Genel Kimya

Prensipleri ve Modern Uygulamaları

Petrucci • Harwood • Herring

8. Baskı

Bölüm 4: Kimyasal Tepkimeler

İçindekiler

4-1 Kimyasal Tepkimeler ve Kimyasal Eşitlikler

4-2 Kimyasal Eşitlik ve Stokiyometri

4-3 Çözeltide Kimyasal Tepkimeler

4-4 Sınırlayıcı Bileşenin Belirlenmesi

4-5 Tepkime Stokiyometrisinde Diğer Konular

4-1 Kimyasal Tepkimeler ve Kimyasal Eşitlikler

Kimyasal tepkime, bir ya da bir kaç maddenin (tepkenler) yeni bir bileşik grubuna (ürünlere) dönüştürülmesi işlemidir. Diğer bir deyişle, kimyasal tepkime, kimyasal değişmenin meydana geldiği bir işlemdir.

Bir tepkime olduğunu söyleyebilmek için bazı kanıtlara ihtiyaç vardır. Bunlar,

- Renk değişimi
- Çökelek oluşumu
- Gaz çıkışı
- Isı verilmesi veya soğurulması gibi olaylardır.

Kimyasal Reaksiyon

Elementlerin ve bileşiklerin yazılması için *simgeler* kullanılır. Bu simgeler bir kimyasal tepkime denkleminin kısaca yazılması için yardımcı olur. Tepkime denkleminde tepkenlerin formülleri *sol tarafa*, ürünlerin formülleri *sağ tarafa* yazılır: Denklemin iki tarafı bir → işareti ile birleştirilir. Böylece, tepkenlerin ürünlere dönüştüğü ifade edilmiş olur.

Azot monoksit + Oksijen → Azot dioksit

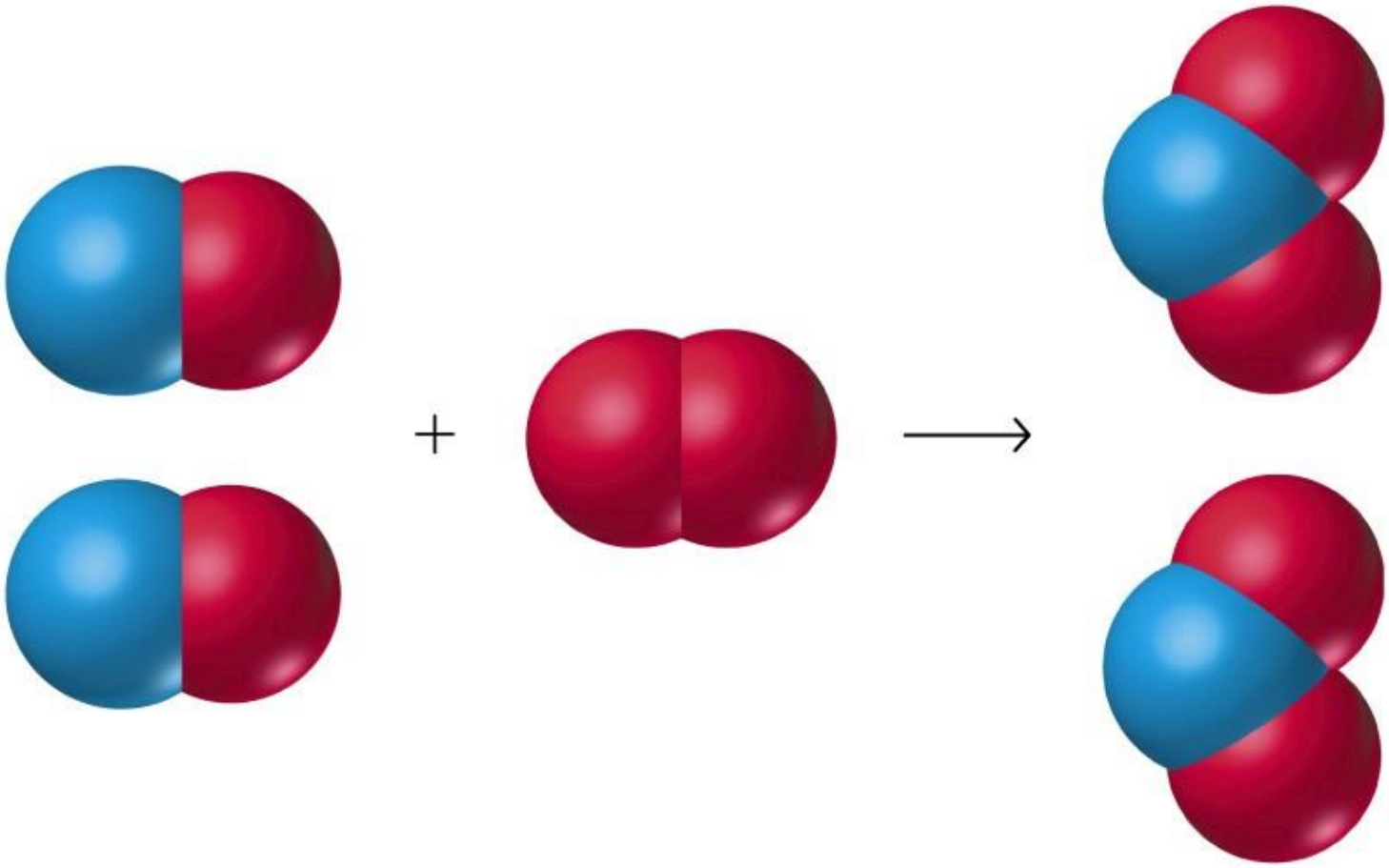
1. Adları, kimyasal formüller ile değiştirirseniz, aşağıdaki ifadeyi elde edersiniz.

$$NO + O_2 \rightarrow NO_2$$

2. Kimyasal eşitliği elde etmek için atom sayılarını eşitleyiniz.

$$2\ NO + 1\ O_2 \rightarrow 2\ NO_2$$

Moleküllerin Gösterilişi



2NO + O_2 → $2NO_2$

Denklem Denkleştirme

- *Asla denklem dışı formüller ilave edilmemelidir.*

(yanlış) $NO + O_2 \rightarrow NO_2 + O$

- *Denklemi denkleştirmek amacıyla formüller değiştirilmemelidir.*

(yanlış) $NO + O_2 \rightarrow NO_3$

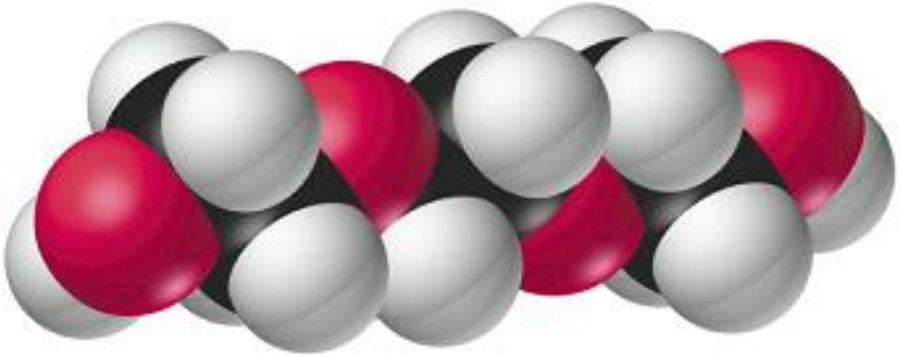
Denklem Denkleştirme Stratejisi

- Denklemin her iki tarafında birer bileşikte aynı element mevcutsa, *önce* onu denkleştiriniz.
- Giren madde veya oluşan ürünlerden biri serbest element olarak bulunuyorsa, onu *en son* denkleştiriniz.
- Bazı tepkimelerde, *belirli atom grupları* (örneğin, çok atomlu iyonlar) değişmeden kalır. Böyle durumlarda bu grupları *değiştirmeden* denkleştirebilirsiniz.
- Katsayılar *tamsayı ya da kesirli sayı* olabilir. Bir denklem bir ya da daha çok kesirli tamsayı ile denkleştirilebilir. Bu durumda, tüm katsayıları uygun bir çarpanla çarparak kesirli sayılardan kurtarabilirsiniz.

Örnek 4-2

Bir Eşitliğin Yazılıp Denkleştirilmesi: Karbon-Hidrojen-Oksijen İçeren Bir Bileşiğin Yanması

Sıvı trietilen glikol, $C_6H_{14}O_4$, vinil ve poliüretan plastikleri için çözücü olarak kullanılır. Bu bileşiğin tam yanmasına ait denklemi yazıp denkleştiriniz.



Trietilen glikol

Örnek 4-2

Kimyasal Denklem:

$$C_6H_{14}O_4 + \frac{15}{2} O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 7\ H_2O$$

1. *C eşitliği.*
2. *H eşitliği.*
3. *O eşitliği.*
4. *2 ile çarpım (istenirse kesirli katsayıyı kaldırmak için*

$$2\ C_6H_{14}O_4 + 15\ O_2 \rightarrow 12\ CO_2 + 14\ H_2O$$

5. *Tüm elementlerin kontrolü.*

4-2 Kimyasal Eşitlik ve Stokiyometri

- Yunancada *stoicheion* sözcüğü element anlamına gelir. Anlam olarak stokiyometri *element ölçüsü* demektir.
- *Formüller ve kimyasal denklemlerle* ilgili tüm sayısal ilişkileri içerir.

- Stokiyometrik faktör, *mol* esasına göre, tepkimeye katılan herhangi iki maddenin miktarları ile ilgilidir.

Örnek 4-3

Tepken ve Ürünlerin Mol Sayıları Arasındaki İlişki

2,72 mol H_2 aşırı O_2 içinde yakıldığında kaç mol H_2O oluşur?

Kimyasal Denklem: $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$

Kimyasal Denklemi Denkleştirin:

$$2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$$

Denklemdeki stokiyometrik faktörü veya mol oranını kullanın:

$$n_{H_2O} = 2{,}72\ mol\ H_2 \times \frac{2\ mol\ H_2O}{2\ mol\ H_2} = 2{,}72\ mol\ H_2O$$

Ör: 2,72 mol trietilen glikolün ($C_6H_{14}O_6$) aşırı O_2'de yanmasından kaç mol CO_2 açığa çıkar?

Bir stokiyometrik hesaplamada ilk adım, tepkime için denkleştirilmiş bir eşitlik yazmaktır.

$$2\,C_6H_{14}O_4 + 15\,O_2 \longrightarrow 12\,CO_2 + 14\,H_2O$$

$$?\ \text{mol}\ CO_2 = 2.72\ \text{mol}\ C_6H_{14}O_4 \times \frac{12\ \text{mol}\ CO_2}{2\ \text{mol}\ C_6H_{14}O_4} = 16.3\ \text{mol}\ CO_2$$

Ör: 4,16 g trietilen glikolün ($C_6H_{14}O_4$), O_2'nin aşırısı ile tepkimesinden oluşan CO_2'in kütlesi nedir? ($C_6H_{14}O_4$= 150,2 g/mol, CO_2=44,01 g/mol)

$$2\,C_6H_{14}O_4 + 15\,O_2 \longrightarrow 12\,CO_2 + 14\,H_2O$$

$$? \text{ mol } C_6H_{14}O_4 = 4.16 \text{ g } C_6H_{14}O_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{14}O_4}{150.2 \text{ g } C_6H_{14}O_4}$$

$$= 0.0277 \text{ mol } C_6H_{14}O_4$$

$$? \text{ mol } CO_2 = 0.0277 \text{ mol } C_6H_{14}O_4 \times \frac{12 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_6H_{14}O_4}$$

$$= 0.166 \text{ mol } CO_2$$

$$? \text{ g } CO_2 = 0.166 \text{ mol } CO_2 \times \frac{44.01 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2}$$

$$= 7.31 \text{ g } CO_2$$

Ör: 6,86 g trietilen glikolün ($C_6H_{14}O_6$) tamamı yandığında kaç g O_2 tüketilir? ($C_6H_{14}O_4$= 150,2 g/mol, O_2=32 g/mol)

$$2\,C_6H_{14}O_4 + 15\,O_2 \longrightarrow 12\,CO_2 + 14\,H_2O$$

$$? \text{ mol } C_6H_{14}O_4 = 6.86 \text{ g } C_6H_{14}O_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{14}O_4}{150.2 \text{ g } C_6H_{14}O_4}$$

$$= 0.0457 \text{ mol } C_6H_{14}O_4$$

$$? \text{ mol } O_2 = 0.0457 \text{ mol } C_6H_{14}O_4 \times \frac{15 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_6H_{14}O_4}$$

$$= 0.0343 \text{ mol } O_2$$

$$? \text{ g } O_2 = 0.343 \text{ mol } O_2 \times \frac{32.00 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2}$$

$$= 11.0 \text{ g } O_2$$

Örnek 4-6

Stokiyometrik Hesaplamada Hacim, Yoğunluk ve Yüzde Bileşim gibi İlave Ölçüm Faktörlerinin Kullanılması

Uçak yapımında kullanılan bir alaşım kütlece % 93,7 Al ve %6,3 Cu içeriyor. Bu alaşımın yoğunluğu 2,85 g/cm^3'tür. 0,691 cm^3 alaşım parçası aşırı miktarda HCl(aq) ile tepkimeye giriyor. Eğer, Cu'nun tepkimeye girmediği, aluminyumun tamamının HCl(aq) ile tepkimeye girdiği varsayılırsa, elde edilen H_2(g)'nin kütlesi ne olur, hesaplayınız. (Al=26,98 g/mol)

Örnek 4-6

Kimyasal Denklem:

Kimyasal Denklemi Denkleştirin:

$$2\,Al + 6\,HCl \longrightarrow 2\,AlCl_3 + 3\,H_2$$

Örnek 4-6

$$? \text{ g alloy} = 0.691 \text{ cm}^3 \text{ alloy} \times \frac{2.85 \text{ g alloy}}{1 \text{ cm}^3 \text{ alloy}}$$

$$= 1.97 \text{ g alloy}$$

$$? \text{ g Al} = 1.97 \text{ g alloy} \times \frac{93.7 \text{ g Al}}{100 \text{ g alloy}}$$

$$= 1.85 \text{ g Al}$$

$$? \text{ mol Al} = 1.85 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{26.98 \text{ g Al}}$$

$$= 0.0684 \text{ mol Al}$$

$$? \text{ mol } H_2 = 0.0684 \text{ mol Al} \times \frac{3 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol Al}}$$

$$= 0.103 \text{ mol } H_2$$

$$? \text{ g } H_2 = 0.103 \text{ mol } H_2 \times \frac{2.016 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2}$$

$$= 0.207 \text{ g } H_2$$

Örnek 4-6

$$2\ Al + 6\ HCl \rightarrow 2\ AlCl_3 + 3\ H_2$$

Çözüm stratejisi:

cm^3 alaşım → g alaşım → g Al → mol Al → mol H_2 → g H_2

5 çevirme faktörüne ihtiyaç var!

Denklemi yazın ve hesaplayın:

$$m_{H_2} = 0{,}691\ cm^3\ alaşım \times \frac{2{,}85\ g\ alaşım}{1\ cm^3} \times \frac{93{,}7\ g\ Al}{100\ g\ alaşım} \times$$

$$\frac{1\ mol\ Al}{26{,}98\ g\ Al} \times \frac{3\ mol\ H_2}{2\ mol\ Al} \times \frac{2{,}016\ g\ H_2}{1\ mol\ H_2} = 0{,}207\ g\ H_2$$

Örnek 4-7: Kütlece %28'lik HCl çözeltisinin yoğunluğu 1,14 g/mL'dir. Tepkimeye göre 1,87 g Al ile tam olarak tepkime verebilecek HCl çözelti hacmi nedir? (HCl= 36,46 g/mol)

$$2Al_{(k)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 2AlCl_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$$

$$? \text{ mol Al} = 1.87 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{26.98 \text{ g Al}} = 0.0693 \text{ mol Al}$$

$$? \text{ mol HCl} = 0.0693 \text{ mol Al} \times \frac{6 \text{ mol HCl}}{2 \text{ mol Al}} = 0.208 \text{ mol HCl}$$

$$? \text{ g HCl} = 0.208 \text{ mol HCl} \times \frac{36.46 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 7.58 \text{ g HCl}$$

$$? \text{ g HCl soln} = 7.58 \text{ g HCl} \times \frac{100 \text{ g HCl soln}}{28.0 \text{ g HCl}}$$

$$= 27.1 \text{ g HCl soln}$$

$$? \text{ mL HCl soln} = 27.1 \text{ g HCl soln} \times \frac{1 \text{ mL HCl soln}}{1.14 \text{ g HCl soln}}$$

$$= 23.8 \text{ mL HCl soln}$$

Örnek 4-7

In the conversion pathway approach, we combine the individual steps into a single line.

$$(\text{g Al} \xrightarrow{1} \text{mol Al} \xrightarrow{2} \text{mol HCl} \xrightarrow{3} \text{g HCl}$$

$$? \text{ mL HCl soln} = 1.87 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{26.98 \text{ g Al}} \times \frac{6 \text{ mol HCl}}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{36.46 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}}$$

$$\xrightarrow{4} \text{g HCl soln} \xrightarrow{5} \text{mL HCl soln})$$

$$\times \frac{100.0 \text{ g HCl soln}}{28.0 \text{ g HCl}} \times \frac{1 \text{ mL HCl soln}}{1.14 \text{ g HCl soln}}$$

$$= 23.8 \text{ mL HCl soln}$$

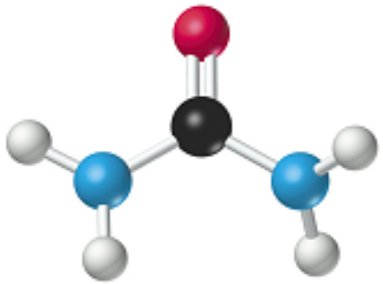
4-3 Çözeltide Kimyasal Tepkimeler

- Genel kimya laboratuarlarındaki kimyasal tepkimelerin pek çoğu çözeltilerde gerçekleştirilir. Bunun bir nedeni, çözelti içinde, tepkenlerin karıştırılarak, *atomlar, iyonlar ve moleküller arasında* tepkime için gerekli olan *yakın temasın* sağlanabilmesidir.
- **Çözücü:** Çözelti bileşenlerinden biri olan **çözücü**, çözeltinin katı, sıvı ya da gaz halinde olup olmadığını belirler. Çözücünün sıvı su olduğu çözeltilere *sulu çözeltiler* denir.
- **Çözünen:** Çözeltinin diğer bileşenleri, çözücü içinde çözünmüş olan maddelerdir ve **çözünen**ler adını alırlar. Sıvı su içinde NaCl çözüldüğünde oluşan çözelti NaCl(aq) şeklinde gösterilir ve burada su çözücü, NaCl çözünendir.

Molarite

$$\text{Molarite } (M) = \frac{\text{Çözünenin mol sayısı}}{\text{Çözeltinin hacmi } (L)}$$

Eğer 0.444 mol üre sulu çözeltinin 1.000 L'sinde çözünmüşse, çözeltinin molarite olarak derişimi,



Üre

$$c_{\text{üre}} = \frac{0.444 \text{ mol üre}}{1.000 \text{ L}} = 0.444 \text{ M } CO(NH_2)_2$$

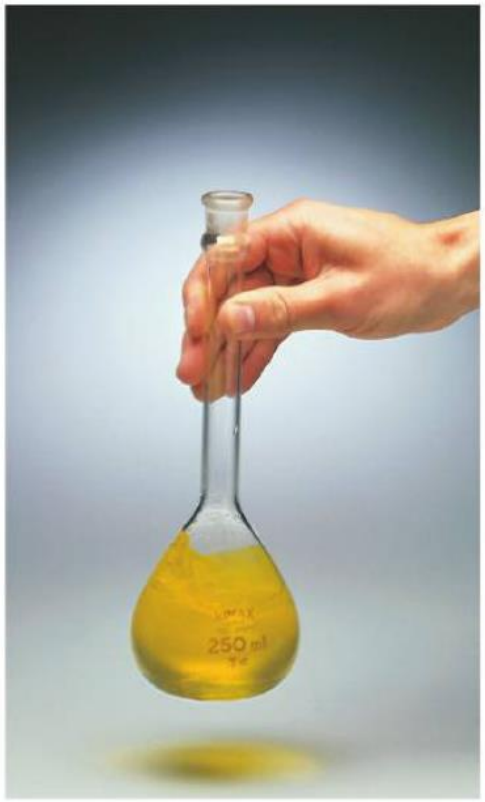
Çözeltinin Hazırlanması

a) Katı örneği tartın.

b) Yeterli miktarda çözücü ile balon jojede onu çözün.

c) Balon jojenin çizgisine kadar çözücüyü dikkatlice ilave edin.

(a)



(b)

(c)

Örnek 4-8: 25 mL etanol, CH_3CH_2OH (d=0,789 g/mL) 250 mL çözelti hazırlanmak üzere yeterli miktar suda çözülüyor. Çözeltideki etanolün molaritesi nedir? (CH_3CH_2OH=46,07 g/mol)

$$? \text{ mol } CH_3CH_2OH = 25.0 \text{ mL } CH_3CH_2OH \times \frac{0.789 \text{ g } CH_3CH_2OH}{1 \text{ mL } CH_3CH_2OH} \times \frac{1 \text{ mol } CH_3CH_2OH}{46.07 \text{ g } CH_3CH_2OH}$$

$$= 0.428 \text{ mol } CH_3CH_2OH$$

To apply the definition of molarity given in expression (4.3), note that 250.0 mL = 0.2500 L.

$$\text{molarity} = \frac{0.428 \text{ mol } CH_3CH_2OH}{0.2500 \text{ L soln}} = 1.71 \text{ M } CH_3CH_2OH$$

Örnek 4-9

Molaritesi Bilinen Bir Çözeltide Çözünen Kütlesinin Hesaplanması

Tam 0,2500 L (250 mL) ve 0,250 M sulu K_2CrO_4 çözeltisi hazırlanmak isteniyor. Gerekli K_2CrO_4 kütlesi nedir? (K_2CrO_4= 194,02 g/mol)

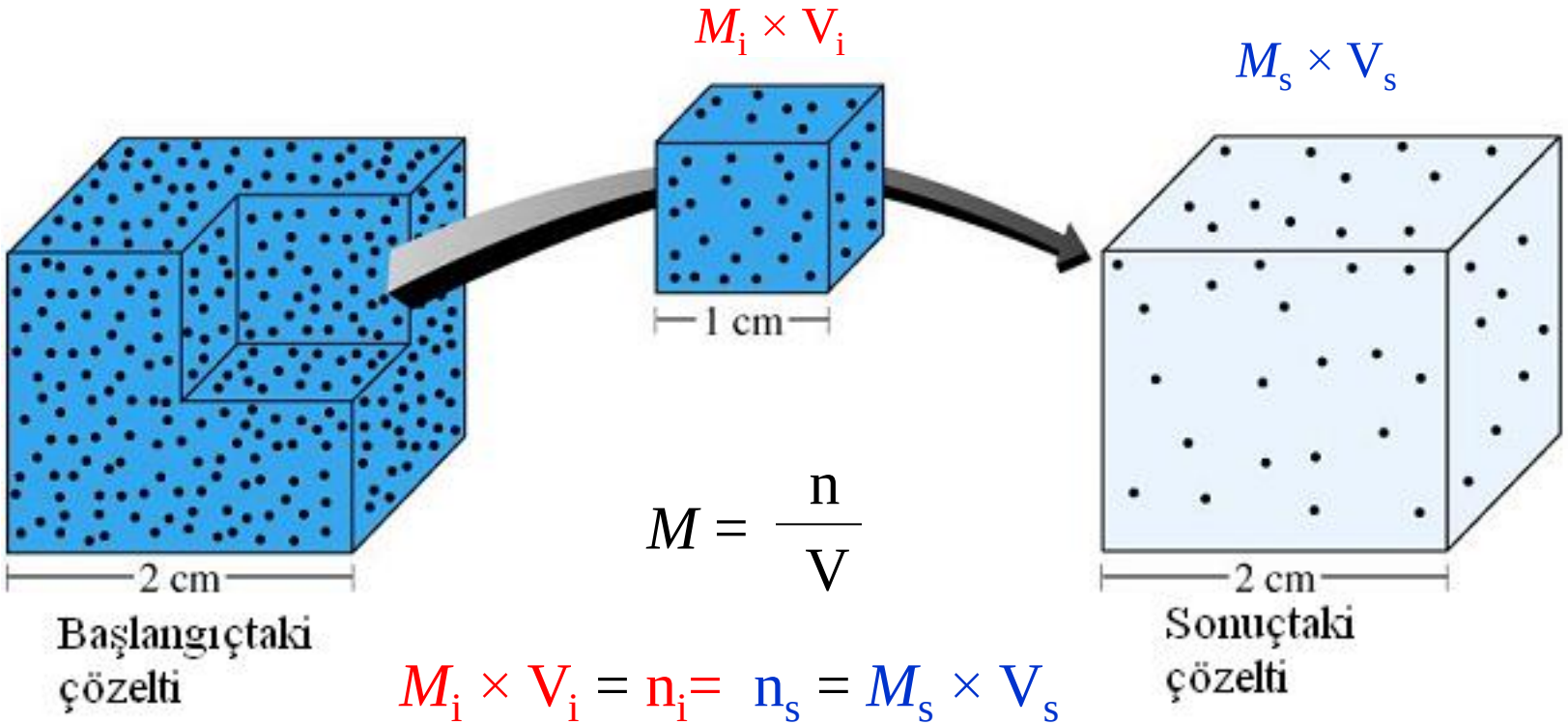
Çözüm stratejisi: Hacim → mol → kütle

2 çevirme faktörüne ihtiyaç var!

Denklemi yazın ve hesaplayın:

$$m_{K_2CrO_4} = 0{,}2500\ L \times \frac{0{,}250\ mol}{1{,}00\ L} \times \frac{194{,}02\ g}{1{,}00\ mol} = 12{,}1\ g$$

Çözeltinin Seyreltilmesi



$$M = \frac{n}{V}$$

$$M_i \times V_i = n_i = n_s = M_s \times V_s$$

$$M_s = \frac{M_i \times V_i}{V_s} = M_i \frac{V_i}{V_s}$$

Örnek 4-10

Seyreltme ile Çözelti Hazırlanması

Analitik kimyada özel bir deney için 0,0100 M K_2CrO_4 çözeltisine gereksinim duyuluyor. 0,250 L, 0,0100 M K_2CrO_4 çözeltisi hazırlamak için 0,250 M K_2CrO_4 çözeltisinden ne kadar almak gerekir?

Çözüm stratejisi: $M_s = M_i \dfrac{V_i}{V_s}$ $\qquad V_i = V_s \dfrac{M_s}{M_i}$

Hesaplama:

$$V_{K_2CrO_4} = 0{,}2500\ \text{L} \times \frac{0{,}0100\ \text{mol}}{1{,}00\ \text{L}} \times \frac{1{,}000\ \text{L}}{0{,}250\ \text{mol}} = 0{,}0100\ \text{L}$$

Örnek 4-10

$$? \text{ mol } K_2CrO_4 = 0.2500 \text{ L soln} \times \frac{0.0100 \text{ mol } K_2CrO_4}{1 \text{ L soln}} = 0.00250 \text{ mol } K_2CrO_4$$

calculate the volume of 0.250 M K_2CrO_4 that contains 0.00250 mol K_2CrO_4.

$$? \text{ L soln} = 0.00250 \text{ mol } K_2CrO_4 \times \frac{1 \text{ L soln}}{0.250 \text{ mol } K_2CrO_4} = 0.0100 \text{ L soln}$$

An alternative approach is to use equation

$$V_i = V_s \frac{M_s}{M_i}$$

$$250.0 \text{ mL} \times \frac{0.0100 \text{ M}}{0.250 \text{ M}} = 10.0 \text{ mL}$$

Örnek 4-11: Aşırı $AgNO_3$ çözeltisine 25 mL 0,25 M K_2CrO_4 çözeltisi ilave ediliyor. Kaç g $Ag_2CrO_{4(k)}$ çöker? (Ag_2CrO_4= 331,7 g/mol)

$$K_2CrO_4(aq) + 2\,AgNO_3(aq) \longrightarrow Ag_2CrO_4(s) + 2\,KNO_3(aq)$$

$$? \text{ mol } K_2CrO_4 = 25.00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.250 \text{ mol } K_2CrO_4}{1 \text{ L}}$$

$$= 6.25 \times 10^{-3} \text{ mol } K_2CrO_4$$

$$? \text{ mol } Ag_2CrO_4 = 6.25 \times 10^{-3} \text{ mol } K_2CrO_4 \times \frac{1 \text{ mol } Ag_2CrO_4}{1 \text{ mol } K_2CrO_4}$$

$$= 6.25 \times 10^{-3} \text{ mol } Ag_2CrO_4$$

$$? \text{ g } Ag_2CrO_4 = 6.25 \times 10^{-3} \text{ mol } Ag_2CrO_4 \times \frac{331.7 \text{ g } Ag_2CrO_4}{1 \text{ mol } Ag_2CrO_4}$$

$$= 2.07 \text{ g } Ag_2CrO_4$$

4-4 Sınırlayıcı Bileşenin Belirlenmesi

- Çöktürme tepkimeleri gibi birçok tepkimelerde, bir kısım tepkenlerin aşırısı kullanılarak, bir tepken tamamen ürünlere dönüştürülebilir. Tamamen tükenen maddeye *sınırlayıcı bileşen* denir ve bu bileşen, oluşan ürünlerin miktarlarını belirler.

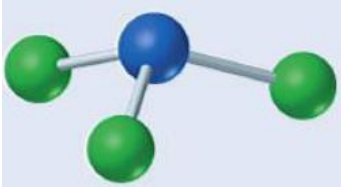
Örnek 4-12

Bir Tepkimede Sınırlayıcı Bileşenin Bulunması

Fosfor triklorür, PCl_3, benzin katkı maddesi, pestisit (böcek öldürücü) ve daha bir çok ürünün eldesinde kullanılan ticari bir bileşiktir. Fosfor ve klorun doğrudan doğruya birleşmesinden oluşur.

$$P_4\,(k) + 6\,Cl_2\,(g) \rightarrow 4\,PCl_3\,(s)$$

323 g $Cl_2(g)$ ve 125 g $P_4(k)$'un tepkimesinden kaç gram $PCl_3(s)$ oluşur? (PCl_3= 137,3 g/mol)



Phosphorus trichloride

Strateji:

Tepkenlerin başlangıç mol oranları ile birleşme mol oranlarını karşılaştırın.

Örnek 4-12

$$n_{Cl_2} = 323\ g\ Cl_2 \times \frac{1\ mol\ Cl_2}{70{,}91\ g\ Cl_2} = 4{,}56\ mol\ Cl_2$$

$$n_{P_4} = 125\ g\ P_4 \times \frac{1\ mol\ P_4}{123{,}9\ g\ P_4} = 1{,}01\ mol\ P_4$$

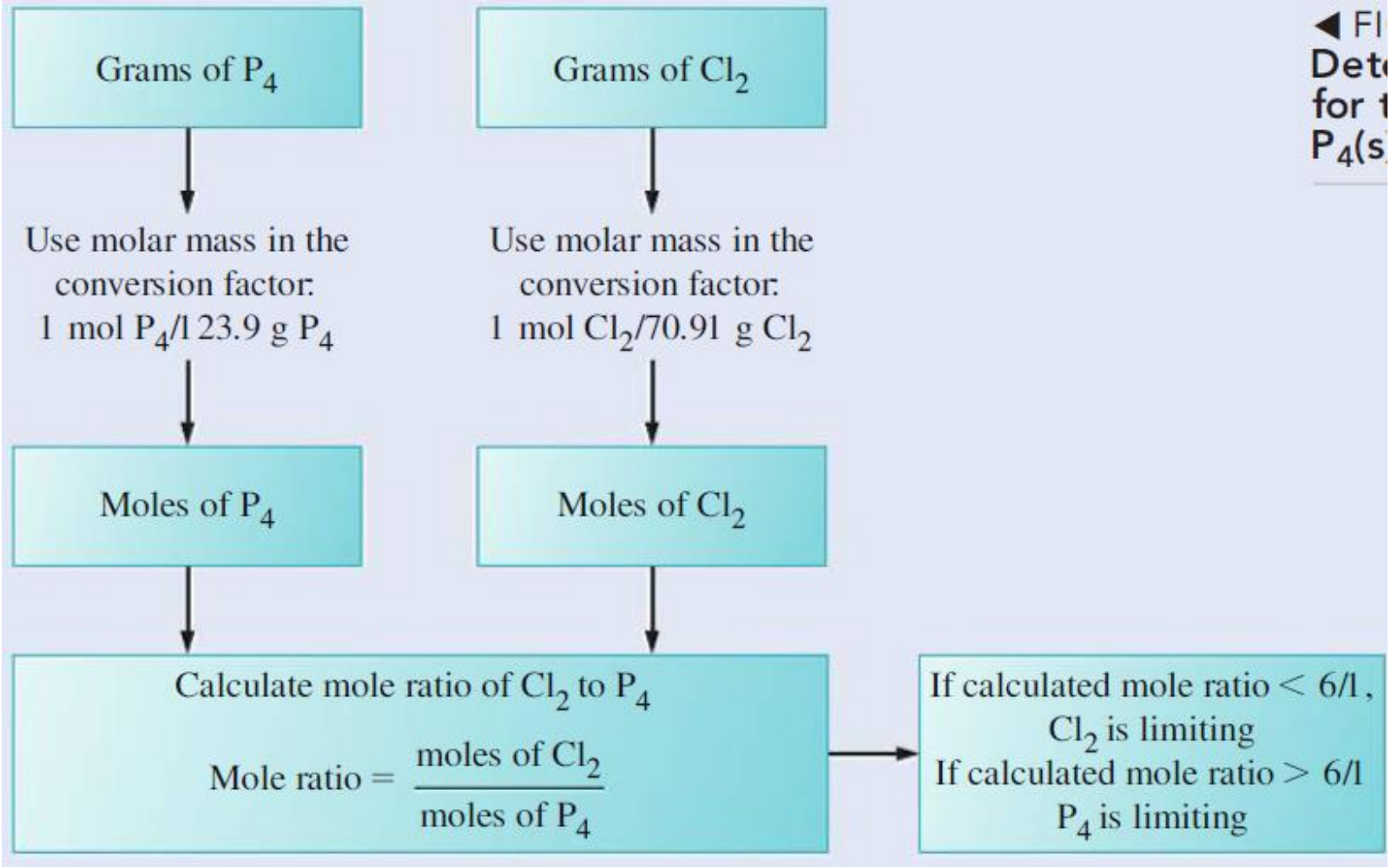
$$\chi = \frac{n_{Cl_2}}{n_{P_4}}$$

$$\chi_{gerçek} = 4{,}55\ mol\ Cl_2/mol\ P_4$$

$$\chi_{teorik} = 6{,}00\ mol\ Cl_2/mol\ P_4$$

Klor gazı sınırlayıcı reaktiftir

Örnek 4-12


Grams of P_4
Grams of Cl_2
Use molar mass in the conversion factor: 1 mol P_4/l 23.9 g P_4
Use molar mass in the conversion factor: 1 mol Cl_2/70.91 g Cl_2
Moles of P_4
Moles of Cl_2
Calculate mole ratio of Cl_2 to P_4
Mole ratio = moles of Cl_2 / moles of P_4
If calculated mole ratio < 6/l, Cl_2 is limiting
If calculated mole ratio > 6/l P_4 is limiting

Örnek 4-12

$$? \text{ mol } Cl_2 = 323 \text{ g } Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{70.91 \text{ g } Cl_2} = 4.56 \text{ mol } Cl_2$$

$$? \text{ mol } PCl_3 = 4.56 \text{ mol } Cl_2 \times \frac{4 \text{ mol } PCl_3}{6 \text{ mol } Cl_2} = 3.04 \text{ mol } PCl_3$$

$$? \text{ g } PCl_3 = 3.04 \text{ mol } PCl_3 \times \frac{137.3 \text{ g } PCl_3}{1 \text{ mol } PCl_3} = 417 \text{ g } PCl_3$$

Örnek 4-12'deki tepkimede artan P_4'ün kütlesi nedir?

$$P_4\,(k) + 6\,Cl_2\,(g) \rightarrow 4\,PCl_3\,(s)$$

$$?\ \text{mol}\ Cl_2 = 323\ \text{g}\ Cl_2 \times \frac{1\ \text{mol}\ Cl_2}{70.91\ \text{g}\ Cl_2} = 4.56\ \text{mol}\ Cl_2$$

$$?\ \text{mol}\ P_4 = 4.56\ \text{mol}\ Cl_2 \times \frac{1\ \text{mol}\ P_4}{6\ \text{mol}\ Cl_2} = 0.759\ \text{mol}\ P_4$$

$$?\ \text{g}\ P_4 = 0.759\ \text{mol}\ P_4 \times \frac{123.9\ \text{g}\ P_4}{1\ \text{mol}\ P_4} = 94.1\ \text{g}\ P_4$$

Tepkime sonrası geride kalan P_4'ün kütlesi, başlangıçta mevcut olan ile tüketilen P_4 kütlesi arasındaki farktır.

$$125\ \text{g}\ P_4\ \text{initially} - 94.1\ \text{g}\ P_4\ \text{consumed} = 31\ \text{g}\ P_4\ \text{remaining}$$

4-5 Tepkime Stokiyometrisinde Diğer Konular

Kimyasal tepkimenin hesaplanan sonucu gözlenene uygun olmaz. Bir tepkimede elde edilen ürün miktarı, kaçınılmaz olarak beklenenden azdır . Yine, gereksinim duyulan kimyasal bileşiğin üretim yöntemi, tek bir basamaktan çok, bir kaç basamaklı bir tepkime dizisini içerebilir.

Teorik, Gerçek ve Yüzde Verim

Bir kimyasal tepkimede oluşan ürünün *hesaplanan miktarı*, tepkimenin *teorik verimi* olarak adlandırılır. *Gerçekten* oluşan ürünün miktarına ise *gerçek verim* adı verilir. *Yüzde verim* ise aşağıdaki formülle bulunur.

$$\text{Yüzde Verim} = \frac{\text{Gerçek Verim}}{\text{Teorik Verim}} \times \%\ 100$$

Örnek 4-14: $2NH_{3(g)} + CO_{2(g)} \rightarrow CO(NH_3)_{2(g)} + H_2O_{(s)}$ Başlangıçta size verilen tepkime karışımı 3 mol NH_3:1mol CO_2 oranına sahiptir. Tepkimeye giren her mol CO_2'e karşılık 47,7 g üre oluşursa a) Kuramsal verimi b) Gerçek verimi c) Yüzde tepkime verimini hesaplayınız.

NH_3 is the excess reactant and CO_2 is the limiting reactant

$$? \text{ mol } CO(NH_2)_2 = 1.00 \text{ mol } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO(NH_2)_2}{1 \text{ mol } CO_2}$$

$$= 1.00 \text{ mol } CO(NH_2)_2$$

$$? \text{ g } CO(NH_2)_2 = 1.00 \text{ mol } CO(NH_2)_2 \times \frac{60.1 \text{ g } CO(NH_2)_2}{1 \text{ mol } CO(NH_2)_2}$$

$$= 60.1 \text{ g } CO(NH_2)_2$$

$$\text{theoretical yield} = 1.00 \text{ mol } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO(NH_2)_2}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{60.1 \text{ g } CO(NH_2)_2}{1 \text{ mol } CO(NH_2)_2} = 60.1 \text{ g } CO(NH_2)_2$$

(b) actual yield $= 47.7 \text{ g } CO(NH_2)_2$

(c) $$\text{percent yield} = \frac{47.7 \text{ g } CO(NH_2)_2}{60.1 \text{ g } CO(NH_2)_2} \times 100\% = 79.4\%$$

Örnek 4-15 $C_6H_{11}OH_{(s)} \rightarrow C_6H_{10(s)} + H_2O_{(s)}$ Bu tepkimenin yüzde verimi %83 olduğuna göre, 25 g sikloheksen elde etmek için ne kadar sikloheksanol kullanmak gerekir? (C_6H_{10}=82,1 g/mol)

$$\text{theoretical yield} = \frac{25\ \text{g} \times 100\%}{83\%} = 3.0 \times 10^1\ \text{g}$$

$$?\ \text{mol}\ C_6H_{10} = 3.0 \times 10^1\ \text{g}\ C_6H_{10} \times \frac{1\ \text{mol}\ C_6H_{10}}{82.1\ \text{g}\ C_6H_{10}} = 0.37\ \text{mol}\ C_6H_{10}$$

$$?\ \text{mol}\ C_6H_{11}OH = 0.37\ \text{mol}\ C_6H_{10} \times \frac{1\ \text{mol}\ C_6H_{11}OH}{1\ \text{mol}\ C_6H_{10}} = 0.37\ \text{mol}\ C_6H_{11}OH$$

$$?\ \text{g}\ C_6H_{11}OH = 0.37\ \text{mol}\ C_6H_{11}OH \times \frac{100.2\ \text{g}\ C_6H_{11}OH}{1\ \text{mol}\ C_6H_{11}OH} = 37\ \text{g}\ C_6H_{11}OH$$

Nicel ve Yan Tepkimeler, Yan Ürünler

- Nicel Tepkimeler: Pek çok tepkimede gerçek verim teorik verime yakın olur ve böyle tepkimelere *nicel tepkimeler* denir.

- Yan Tepkimeler: Çoğu zaman, tepkimeye giren maddeler, beklenenden başka tepkimeler de verebilir. Bu tepkimelere *yan tepkimeler,* oluşan ürünlere de yan ürünler denir.

Tepkime Çeşitleri

Reaktifler $\longrightarrow$ Ürünler

1-Birleşme Tepkimeleri

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(s)}$$

$$Fe_{(k)} + S_{(k)} \rightarrow FeS_{(k)}$$

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

$$K_2O_{(k)} + H_2O_{(s)} \rightarrow 2KOH_{(suda)}$$

2-Ayrışma Tepkimeleri

$$CaCO_{3(k)} \rightarrow CaO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

$$2NaHCO_{3(k)} \rightarrow Na_2CO_{3(k)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(s)}$$

$$KClO_{3(k)} \rightarrow KCl_{(k)} + \frac{3}{2}O_{2(g)}$$

3-Yer değiştirme Tepkimeleri

Au Pt Ag Hg Cu

$\longrightarrow$

Aktiflik artar

$$Zn_{(k)} + CuSO_{4(suda)} \rightarrow ZnSO_{4(suda)} + Cu_{(k)}$$

$$K_{(k)} + H_2O_{(s)} \rightarrow KOH_{(suda)} + \frac{1}{2}H_{2(g)}$$

$$MgI_{2(suda)} + F_{2(g)} \rightarrow MgF_{2(suda)} + I_{2(k)}$$

4-Metallerin asitlerle olan tepkimeleri

Aktif metaller asitlerle tepkimeye girerek tuz ve H_2 gazı oluştururlar.

$$\boxed{\text{Aktif metal} + \text{Asit} \longrightarrow \text{Tuz} + H_{2(g)}}$$

Bu tip tepkimelerin bazı örnekleri aşağıda verilmiştir.

$$Na_{(k)} + HCl_{(s)} \longrightarrow NaCl_{(k)} + 1/2H_{2\,(g)}$$

$$Mg_{(k)} + H_2SO_{4\,(s)} \longrightarrow MgSO_{4\,(k)} + H_{2\,(g)}$$

$$Al_{(k)} + 3HNO_{3\,(s)} \longrightarrow Al(NO_3)_3 + 3/2H_{2\,(g)}$$

Yarı soy metaller (Cu, Ag ve Hg) oksijensiz asitlerle tepkime vermezler ancak oksi asitlerden yükseltgen özellik gösteren H_2SO_4 ve HNO_3 ile tepkime verirler ancak bu tepkimelerde H_2 gazı açığa çıkmaz çünkü bu metallerin aktifliği H_2 den daha düşüktür.

$$Cu_{(k)} + 2H_2SO_{4(suda)} \rightarrow CuSO_{4(suda)} + SO_{2(g)} + 2H_2O_{(s)}$$

$$Cu_{(k)} + 4HNO_{3(suda)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(suda)} + 2NO_{2(g)} + 2H_2O_{(s)}$$

5-Nötürleşme Tepkimeleri

Asit-baz tepkimelerine nötrleşme tepkimeleri adı verilir ve bu tepkimeler ekzotermiktir. Bu tepkimelerde ürün olarak genelde tuz ve su oluşur. Genel olarak aşağıdaki şekilde gösterilen bu tip tepkimelerin bazı örnekleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Asit} + \text{Baz} \longrightarrow \text{Tuz} + \text{Su}$$

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

$$H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$$

$$H_2SO_4 + Mg(OH)_2 \rightarrow MgSO_4 + 2H_2O$$

6- Ardışık Tepkimeleri

$$A + B \rightarrow C + D$$
$$C + E \rightarrow F$$

Net tepkime

$$A + B + E \rightarrow D + F$$