شیمی عمومی مهندسی

نفیسه فهیمی کاشانی

استادیار شیمی تجزیه
دانشکده شیمی
دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

ایمیل:nfahimi@iut.ac.ir

فصل ۱۳

واکنش های شیمیایی در محلول آبی

عدد (حالت) اکسایش

تعداد الکترون هایی که یک اتم از دست می دهد، به دست می آورد و یا به اشتراک میگذارد (در مورد ترکیب های کووالانسی، بارهای فرضی).

✓ **عدد اکسایش یون های یک اتمی برابر با بار آن یون است.**

به عنوان مثال: در $NaCl$، عدد اکسایش سدیم در Na^+ برابر +۱و عدد اکسایش Cl^- برابر -۱ است.

✓ **عدد اکسایش اتم ها در یک مولکول کووالانسی را می توان با دادن الکترون های هر پیوند به اتم الکترونگاتیو به دست آورد.**

به عنوان مثال در HCl، به علت الکترونگاتیو بودن اتم کلر، هر دو الکترون پیوند کووالانسی به اتم کلر داده می شود. بنابراین عدد اکسایش اتم کلر به علت گرفتن یک الکترون اضافی -۱ و عدد اکسایش اتم هیدروژن به علت ازدست دادن الکترون +۱ است.

✓ **در مورد مولکول های که از اتم های یکسان تشکیل شده اند. الکترون های پیوندی به طور مساوی بین اتم های تشکیل دهنده پیوند تقسیم شده اند. بنابراین عدد اکسایش هر دو اتم صفر است.**

به عنوان مثال، در Cl_2، عدد اکسایش دو اتم برابر با صفر است.

مجموع اعداد اکسایش اتم ها در یک ترکیب برابر صفر است.

قواعد مورد نیاز برای تعیین عدد اکسایش

۱- عدد اکسایش اتم های ترکیب نشده (آزاد یا تنها) و اتم های که عناصر مولکولی را تشکیل می دهند صفر است.

۲- مجموع اعداد اکسایش اتم ها در یک ترکیب خنثی، مثل اتم های تنها، مولکول ها، واحدهای فرمولی صفر است.

۳- عدد اکسایش یون ها تک اتمی برابر با بار یون است.

- فلزات گروه اول اصلی مانند: Cs, Rb, K, Na, Li همواره عدد اکسایش +۱دارند.
- فلزات گروه دوم اصلی مانند: Ba, Sr, Ca, Mg, Be همواره عدد اکسایش +۲دارند.

۴- مجموع اعداد اکسایش اتم های تشکیل دهنده یک یون چند اتمی برابر با بار آن یون است.

(مجموع عدد اکسایش برای Fe^{3+} عدد +۳ و برای MnO_4^- -۱ است)

۵- عدد اکسایش فلوئور، الکترونگاتیوترین اتم، در تمامی ترکیبات -۱ است. (HF, ClF_3, SF_6)

۶- عدد اکسایش اکسیژن، در اغلب ترکیبات اکسیژن دار -۲ است. ($H_2O, CO_2, KMnO_4$)

استثنا

الف) در پراکسیدها (O_2^{2-}) عدد اکسایش -۱ است.

ب در یون سوپراکسید (O_2^-) عدد اکسایش $-\frac{1}{2}$است.

ج) در OF_2 عدد اکسایش +۲ است.

۷- عدد اکسایش هیدروژن در تمامی ترکیبات +۱ است. (H_2S, NH_3, CH_4)

استثنا

در هیدریدهای فلزی عدد اکسایش هیدروژن -۱ است**(CaH_2 , NaH, LiH)**

۸- در ترکیبات دو نافلز، عدد اکسایش عنصر الکترونگاتیوتر، منفی و برابر بار یون یک اتمی آن عنصر است.

به عنوان مثال: در PCl_3، عدد اکسایش کلر -۱ و عدد اکسایش فسفر +۳ است.

۹- در یک ترکیب دوتایی فلز و نافلز، عدد اکسایش نافلز گروه ۷ اصلی (-۱)، ۶ اصلی (-۲) و ۵ اصلی (-۳) است. (Li_3N)

قواعد مورد نیاز برای تعیین عدد اکسایش(O.S)

برخی از عناصر، گستره ای از اعداد اکسایش را در ترکیبات خود نشان می دهند.

مانند : نیتروژن اعداد اکسایش از ۳- (در NH_3) تا ۵+ (HNO_3)

۱- بالاترین عدد اکسایش یک عنصر خانواده عناصر اصلی برابر با شماره گروه آن عنصر است.

۲- پایین ترین عدد اکسایش یک عنصر خانواده عناصر اصلی در ترکیب آن عنصر برابر با بار یون یک اتمی آن عنصر است.

مانند : بالاترین عدد اکسایش فسفر(عنصری از گروه VA) برابر با ۵+ (مانند در H_3PO_4) است.
=پایین ترین عدد اکسایش فسفر ۳– (مانند: PH3) است.

تمرین

O.S.

P_4 (0) Al_2O_3 (+3) MnO_4^- (+7) NaH (-1) H_2O_2 (-1) Fe_3O_4 (+8/3) KO_2 (-1/2)
ClF (+1) BrO_4^- (+7) $IO3^-$ (+5)

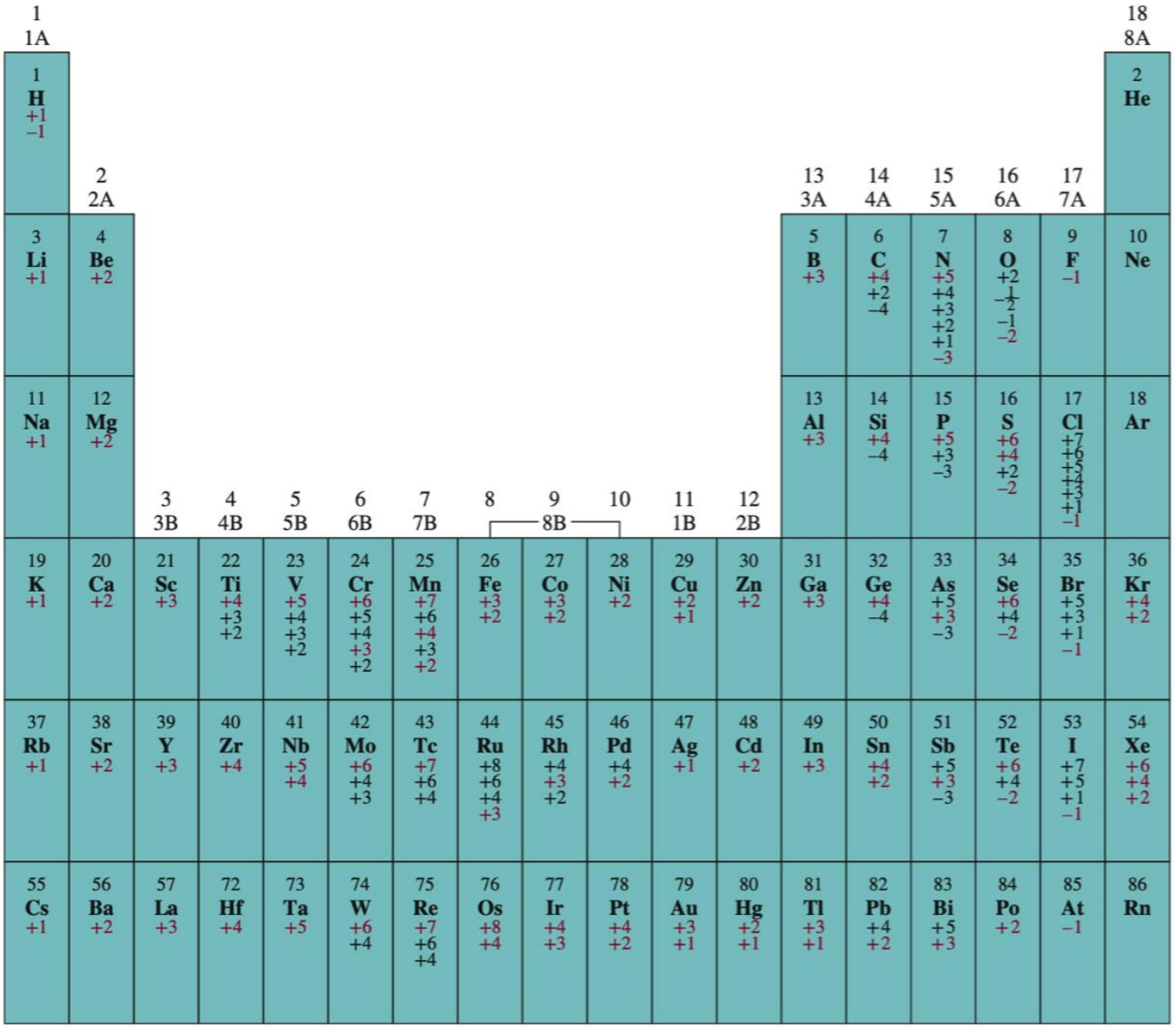


Figure 4.11 *The oxidation numbers of elements in their compounds. The more common oxidation numbers are in color.*

تمرین

O.S. P_4 (0) Al_2O_3 (+3) MnO_4^- (+7) NaH (-1) H_2O_2 (-1) Fe_3O_4 (+8/3) KO_2 (-1/2) ClF (+1) BrO_4^- (+7) $IO3^-$ (+5)

عدد اکسایش عنصر مشخص شده در هر یک از ترکیبات زیر را تعیین کنید:

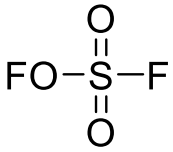
الف) B در $Ca_2B_2O_4$

$$Ca_2B_2O_4 \rightarrow (2 \times (+2)) + (2 \times B) + (4 \times (-2)) = 0 \rightarrow +4 + 2B - 8 = 0 \rightarrow B = +2$$

ب) V در VO_2^{2+}

$$VO_2^{2+} \rightarrow V + (2 \times (-2)) = +2 \rightarrow V - 4 = +2 \rightarrow V = +6$$

ج) S در SO_3F_2



$$SO_3F_2 \rightarrow S + (2 \times (-2)) + (2 \times (-1)) = 0 \rightarrow S - 4 - 2 = 0 \rightarrow S = +6$$

د) Te در H_6TeO_6

$$H_6TeO_6 \rightarrow (6 \times (+1)) + Te + (6 \times (-2)) = 0 \rightarrow +6 + Te - 12 = 0 \rightarrow Te = +6$$

ه) P در P_4O_8

$$P_4O_8 \rightarrow (4 \times P) + (8 \times (-2)) = 0 \rightarrow 4P - 16 = 0 \rightarrow P = +4$$

و) P در OPF_3

$$OPF_3 \rightarrow -2 + P + (3 \times (-1)) = 0 \rightarrow P - 5 = 0 \rightarrow P = +5$$

واکنش های اکسایش – کاهش

واژه اکسایش، ابتدا در مورد واکنش هایی به کار گرفته می شد که در آنها مواد با اکسیژن وارد واکنش می شد.
همچنین واکنش کاهش، واکنشی که درآن از یک ترکیب اکسیژن دار، اکسیژن حذف می شد.

امروزه:
اکسایش فرآیندی که در آن عدد اکسایش یک اتم افزایش می یابد. (گونه الکترون از دست می دهد)
کاهش فرآیندی که در آن عدد اکسایش یک اتم کاهش می یابد. (گونه الکترون دریافت می کند.)

اکسایش و کاهش به تنهایی نمی تواند رخ دهد

- ✓ **ترکیب کاهیده شده: عامل اکسایش = اکسیدکننده = اکسیدان = اکسنده**
- ✓ **ترکیب اکسید شده: عامل کاهش=کاهنده**

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$
$$0 \quad 0 \quad 4+\ 2-$$

گوگرد ....

اکسیژن .....

کاهیده شده
عامل اکسایش

اکسید شده
عامل کاهش

موازنه کردن معادلات واکنش های اکسایش – کاهش

دو روش متداول برای موازنه کردن وجود دارد.

- ✓ **روش یون-الکترون**
- ✓ **روش عدد اکسایش**

✓ روش یون-الکترون

در این روش برای موازنه کردن از معادله های جزئی که بیانگر نیم واکنش ها هستند، استفاده می شود.
یک معادله جزئی برای واکنش اکسایش (نیمه واکنش اکسایش) و یک معادله جزئی برای کاهش (نیمه واکنش کاهش) نوشته می شود.
معادله نهایی: مجموع نیمه واکنش ها به گونه ای که تعداد الکترون های از دست رفته برابر با تعداد الکترون های گرفته شده، برابر باشد

- **این روش به دو دسته محیط اسیدی و محیط قلیائی تقسیم بندی می شود.**

موازنه کردن معادلات واکنش های اکسایش – کاهش

- **برای واکنشهایی که در محلول اسیدی انجام می‌شوند :**

الف) برای اتم اکسیژن مورد نیاز، یک H_2O به آن طرف معادله جزئی که کمبود اکسیژن دارد، اضافه می‌کنیم.

ب) هیدروژن را هم با افزودن H^+، موازنه می‌کنیم.

تمرین

معادلات زیر را با استفاده از روش یون-الکترون کامل و موازنه کنید تمام واکنش ها در محلول اسیدی صورت می گیرد.

$$Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+}$$

مرحله اول تقسیم واکنش به نیم واکنش اکسید (اکسایش) و احیا (کاهش)

$$\begin{cases} Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} \\ Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} \end{cases}$$

مرحله دوم موازنه اکسیژن و هیدروژن نیم واکنش ها با افزایش H^+ و H_2O

$$\begin{cases} Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} \\ 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \end{cases}$$

مرحله سوم موازنه نیم واکنش ها از لحاظ بار الکتریکی با اضافه کردن الکترون

$$\begin{cases} \boldsymbol{Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-} \\ \boldsymbol{6e^- + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O} \end{cases}$$

مرحله چهارم برابر کردن نیم واکنش ها

$$\begin{cases} \boldsymbol{6Fe^{2+} \rightarrow 6Fe^{3+} + 6e^-} \\ \boldsymbol{6e^- + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O} \end{cases}$$

مرحله آخر مجموع دو نیمه واکنش

$$\boldsymbol{6Fe^{2+} + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O}$$

تمرین

$$As_2S_3 + ClO_3^- \rightarrow H_3AsO_4 + S + Cl^-$$

مرحله اول تقسیم واکنش به نیم واکنش اکسید (اکسایش) و احیا (کاهش)

$$\begin{cases} As_2S_3 \rightarrow 2H_3AsO_4 + 3S \\ ClO_3^- \rightarrow Cl^- \end{cases}$$

مرحله دوم موازنه اکسیژن و هیدروژن نیمه واکنش ها با افزایش H^+ و H_2O

$$\begin{cases} 8H_2O + As_2S_3 \rightarrow 2H_3AsO_4 + 3S + 10H^+ \\ 6H^+ + ClO_3^- \rightarrow Cl^- + 3H_2O \end{cases}$$

مرحله سوم موازنه نیمه واکنش ها از لحاظ بار الکتریکی با اضافه کردن الکترون

$$\begin{cases} 8H_2O + As_2S_3 \rightarrow 2H_3AsO_4 + 3S + 10H^+ + 10e^- \\ 6e^- + 6H^+ + ClO_3^- \rightarrow Cl^- + 3H_2O \end{cases}$$

مرحله چهارم برابر کردن نیمه واکنش ها

$$\begin{cases} 24H_2O + 3As_2S_3 \rightarrow 6H_3AsO_4 + 9S + 30H^+ + 30e^- \\ 30e^- + 30H^+ + 5ClO_3^- \rightarrow 5Cl^- + 15H_2O \end{cases}$$

مرحله آخر مجموع دو نیمه واکنش

$$9H_2O + 3As_2S_3 + 5ClO_3^- \rightarrow 6H_3AsO_4 + 9S + 5Cl^-$$

موازنه کردن معادلات واکنش های اکسایش – کاهش

- **برای واکنشهایی که در محلول اسیدی انجام می‌شوند :**

الف) برای اتم اکسیژن مورد نیاز، یک H_2O به آن طرف معادله جزئی که کمبود اکسیژن دارد، اضافه می‌کنیم.

ب) هیدروژن را هم با افزودن H^+، موازنه می‌کنیم.

- **برای واکنش‌هایی که در محلول بازی انجام می‌شوند :**

الف) برای هر اتم اکسیژن مورد نیاز، یک H_2O به آن طرف معادله جزئی که کمبود اکسیژن دارد اضافه می‌کنیم.

ب) به ازای هر اتم هیدروژن مورد نیاز، یک H_2O به ان طرف معادله جزئی که کمبود هیدروژن دارد اضافه می‌کنیم و یک OH^- نیز در سمت مقابل قرار می‌دهیم.

سپس مشابه حالت اسیدی موازنه را انجام می دهیم.

تمرین

معادلات زیر را با استفاده از روش یون-الکترون کامل و موازنه کنید تمام واکنش ها در محلول قلیائی صورت می گیرد.

$$S^{2-} + I_2 \rightarrow SO_4^{2-} + I^-$$

مرحله اول تقسیم واکنش به نیم واکنش اکسید و احیا

$$\begin{cases} S^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} \\ I_2 \rightarrow 2I^- \end{cases}$$

مرحله دوم موازنه اکسیژن و هیدروژن نیم واکنش ها با افزایش OH^- و H_2O

$$\begin{cases} 8\,OH^- + 4\,H_2O + S^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} + 8H_2O \\ I_2 \rightarrow 2I^- \end{cases} \Longrightarrow 8\,OH^- + S^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} + 4H_2O$$

مرحله سوم موازنه نیم واکنش ها از لحاظ بار الکتریکی با اضافه کردن الکترون

$$\begin{cases} 8\,OH^- + S^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} + 4H_2O + 8\,e^- \\ 2\,e^- + I_2 \rightarrow 2I^- \end{cases}$$

مرحله چهارم برابر کردن نیم واکنش ها

$$\begin{cases} 8\,OH^- + S^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} + 4H_2O + 8\,e^- \\ 8\,e^- + 4I_2 \rightarrow 8I^- \end{cases}$$

مرحله آخر مجموع دو نیمه واکنش

$$8\,OH^- + S^{2-} + 4I_2 \rightarrow 8I^- + SO_4^{2-} + 4H_2O$$

تمرین

$$Cr(OH)_3 + BrO^- \rightarrow CrO_4^{2-} + Br^-$$

مرحله اول تقسیم واکنش به نیم واکنش اکسایش و کاهش

$$\begin{cases} Cr(OH)_3 \rightarrow CrO_4^{2-} \\ BrO^- \rightarrow Br^- \end{cases}$$

مرحله دوم موازنه اکسیژن و هیدروژن نیم واکنش ها با افزایش OH^- و H_2O

$$\begin{cases} 5\,OH^- + H_2O + Cr(OH)_3 \rightarrow CrO_4^{2-} + 5H_2O \\ 2H_2O + BrO^- \rightarrow Br^- + H_2O + 2\,OH^- \end{cases} \Rightarrow \quad 5OH^- + Cr(OH)_3 \rightarrow CrO_4^{2-} + 4H_2O \quad \Rightarrow \quad H_2O + BrO^- \rightarrow Br^- + 2\,OH^-$$

مرحله سوم موازنه نیم واکنش ها از لحاظ بار الکتریکی با اضافه کردن الکترون

$$\begin{cases} 5\,OH^- + Cr(OH)_3 \rightarrow CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3\,e^- \\ 2\,e^- + H_2O + BrO^- \rightarrow Br^- + 2\,OH^- \end{cases}$$

مرحله چهارم برابر کردن نیم واکنش ها

$$\begin{cases} 10\,OH^- + 2Cr(OH)_3 \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 8H_2O + 6\,e^- \\ 6\,e^- + 3H_2O + 3BrO^- \rightarrow 3Br^- + 6\,OH^- \end{cases}$$

مرحله آخر مجموع دو نیمه واکنش

$$4\,OH^- + 2Cr(OH)_3 + 3BrO^- \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 5H_2O + 3Br^-$$

واکنشی که در آن یک ترکیب هم اکسید شده و هم کاهیده می شود، **تسهیم نامتناسب** یا **خود اکسایش- کاهش** گویند.

تمرین

معادلات زیر را با استفاده از روش یون-الکترون کامل و موازنه کنید تمام واکنش ها در محلول قلیائی صورت می گیرد.

$$S \rightarrow SO_3^{2-} + S^{2-}$$

$$\begin{cases} S \rightarrow SO_3^{2-} \\ S \rightarrow S^{2-} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6\,OH^- + 3H_2O + S \rightarrow SO_3^{2-} + 6\,H_2O \Rightarrow 6\,OH^- + S \rightarrow SO_3^{2-} + 3H_2O \\ S \rightarrow S^{2-} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6\,OH^- + S \rightarrow SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- \\ 2e^- + S \rightarrow S^{2-} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6\,OH^- + S \rightarrow SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- \\ 4e^- + 2S \rightarrow 2S^{2-} \end{cases}$$

$$6\,OH^- + 3S \rightarrow SO_3^{2-} + 3H_2O + 2S^{2-}$$

✓ روش عدد اکسایش

در این روش سه مرحله وجود دارد:

۱- عدد اکسایش اتم ها درگیر واکنش های اکسایش یا کاهش تعیین شود.
۲- اضافه کردن ضرایب به گونه ای که کاهش کل و افزایش کل در عدد اکسایش برابر شود.
۳- در انتها موازنه واکنش که در ابتدا موازنه الکترونی و سپس موازنه مابقی عناصر انجام شود.

تمرین

واکنش های زیر را با استفاده از تغییر عدد اکسایش موازنه کنید.

$$Fe^{2+} + H^+ + ClO_3^- \rightarrow Fe^{3+} + Cl^- + H_2O$$

مرحله اول: اعداد اکسایش اتم ها تعیین شود

$$\underset{+2}{Fe^{2+}} + \underset{+1}{H^+} + \underset{+5\ -2}{ClO_3^-} \rightarrow \underset{+3}{Fe^{3+}} + \underset{-1}{Cl^-} + \underset{+1\ -2}{H_2O}$$

۶ درجه کاهش

مرحله دوم: انتقالات الکترونی مشخص شود.

$$Fe^{2+} + H^+ + ClO_3^- \rightarrow Fe^{3+} + Cl^- + H_2O$$

۱ درجه اکسایش

مرحله سوم موازنه الکترونی

$$6Fe^{2+} + H^+ + ClO_3^- \rightarrow 6Fe^{3+} + Cl^- + H_2O$$

مرحله چهارم موازنه مابقی عناصر

$$6Fe^{2+} + 6H^+ + ClO_3^- \rightarrow 6Fe^{3+} + Cl^- + 3H_2O$$

تمرین

$$Cu + H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow Cu^{2+} + SO_2 + H_2O$$

مرحله اول: اعداد اکسایش اتم ها تعیین شود

$$\underset{0}{Cu} + \underset{+1}{H^+} + \underset{+6\ -2}{SO_4^{2-}} \rightarrow \underset{+2}{Cu^{2+}} + \underset{+4-2}{SO_2} + \underset{+1\ -2}{H_2O}$$

مرحله دوم: انتقالات الکترونی مشخص شود.

۲درجه کاهش

$$Cu + H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow Cu^{2+} + SO_2 + H_2O$$

۲ درجه اکسایش

مرحله سوم موازنه الکترونی

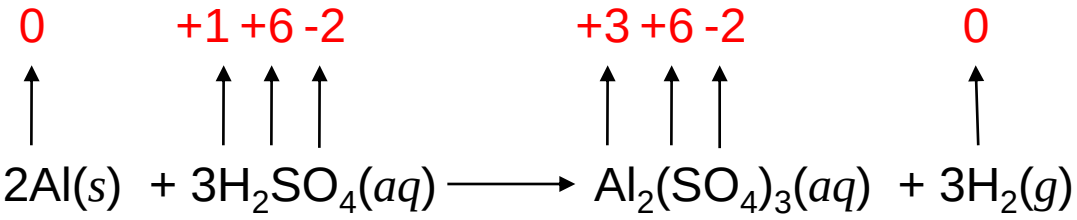
$$Cu + H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow Cu^{2+} + SO_2 + H_2O$$

$$Cu + 4H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow Cu^{2+} + SO_2 + 2H_2O$$

مرحله چهارم موازنه مابقی عناصر

تمرین

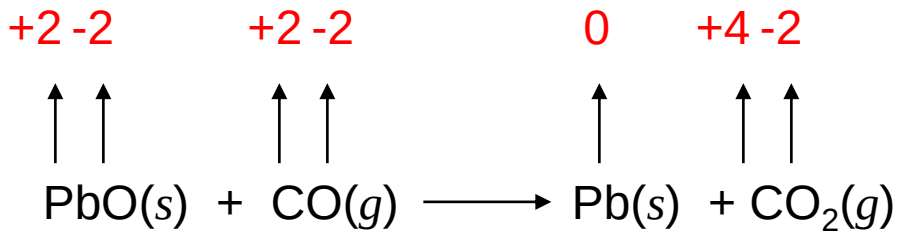
گونه اکسنده و کاهنده را در واکنش های زیر مشخص کنید:



PbO(s)

2H2(g)

عدد اکسایش آلومینیوم افزایش یافته است. این ترکیب اکسید شده و بنابراین یک کاهنده است.
عدد اکسایش هیدروژن کاهش یافته است. این ترکیب احیا شده (کاهش یافته) و بنابراین یک اکسنده است.
عدد اکسایش گوگرد و اکسیژن تغییری نکرده است.



عدد اکسایش کربن افزایش یافته است. این ترکیب اکسید شده و بنابراین یک کاهنده است.
عدد اکسایش سرب کاهش یافته است. این ترکیب احیا شده (کاهش یافته) و بنابراین یک اکسنده است.
عدد اکسایش اکسیژن تغییری نکرده است.

تمرین

گونه اکسنده و کاهنده را در واکنش های زیر مشخص کنید:

$$2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(aq) \rightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$$

واکنش های زیر را موازنه کنید:

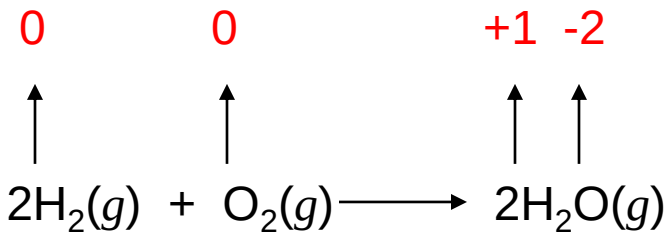
$$HNO_3(aq) + C_2H_6O(aq) + K_2Cr_2O_7(aq) \rightarrow KNO_3(aq) + C_2H_4O(aq) + H_2O(l) + Cr(NO_3)_3(aq)$$

$$K_2Cr_2O_7(aq) + HI(aq) \rightarrow KI(aq) + CrI_3(aq) + I_2(s) + H_2O(l)$$

$$HNO_3(aq) + KI(aq) \rightarrow NO(g) + I_2(s) + H_2O(l) + KNO_3(aq)$$

تمرین

گونه اکسنده و کاهنده را در واکنش های زیر مشخص کنید:



عدد اکسایش هیدروژن افزایش یافته است. این ترکیب اکسید شده و بنابراین یک کاهنده است.
عدد اکسایش اکسیژن کاهش یافته است. این ترکیب احیا شده (کاهش یافته) و بنابراین یک اکسنده است.

تمرین

عدد اکسایش گونه های زیر را مشخص کنید:

- (Cl)$HClO_4$ (پرکلریک اسید، اکسنده قوی)
- (S) $Na_2S_2O_5$ (سدیم متا بیسولفیت)
- (P) $Na_5P_3O_{10}$
- (I) I_2
- (P,S,Cl) $H_2PO_2^-$, H_2S $KClO_4$

سنجش حجمی

سنجش حجمی بر اندازه گیری دقیق حجم یک محلول استوار است.
در این سنجش از روشی به نام تیتر کردن استفاده می شود.

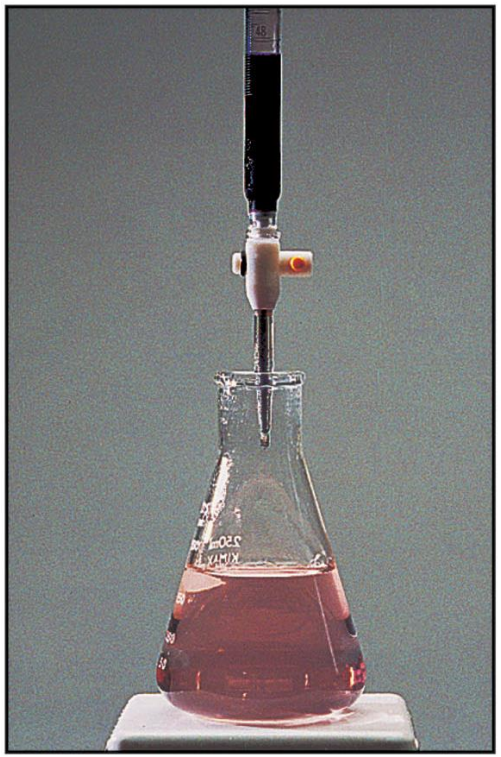
✓ **محلول استاندارد:**
محلولی با غلظت معین که برای تعیین غلظت دقیق ماده دیگر (محلول مجهول یا محلول آنالیت) به کار می رود.

تیتراسیون معمولا با افزودن محلول استاندارد از یک بورت و یا از یک وسیله ی اندازه گیری حجمی دیگر به حجم معینی از محلول آنالیت انجام می گیرد تا اینکه واکنش بین آن ها کامل شود.
نقطه ای که در آن این عمل انجام می گیرد و در آن مقدار واکنش گر استاندارد افزوده شده از نظر شیمیایی دقیقا هم ارز آنالیت است، **نقطه هم ارزی یا نقطه اکی والان** نامیده می شود.

- ***انواع تیتراسیون های حجمی:***

الف) تیتراسیون های خنثی شدن اسید و باز
ب) تیتراسیون های اکسایش – کاهش
ج) تیتراسیون های رسوبی

تیتراسیون اکسایش – کاهش



Net ionic equation:

$$\overset{+7}{2MnO_4^-}(aq) + \overset{+3}{5C_2O_4^{2-}}(aq) + 16H^+(aq) \longrightarrow \overset{+2}{2Mn^{2+}}(aq) + \overset{+4}{10CO_2}(g) + 8H_2O(l)$$

تمرین

۱/۰۰ گرم نمونه شامل Fe^{2+} در ۳۰/۰۰ میل لیتر آب حل شده و محلول به وسیله $KMnO_4$، ۰/۰۲۰۰ مولار تیتر شده است. در این واکنش Fe^{2+} به Fe^{3+} اکسیده شده در MnO_4 به Mn^{2+} کاهیده شده است. برای رسیدن به نقطه هم ارزی ۳۵/۸ میلی لیتر محلول $KMnO_4$ مصرف شده است. الف) معادله شیمیایی این واکنش را بنویسید ب) درصد جرمی Fe در این نمونه چقدر است؟

$$8H^+ + MnO_4^{-1} + 5Fe^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4\,H_2O$$

$$5\,mol_{Fe^{2+}} \equiv 1\,mol_{MnO_4^{-1}}$$

$$\left(35.80\,mL_{MnO_4^{-1}} \times 0.0200\,\frac{mol_{MnO_4^{-1}}}{1\,L_{MnO_4^{-1}}} \times \frac{1L_{MnO_4^{-1}}}{1000\,mL_{MnO_4^{-1}}}\right) \times \left(\frac{5\,mol_{Fe^{2+}}}{1\,\mathrm{mol}_{MnO_4^{-1}}}\right) \times \left(\frac{55.845\,g_{Fe^{2+}}}{1\,mol_{Fe^{2+}}}\right)$$
$$= 0.1999 g_{Fe^{2+}}$$

$$\begin{array}{ll} 1 & 0.1999 \\ 100 & wt\% = 19.99\% \end{array}$$

تمرین

یون کلسیم (Ca^{2+}) نقش مهمی در فرآیند سلولی ایفا می کند. غلظت غیرمتعارف کلسیم در خون نشان دهنده بیماری است. جهت اندازه گیری غلظت Ca^{2+} ۱ میلی لیتر از خون انسان با سدیم اگزالات تیتر شده. رسوب کلسیم اگزالات تشکیل شده صاف شده و در H_2SO_4 حل شد. این محلول نیازمند ۲/۰۵ میلی لیتر از محلول 4.88×10^{-4} M $KMnO_4$ برای رسیدن به نقطه پایانی است.

$$KMnO_4(aq) + CaC_2O_4(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow MnSO_4(aq) + K_2SO_4(aq) + CaSO_4(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

الف) تعداد مول های کلسیم را محاسبه کنید.

ب) غلظت مولار و غلظت (mg/mL) کلسیم در خون را محاسبه کنید.

$$2.05\text{mL} \times \frac{\text{L}}{10^3\ \text{mL}} \times \frac{4.88\times10^{-4}\ \text{mol KMnO}_4}{\text{L}} = 1.00\times10^{-6}\text{mol KMnO}_4$$

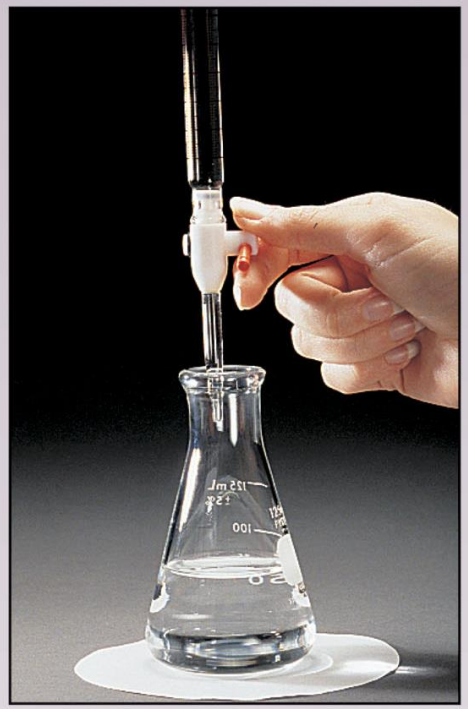
$$1.00\times10^{-6}\text{mol KMnO}_4 \times \frac{5\text{mol CaC}_2\text{O}_4}{2\text{mol KMnO}_4} = 2.50\times10^{-6}\ \text{mol CaC}_2\text{O}_4$$

$$2.50\times10^{-6}\ \text{mol CaC}_2\text{O}_4 \times \frac{1\text{mol Ca}^{2+}}{1\text{mol CaC}_2\text{O}_4} = 2.50\times10^{-6}\ \text{mol Ca}^{2+}$$ در یک میلی لیتر

$$= 2.50\times10^{-3}\ \text{M Ca}^{2+}$$ در یک لیتر

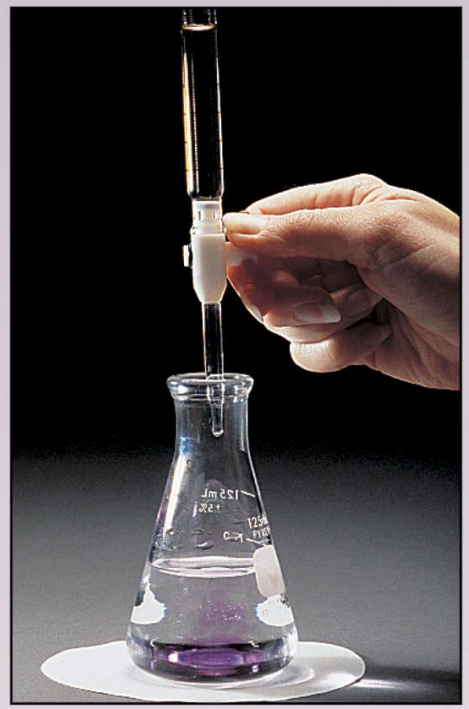
$$\frac{2.50\times10^{-3}\ \text{mol Ca}^{2+}}{1000\text{mL blood}} \times \frac{40.08\text{g Ca}^{2+}}{\text{mol Ca}^{2+}} \times \frac{\text{mg}}{10^{-3}\text{g}} = 0.1\ \text{mg/mL}$$

تیتراسیون اسید- باز



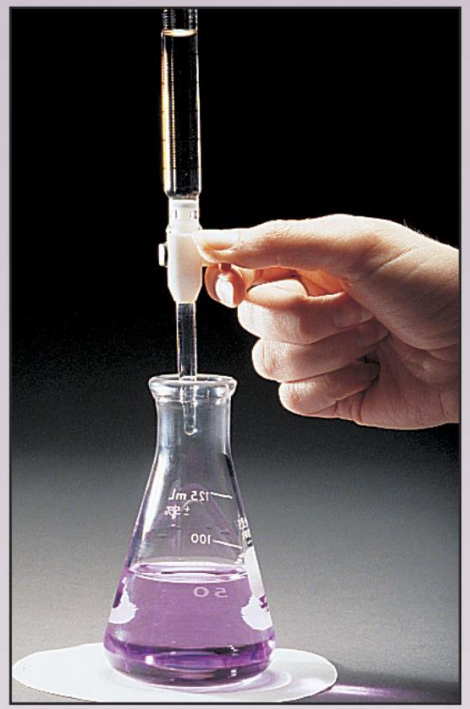
A

تیتراسیون اسید با غلظت نا معلوم



B

نقطه هم ارزی



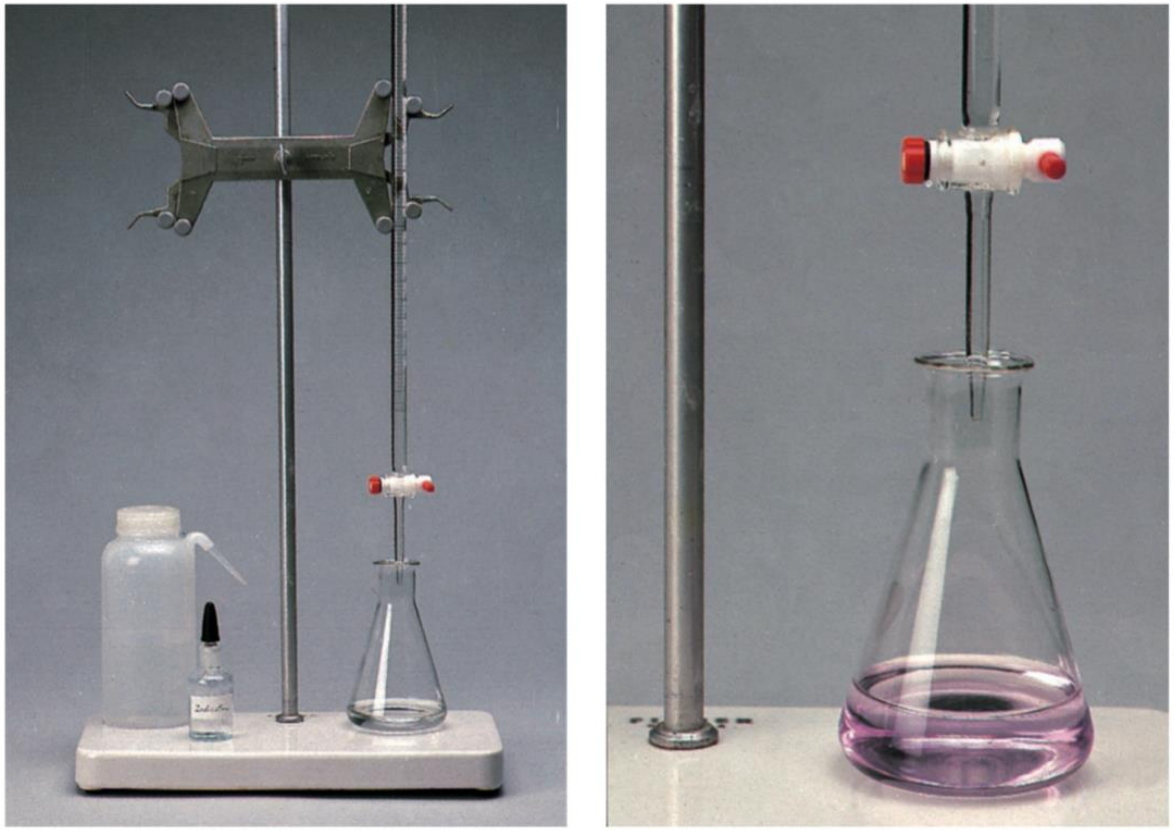
C

نقطه پایانی

$$H^+(aq) + X^-(aq) + M^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l) + M^+(aq) + X^-(aq)$$

تیتراسیون اسید- باز : تعیین غلظت NaOH توسط KHP

KHP = Potassium hydrogen phthalate



(a) (b)

تمرین

برای خنثی سازی ۱/۲۵۰ گرم نمونه ناخالص $Mg(OH)_2$، ۲۹/۵۰ میلی لیتر محلول HCl ۰/۶۰۰۰ مولار مورد نیاز است. اگر ناخالصی موجود در این ترکیب $MgCl_2$ باشد، درصد جرمی $Mg(OH)_2$ در این نمونه ناخالص چقدر است؟

$$Mg(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + 2H_2O \qquad 1\,mol\,Mg(OH)_2 \equiv 2\ \text{mol HCl}$$

$$29.50\,mL_{HCl} \times 0.6000\,\frac{mol_{HCl}}{1\,L_{HCl}} \times \frac{1L_{HCl}}{1000\,mL_{HCl}} = 0.0177\,mol_{HCl}$$

$$\begin{array}{cc} 2\,mol_{HCl} & 1\,mol_{\,Mg(OH)_2} \\ 0.0177\,mol_{HCl} & x = 0.0089\,mol_{\,Mg(OH)_2} \end{array}$$

$$0.0089\,mol_{\,Mg(OH)_2} \times \left(\frac{58.3197\,g_{\,Mg(OH)_2}}{1\,mol_{\,Mg(OH)_2}}\right) = 0.5161 g_{\,Mg(OH)_2}$$

$$\left(29.50\,mL_{HCl} \times 0.6000\,\frac{mol_{HCl}}{1\,L_{HCl}} \times \frac{1L_{HCl}}{1000\,mL_{HCl}}\right) \times \left(\frac{1\,mol_{\,Mg(OH)_2}}{2\ \text{mol}_{\text{HCl}}}\right) \times \left(\frac{58.3197\,g_{\,Mg(OH)_2}}{1\,mol_{\,Mg(OH)_2}}\right) = 0.5161 g_{\,Mg(OH)_2}$$

$$\begin{array}{cc} 1.250 & 0.5161 \\ 100 & wt\% = 41.29\% \end{array}$$

تمرین

جند میلی لیتر 1.2 M NaOH جهت خنثی سازی 225 ml اسید $3.0\ M\ H_2SO_4$ موجود در باتری اتومبیل لازم است؟

$$H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + Na_2SO_4(aq)$$

A. 0.045 L
B. 0.28 L
C. 0.56 L
D. 0.90 L
E. 1.125 L

سرکه محلول استیک اسید محلول در آب است. 5.54 g از نمونه سرکه توسط 30.1 mL سود 0.1 M خنثی می شود. درصد جرمی استیک اسید در سرکه را محاسبه کنید.

$$CH_3COOH(aq) + NaOH(aq) \rightarrow H_2O(l) + NaCH_3COO(aq)$$

A. 0.184%
B. 1.63%
C. 3.26%
D. 5.43%
E. 9.23%