26。

因此，总电子数为 26。根据保里原理和能量最低的原理，铁原子的电子公式为



根据上述电子公式，铁原子电子的排布及其四个能级的示意图如图 1 所示。

第二能级 ($n=2$) 的能态数等于 n^2 ，即为 4。从所列的电子公式 26Fe 可见，在该能级有 8 个电子。显然，在第二能级的四个能格中，8 个电子成对地排布在每一能格中。第三能级 ($n=3$) 的能格数最多为 9。在其中必须排布 14 个电子。如果每格排布 1 个电子，那么还余 $14 - 9 = 5$ 个无法排布的电子。显然必须排布在头五格，这样头五格将排布为成对的电子。

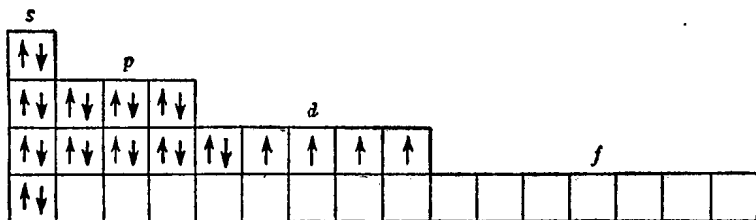
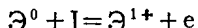


图 1 铁原子电子的排布

第四能级，可能有 $4^2 = 16$ 能格。但是因为根据电子公式在该能级排布总共 2 个电子，因此，很自然地这两个电子成对地排布在一个能格中。

化学变化和过程的特点是电子转移。元素的还原能力由给出电子的能力来评定，而氧化能力则由对电子的结合能力来评定。电子的转移总是需要消耗一定的能量。实现某元素原子在中性状态下 Θ^0 给出电子并变为正离子 Θ^{1+} ，需要消耗能量使电子脱离原子。这种能量称为**电离能**（电离势） I ，用千卡/（克·原子）电子伏特（eV）或千焦耳/（克·原子）表示。可以用下列方程式表示原子的电离过程

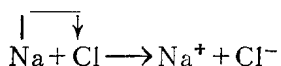


I 越小，元素的原子表现的还原性质就越强，其金属特性就越强。更确切地说，电离势等于从原子中依次分离第一个、第二个、第三个…电子，同时原子转变为具有一个、二个、三个、…电荷的正离子所需的能量。每个元素的第一电离势将最小，因为分离第二个电子时，已经不是从中性原子分出，而是从正离子中分离，因此需要大量的能耗。据此，第三电离势将比第二电离势高，余此类推。可以用钠和镁为例研究依次电离势之差：

钠 $I_1=5.14$; $I_2=42.29$; $I_3=71.65$

镁 $I_1=7.65$; $I_2=15.03$; $I_3=80.12$

原子的还原能力与电离势值密切相关，所以是表征金属性能。可以给出自己电子的原子或物质，称为还原剂。原子的电离势越小，其还原性质就越强。还原剂作用的全部化学过程(反应)称为还原过程。但是，一种化合物的电子损失，伴随着这些电子与另一原子(物质)结合，这样的整个反应称为氧化还原反应。例如当钠和氯中性原子相互作用时，电子由钠原子转移到氯原子。结果钠成为正离子，而氯为负离子。在该反应中，钠是还原剂，而氯为氧化剂：

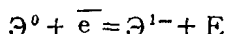


原子在外层具有一个、二个或三个电子的元素，即金属，都属于还原剂。贵金属是金属中最弱的还原剂，因为它们很难起氧化反应。在门捷列夫的元素周期表中，元素的还原能力沿着周期自左向右逐渐减弱。每一周期中，最强的还原剂是碱金属，最弱的还原剂是卤素。各种元素的负离子，即能把自己的电子给予另一些原子的离子都是还原剂。

负离子在与氧化剂接触时，可给出的多余电子越多，全部给出多余的电子就越容易。带有一个多余电子的离子的还原剂，要比带多个多余电子的离子的还原剂更弱。例如，氯的负离子是极弱的还原剂。只有像高锰酸阴离子那样的强氧化剂，才能将它转变为中性分子状态。具有 S^{2-} 离子的硫化氢分子也是比较强的还原剂。

负离子的半径也有很大意义。半径越大，给出多余电子就越容易。由于负离子的半径及其荷电呈现周期性的变化，因而这些离子的还原能力也呈现周期性的变化。

任何元素的中性原子得到电子并转为负离子的能力，以此时放出的能量 E 来评定。这种能量称为**电子的亲合能**，以电子伏特(eV) 千卡/(克·原子) 或焦耳/(克·原子) 表示：



电子的亲能和表示元素的非金属性能。E越大，这种性能就越强。卤素原子的电子亲和能最大。

得到电子的原子为氧化剂。必须注意到，每一元素，甚至惰性气体的原子，电子都可以脱离原子的外层。只有那些外层有4、5、6和7个电子的、可处于负价态的原子，才能亲固电子。由于电子的亲能和表示元素接受电子的能力，根据E值，可以判定其能力的大小。电子的亲能和[千卡/(克·原子)]: 氟为+81.2; 氯为+86.5; 溴为81.5; 碘为74.2; 氧为+56。卤素的氧化能力最强，碳族元素的氧化能力最弱。

电子脱离中性原子越难，所生成的正离子氧化能力就越强。因此，可以认为，电离势值大的原子的正离子是强氧化剂。例如贵金属离子。具有不同正化合价(不同电荷)的某元素离子，具有不同的氧化能力。例如三价铁的离子就比二价铁离子的氧化能力强。碱金属的正离子是最弱的氧化剂。离子的氧化能力呈现周期性的变化。

为了表征元素的性质，常常采用称为**电负性**的值，它是电离能与电子亲和能值的算术和：

$$e = I + E$$

电负性是元素非金属性的标度。电负性值越大，该元素非金属的程度就越大。电负性值可在各元素之间近似地比较，甚至不同族和不同周期的元素。

骤然看来，就可能假设，电子亲和能和电离势值(某一数量级之值)相同，仅仅符号不同。然而这并不正确，因为原子的电子层结构和稳定性，对电离势和电子亲和能的值影响很大。例如，惰性气体原子由于外电子层的稳定性极高，电离势极高，但是电子亲和能极小。也可发现其它元素的电离势和电子亲和能值之间差异极大(表2)。

必须指出，电负性也是衡量原子对于共价键电子对相对吸引力的标度。如果电负性相同的两个原子结合形成分子，则该分子