



MÜHENDİSLİK KİMYASI
DERS NOTLARI
Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN




Stokiyometri Kimyasal Hesaplamalar

- Kimyasal Reaksiyonların Sınıflandırılması
- 1. Yanma Reaksiyonları (Combustion reactions)
Bir maddenin oksijenle birleşmesine yanma denir.
$$\text{C}_2\text{H}_6(g) + 7/2 \text{O}_2(g) \rightarrow 2 \text{CO}_2(g) + 3 \text{H}_2\text{O}(g)$$
- 2. Sentez Reaksiyonları (Synthesis reactions)
İki ya da daha çok element veya molekülün birleşerek daha büyük molekül oluşturdukları reaksiyonlardır.
$$\text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \rightarrow 2 \text{HCl}(g)$$



Stokiyometri Kimyasal Hesaplamalar

- 3. Bozunma Reaksiyonları (Decomposition reactions)
Bir bileşiğin parçalanarak yeni maddelere dönüştüğü reaksiyonlardır.
$$2 \text{KClO}_3(k) \rightarrow 2 \text{KCl}(k) + 3 \text{O}_2(g)$$
- 4. Yerdeğiştirme Reaksiyonları (Replacement reactions)
Bir elementin, bir bileşik ile reaksiyona girerek o bileşikteki elementlerden birinin yerini aldığı reaksiyonlardır.
$$\text{Mg}(k) + 2 \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{MgCl}_2(k) + \text{H}_2(g)$$



Mol-Hacim-Kütle İçeren Problemler

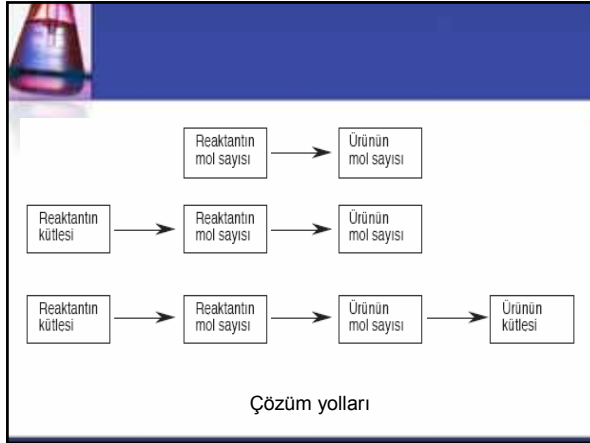
318 g sodyum karbonatın yeteri kadar kalsiyum hidroksitle reaksiyonu sonucu kaç g sodyum hidroksit elde edilir ? Na : 23 C : 12 O : 16 Ca : 40 H : 1

Önce reaksiyonu yazalım

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{NaOH} + \text{CaCO}_3$$

Şimdi de reaksiyonu denkleştirelim

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{CaCO}_3$$



■ Çözüm 1 (mol üzerinden)

$$n = \frac{318 \text{ g}}{106 \text{ g/mol}} = 3 \text{ mol}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{CaCO}_3$$

1 mol Na_2CO_3 'den	2 mol NaOH elde edilirse
3 mol Na_2CO_3 'den	x mol NaOH elde edilir.

X= 6 mol NaOH

m = 6 mol . 40 g/mol = 240 g NaOH

■ Çözüm 2 (gram üzerinden)

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{CaCO}_3$$

106 g Na_2CO_3 'den	80 g NaOH elde edilirse
318 g Na_2CO_3 'den	x g NaOH elde edilir.

X= 240 g NaOH

Örnek

490 g fosforik asit kaç g sodyum hidroksitle reaksiyona girerek, kaç mol sodyum fosfat oluşturur ?
H : 1 P : 31 O : 16 Na : 23

$$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$$

98 g H_3PO_4 ile 120 g NaOH birleşirse	98 g H_3PO_4 den 164 g Na_3PO_4
490 g H_3PO_4 ile x g NaOH birleşir	490 g H_3PO_4 ile y g Na_3PO_4

X= 600 g NaOH y= 820 g Na_3PO_4
5 mol

Örnek

$MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2O + Cl_2(g)$
 Reaksiyonuna göre NŞA 56 L Cl_2 gazı elde etmek için kaç g MnO_2 gereklidir ? (Mn : 55 Cl : 35,5 O : 16)

$MnO_2 + 4 HCl \rightarrow MnCl_2 + 2 H_2O + Cl_2(g)$
 87 g MnO_2 'den 22,4 L Cl_2 gazı oluşursa
 X g MnO_2 'den 56 L Cl_2 gazı oluşur

X= 217,5 g MnO_2

Örnek

270 g Alüminyumun yeterince hidroklorik asit ile reaksiyona girmesinden
 a) kaç g alüminyum klorür oluşur ?
 b) kaç mol hidrojen gazı oluşur ? (Al : 27 H : 1 Cl : 35,5)

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

54 g Al 'dan 267 g $AlCl_3$ oluşursa
 270 g Al'dan X= 1335 g $AlCl_3$ oluşur

54 g Al 'dan 3 mol H_2 oluşursa
 270 g Al'dan X= 15 mol H_2 oluşur

Sınırlayıcı Reaktan (Limiting reactant)

Bir kimyasal reaksiyon gerçekleştirilirken, reaktantlar denkleştirilmiş denklemdeki oranlarda bulunmayabilir. Bir reaksiyonda ilk tüketilen reaktant oluşacak ürünün maksimum miktarını belirleyeceğinden "**sınırlayıcı reaktif**" adını alır. Bu reaktif tüketildiğinde artık ürün oluşmayacaktır.

$2 C_2H_6 + 7 O_2 \rightarrow 4 CO_2 + 6 H_2O$

1,79 g etan, 6,69 g oksijenle yandığında 3,22 g su oluşmaktadır. Ancak elimizdeki etan miktarı daha az olduğunda ise, daha az miktarda su oluşacaktır. Etanın sınırlı miktarı, oluşacak ürün miktarını sınırlamaktadır. Etan burada sınırlayıcı reaktife örnektir.

Örnek

$2 NH_3(g) + CO_2(g) \rightarrow (NH_2)_2CO(s) + H_2O(s)$

Yukarıda denklemi verilen reaksiyonda, amonyak (NH_3) ile karbon dioksit (CO_2) reaksiyona sokulduğunda üre [$(NH_2)_2CO$] elde edilmektedir.
 Bu durumda **212,2 g NH_3** ile **380,7 g CO_2** reaksiyona girdiğine göre;
 a. İki reaktanttan hangisi **sınırlayıcı reaktif**dir?
 b. Oluşan ürenin **gram miktarı** ne kadardır?
 c. Reaksiyonun sonunda artan (aşırı miktardaki) reaktifin miktarı ne kadardır?
 N : 14 H : 1 C : 12 O : 16

a

$$2 \text{NH}_3 (\text{g}) + \text{CO}_2 (\text{g}) \longrightarrow (\text{NH}_2)_2 \text{CO} (\text{sulu}) + \text{H}_2\text{O} (\text{s})$$

NH₃'ün mol sayısı = $212,2 \text{ g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17,03 \text{ g NH}_3} = 12,46 \text{ mol NH}_3$

CO₂'in mol sayısı = $380,7 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44,01 \text{ g CO}_2} = 8,65 \text{ mol CO}_2$

Reaksiyona göre 2 mol NH₃ ≡ 1 mol CO₂ olduğundan

$$8,65 \text{ mol CO}_2 \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol CO}_2} = 17,3 \text{ mol NH}_3$$

olarak bulunur. Burada CO₂ için 17,3 mol NH₃ gerekmesine rağmen ortamda 12,46 mol NH₃ vardır. Dolayısıyla NH₃ sınırlayıcı reaktandır.

b

$$(\text{NH}_2)_2 \text{CO}'\text{in miktarı} = 12,46 \text{ mol NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol } (\text{NH}_2)_2 \text{CO}}{2 \text{ mol NH}_3} \times \frac{60,06 \text{ g } (\text{NH}_2)_2 \text{CO}}{1 \text{ mol } (\text{NH}_2)_2 \text{CO}}$$

$$= 374,17 \text{ g } (\text{NH}_2)_2 \text{CO}$$

c

$$\text{Artan CO}_2'\text{in mol sayısı} = 8,65 \text{ mol CO}_2 - 12,46 \text{ mol NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol NH}_3}$$

$$= 2,42 \text{ mol CO}_2$$

$$\text{Artan CO}_2'\text{in g miktarı} = 2,42 \text{ mol CO}_2 \times \frac{44,01 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2}$$

$$= 106,50 \text{ g CO}_2$$

Örnek

$$\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \xrightarrow[500^\circ\text{C}, 1000 \text{ atm}]{\text{Fe} + \text{KAlO}_2} 2\text{NH}_3 (\text{g})$$

Aynı şartlarda 20 L N₂ ve 15 L H₂ gazı yukarıdaki denkleme göre reaksiyona sokulduğunda hangi gazdan kaç L geriye kalır ?

1 L N ₂ için	3 L H ₂ gereklidir	1 L N ₂ için	3 L H ₂
20 L N ₂ için	60 L H₂ gereklidir	x L N ₂ için	15 L H ₂

Ancak bu kadar H₂ elimizde yoktur **X= 5 L N₂ reak. girer.**

Dolayısıyla sınırlayıcı reaktan H₂ dir **V = 20 - 5 = 15 L N₂**

Örnek

Eşit mol sayılarında alüminyum ve oksijen reaksiyona sokularak 306 g alüminum oksit (alümina) elde ediliyor. Sınırlayıcı reaktanı ve hangi maddeden kaç mol arttığını bulunuz. Al : 27 O : 16

$$4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{Al}_2 \text{O}_3 \quad n = \frac{306 \text{ g}}{102 \text{ g/mol}} = 3 \text{ mol}$$

4 mol Al ile 3 mol O₂ den 2 mol Alümina elde edilirse
x=6 mol Al y=4,5 mol O₂ 3 mol Alümina için
Buna göre başlangıçta eşit mol sayısında olması için
6 mol Al ve 6 mol O₂ gereklidir. 6-4,5=1,5 mol O₂ artar.

Örnek

Eşit hacimlerde kükürt dioksit ve oksijen gazlarının reaksiyonundan aynı şartlarda 5 L kükürt trioksit elde edildiğine göre hangi gazdan kaç L artar. S : 32 O : 16

$$\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$$

1 L	0,5 L	1 L
x=5 L	y= 2,5 L	5 L

Eşit hacimlerde olması için başlangıçta 5 L SO₂ ve 5 L O₂ kullanılmalıdır. Bu durumda 5 – 2,5 = 2,5 L O₂ artar

Soru ?

$$2\text{Al} + 3\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Cu}$$

10.45 g Alüminyum ve 66.55 g Bakır sülfat reaksiyona girdiğinde sınırlayıcı reaktanı, artan madde miktarını ve oluşan alüminyum sülfat g miktarını hesaplayınız. Al : 27 Cu : 63,5 S : 32 O : 16

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$

50 g Sodyum karbonat ve 45 g hidroklorik asit reaksiyona girdiğinde sınırlayıcı reaktanı, artan madde miktarını ve oluşan sodyum klorür g miktarını hesaplayınız. Na : 23 C : 12 O : 16 H : 1 Cl : 35,5

Soru ??

$$\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$$

65 g Çinko ve 65 g hidroklorik asit reaksiyona girdiğinde sınırlayıcı reaktanı, artan madde miktarını ve oluşan çinko klorür g miktarını hesaplayınız. Zn : 65 H : 1 Cl : 35,5

$$2 \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 7 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$

2 mol etan ve 10 mol oksijen reaksiyona girdiğinde sınırlayıcı reaktanı, artan madde miktarını hesaplayınız. C : 12 O : 16 H : 1

Saf Olmayan Madde İçeren Problemler

Kimyasal maddeleri doğada saf olarak bulmak mümkün değildir. Hatta laboratuvarlarımızdaki kimyasal maddelerin bile % 100 saf olduğunu söylemek güçtür.

Bunların saflık yüzdelerini tayin etmek için bir dizi işlemler, reaksiyonlar yapmak gerekir. Reaksiyonlarda hesaplamaları yaparken bunların saflık yüzdelerini hesaba katmak gerekir.

Örnek

Kütlece % 87,75 saflıktaki 200 g sodyum klorürün yeteri kadar sülfirik asit ile reaksiyonundan kaç g hidrojen klorür elde edilir ? Na : 23 Cl : 35,5 H : 1 S : 32 O : 16

$$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaCl} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl}$$

$m_{\text{saf}} = 200 \text{ g} \times 87,75/100 = 175,5 \text{ g NaCl}$

117 g NaCl 'den 73 g HCl elde edilirse
175,5 g NaCl 'den x g HCl elde edilir

X = 109,5 g HCl

Örnek

254 g % 50 saflıktaki bakırın yeteri kadar sülfirik asitle reaksiyonu sonucu oluşan kükürdioksit gazının hacmini hesaplayınız. Cu : 63,5 H : 1 S : 32 O : 16

$$\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$

$m_{\text{saf}} = 254 \text{ g} \times 50/100 = 127 \text{ g Cu}$

63,5 g Cu 'dan (1 mol =) 22,4 L SO₂ oluşursa
127 g Cu dan **x = 44,8 L SO₂**

Örnek

200 g saf olmayan kurşun nitratın Pb(NO₃)₂ ısıtılarak bozundurulması sonucu NŞA 22,4 L gaz elde edilmiştir. Buna göre kurşun nitratın saflık yüzdesi kaçtır ?
Pb : 207 N : 14 O : 16

$$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 (\text{k}) \rightarrow \text{PbO} (\text{k}) + 2 \text{NO}_2 (\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g})$$

Reaksiyonda oluşan toplam gaz 2,5 moldür $V = 2,5 \text{ mol} \times \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 56 \text{ L}$
331 g kurşun nitrattan 56 L gaz oluşursa

X = 132,4 g 22,4 L gaz

200 g	132,4 g saf ise
100 g	X = 66,2 %

Birbirini İzleyen Reaksiyonlar

Bazı kimyasal maddeleri sadece tek bir reaksiyon sonucunda elde etmek mümkün değildir. Birbirini izleyen iki ya da daha fazla reaksiyon gerekebilir. Bu durumda iki yol izlenir.

Birinci yolda ilk reaksiyonda elde edilen ürün ikinci reaksiyonda kullanılıp son reaksiyona kadar devam eder.
İkinci yolda ise tüm reaksiyonlar taraf tarafa toplanarak net reaksiyon elde edilir.

$$\text{Rxn 1: } \text{P}_4 + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}$$

$$\text{Rxn 2: } \text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$$

Örnek

$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ (kalsinasyon)
 $\text{CaO} + 3 \text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$
 $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + \text{Ca}(\text{OH})_2$

Yukarıda verilen reaksiyonlara göre 750 g kalsiyum karbonatın ısıtılmasıyla NŞA kaç L asetilen gazı elde edilir ?
Ca : 40 C : 12 O : 16 H : 1

$n = 750 \text{ g} \frac{1 \text{ mol}}{100 \text{ g}} = 7,5 \text{ mol}$

1. yol

1 mol CaCO_3 ten 1 mol CaO
7,5 mol CaCO_3 ten $x=7,5$ mol CaO

1 mol CaO den 1 mol CaC_2
7,5 mol CaO den $x=7,5$ mol CaC_2

1 mol CaC_2 den 1 mol C_2H_2
7,5 mol CaC_2 den $x=7,5$ mol C_2H_2

$V = 7,5 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = 168 \text{ L } \text{C}_2\text{H}_2$

2. yol net reaksiyonlar elde edilir.

$\text{CaCO}_3 + 3 \text{C} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{CO}_2 + \text{CO} + \text{Ca}(\text{OH})_2$

1 mol CaCO_3 ten 1 mol C_2H_2 oluşursa
7,5 mol CaCO_3 ten $x=7,5$ mol C_2H_2 oluşur.


$V = 7,5 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = 168 \text{ L } \text{C}_2\text{H}_2$

Örnek

200 g saf olmayan etil alkolün ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) yanması sonucu oluşan CO_2 , yeteri kadar sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisinden geçirildiğinde 318 g Na_2CO_3 elde edilmektedir. Etil alkol kütlece % kaç safıktadır ? Na : 23 C : 12 O : 16 H : 1

$2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$


1 mol CO_2 106 g Na_2CO_3
X=3 mol CO_2 318 g Na_2CO_3



$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$$

46 g $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 2 mol CO_2
 X= 69 g 3 mol CO_2

200 g etil alkolün 69 g saf ise
 100 de x= % 34,5 saflıktadır.



Örnek


$$\text{Al}_4\text{C}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{CH}_4$$

$$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

Yukarıda verilen reaksiyon denklemleri gereğince 500 g saf olmayan Al_4C_3 'den elde edilen metan CH_4 gazını yakmak için 384 g oksijen gerekmektedir. Buna göre Al_4C_3 'ün saflık yüzdesi kaçtır ? Al : 27 C : 12 O : 16

$$\text{Al}_4\text{C}_3 + 12 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{CH}_4$$


$$3 \text{CH}_4 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$$



3 mol CH_4 için (6 mol) 192 g O_2 gerekirse
 X= 6 mol CH_4 için 384 g O_2

144 g Al_4C_3 den 3 mol CH_4 oluşursa
 X= 288 g Al_4C_3 6 mol CH_4

500 g Al_4C_3 'ün 288 g 'ı saf ise
 100 g Al_4C_3 'ün x = % 57,6



Örnek

I. $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
 II. $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$
 III. $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

% 80 saflıktaki 160 g CaC_2 'den küttele % 85 'lik kaç g etil alkol elde edilebilir ? Ca : 40 C : 12 O : 16 H : 1

$M_{\text{saf}} = 160 \times 0,80 = 128 \text{ g}$

64 g CaC_2 'den 46 g E.Alkol 100 gramın 85 gramı saf ise
 128 g CaC_2 'den X=92 g x= 108,23 g 92 gramın

Örnek

Kalsiyum Fosfat aşağıda belirtilen bir dizi tepkime sonucunda elde edilebilir:

$$4 \text{P}_4(\text{k}) + 10 \text{KClO}_3(\text{k}) \rightarrow 4 \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{k}) + 10 \text{KCl}(\text{k})$$

$$\text{P}_4\text{O}_{10}(\text{k}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow 4 \text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$$

$$2 \text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 3 \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) \rightarrow 6 \text{H}_2\text{O}(\text{aq}) + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{k})$$

15.5 g P₄ ve yeterli miktarda KClO₃, H₂O ve Ca(OH)₂ 'den kütlece ne kadar Kalsiyum fosfat elde edilebilir?

P mol miktarı= $15.50 \text{ g P}_4 \times \frac{1 \text{ mole P}_4}{124 \text{ g P}_4} = 0.125 \text{ mol P}_4$

Tepkime #1 [$4 \text{P}_4(\text{k}) + 10 \text{KClO}_3(\text{k}) \rightarrow 4 \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{k}) + 10 \text{KCl}(\text{k})$]

Tepkime #2 [$1 \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{k}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow 4 \text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$]

Tepkime #3 [$2 \text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 1 \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$]

$0.125 \text{ mol P}_4 \times \frac{4 \text{ mol P}_4\text{O}_{10}}{4 \text{ mol P}_4} \times \frac{4 \text{ mol H}_3\text{PO}_4}{1 \text{ mol P}_4\text{O}_{10}} \times \frac{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{2 \text{ mol H}_3\text{PO}_4}$

$= 0.25 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \frac{310 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 77.5 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

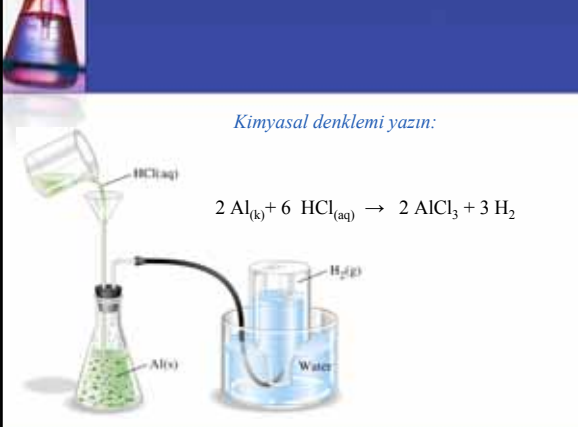
Aynı Anda Oluşan Reaksiyonlar

Bu tür reaksiyonlar genellikle karışımlarda ve alaşımlarda görülür. İki veya daha fazla element içeren bir karışımdaki her bir maddenin miktarını bulmak için bazı reaksiyonlara ihtiyaç vardır.

Alaşımlarda ise elementlerden birinin reaksiyona girmesi tercih edilir, bazen de hepsi reaksiyon verebilir

Örnek

Uçak yapımında kullanılan bir alaşım kütlece 97,3% Al ve 2,7% Cu içeriyor. Bu alaşımın yoğunluğu 2.85 g/cm³ tür. 691 cm³ alaşım parçası aşırı miktarda HCl_(aq) ile tepkimeye giriyor: Eğer Cu'ın tepkimeye girmediği alüminyumun tamamının HCl ile tepkimeye girdiği varsayılırsa elde edilen H_{2(g)} nin kütlesini hesaplayınız ?



Kimyasal denklemi yazın:

$$2 \text{Al}_{(k)} + 6 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2$$

Yöntem: $2 \text{Al} + 6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2$

cm^3 alaşım \rightarrow g alaşım \rightarrow g Al \rightarrow mol Al \rightarrow mol H_2 \rightarrow g H_2

5 tane çevrim faktörüne ihtiyaç var!

Denklemi yazın ve hesaplayın

$$m_{\text{H}_2} = 691 \text{ cm}^3 \text{ alaşım} \times \frac{2,85 \text{ g alaşım}}{1 \text{ cm}^3} \times \frac{97,3 \text{ g Al}}{100 \text{ g alaşım}} \times$$

$$\frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{3 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 212,9 \text{ g H}_2$$

Örnek

200 g Cu-Zn alaşımı (pirinç) yeterince HCl ile reaksiyona girdiğinde NŞA 33,6 L H_2 gazı elde edildiğine göre alaşımdaki bakır kütlece yüzdesi kaçlıktır ? (Cu, HCl ile reaksiyona girmez) Cu : 63,5 Zn : 65

$$\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2(g)$$

65 g Zn 'den 22,4 L H_2 oluşursa
 X=97,5 g 33,6 L H_2

$m_{\text{Cu}} = 200 - 97,5 = 102,5 \text{ g Cu}$

200 g alaşımın 102,5 g Cu
 100 'de x = % 51,25

Örnek

119 g Al-Zn alaşımı yeterince HCl ile reaksiyona girdiğinde NŞA 89,6 L H_2 gazı açığa çıkmaktadır. Buna göre alaşımın kaç gramı Al kaç gramı Zn 'dir ? Zn : 65 Al : 27

$$\text{Al} + 3 \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3/2 \text{H}_2(g)$$

$$\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2(g)$$

Al ve Zn her ikisi de HCl ile reaksiyona girerek H_2 gazı oluştururlar. Açığa çıkan 89,6 L H_2 her iki reaksiyondan oluşan gazların toplamıdır.

Hidrojenin mol sayısı $n=89,6/22,4= 4$ mol
 $m_{Zn} = x$ olsun $m_{Al} = 119-x$

$\frac{65 \text{ g Zn}}{X \text{ g Zn}}$	$\frac{1 \text{ mol H}_2}{A \text{ mol H}_2}$	$\frac{27 \text{ g Al}}{(119-x) \text{ g Al}}$	$\frac{1,5 \text{ mol H}_2}{B \text{ mol H}_2}$
<hr/>		<hr/>	
$A = x/65 \text{ mol}$		$B = 1,5(119-x)/27 \text{ mol}$	

$A+B = 4 \text{ mol}$ $X=65$ $m_{Zn} = 65$
 $m_{Al} = 54 \text{ g}$

Örnek

C_3H_4 (propin) C_3H_8 (propan) gazlarını içeren 300 L 'lik bir karışımı yakmak için aynı şartlarda 1400 L O_2 gazına ihtiyaç duyulmaktadır. Karışımdaki herbir gazın hacmini hesaplayınız.

$V(C_3H_4) = x$ L olsun $V(C_3H_8) = (300-x)$ L olur

$C_3H_4 + 4 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 2 H_2O$	$C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$
1 L ile 4 L	1 L ile 5 L
<hr/>	<hr/>
x L ile A L	$300-x$ L ile B L
$A = 4x$	$B = 5(300-x)$
$A+B = 1400 \text{ L}$ \rightarrow	$X = 100 \text{ L}$

Verim

Kuramsal (Teorik) verim= bir kimyasal tepkimede oluşan ürünlerin hesaplanarak bulunan miktarına denir.
 Gerçek verim= Gerçekte oluşan ürün miktarı.

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

Teorik verim; sınırlayıcı reaktifin hepsinin reaksiyona girdiği düşünülen, denkleştirilmiş denklem ile hesaplanan ürün miktarıdır. Teorik verim, elde edilebilecek maksimum verimdir.

Örnek

Haber Prosesi denilen bir proses kullanılarak azot ve hidrojen gazlarından amonyak elde edilir. 85,90g azot 21,66 g Hidrojen ile tepkimeye girdiğinde 98,67 g amonyak oluşuyorsa tepkimenin % verimi nedir?

$N_2(g) + 3 H_2(g) \rightarrow 2 NH_3(g)$

Her iki tepkenin de miktarları verildiğinden bu bir sınırlayıcı Bileşik problemidir. Önce sınırlayıcı bileşik bulunduktan sonra kuramsal verim ve daha sonra da % verim hesaplanır..

% Verim / Sınırlayıcı Bileşik Problemi - I

$$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$$

$\text{mol N}_2 = \frac{85.90 \text{ g N}_2}{28.02 \text{ g N}_2} = 3.066 \text{ mol N}_2$

$\text{mol H}_2 = \frac{21.66 \text{ g H}_2}{2.016 \text{ g H}_2} = 10.74 \text{ mol H}_2$

Katsayı ile bölün
 $\frac{3.066 \text{ g N}_2}{1} = 3.066$

$\frac{10.74 \text{ g H}_2}{3} = 3.582$

Sınırlayıcı bileşik olarak **3.066 mol N₂** var. Böylelikle Amonyak ın kuramsal verimi:

$3.066 \text{ mol N}_2 \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol N}_2} = 6.132 \text{ mol NH}_3$ (Kuramsal Verim)

$6.132 \text{ mol NH}_3 \times \frac{17.03 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 104.427 \text{ g NH}_3$ (Kuramsal Verim)

$\% \text{ Verim} = \frac{\text{Gerçek verim}}{\text{Kuramsal verim}} \times 100\%$

$\% \text{ Verim} = \frac{98.67 \text{ g NH}_3}{104.427 \text{ g NH}_3} \times 100\% = \underline{94.49\%}$

Örnek

$$\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2 \text{HF}$$

Yukarıdaki reaksiyonu gerçekleştirmek üzere 6 kg CaF₂ aşırı miktarda H₂SO₄ ile reaksiyona sokulduğunda, 2,86 kg HF elde edilmektedir. Yüzde verimi hesaplayınız ? Ca: 40 F:19 H:1 S:32

Ca F_2 'ün mol sayısı = $6,00 \times 10^3 \text{ g Ca F}_2 \times \frac{1 \text{ mol Ca F}_2}{78,075 \text{ g Ca F}_2} = 76,85 \text{ mol Ca F}_2$

$\text{HF}'\text{ün mol sayısı} = 76,85 \text{ mol Ca F}_2 \times \frac{2 \text{ mol HF}}{1 \text{ mol Ca F}_2} = 153,7 \text{ mol HF}$

Teorik HF miktarı = $153,7 \text{ mol HF} \times \frac{19,99 \text{ g}}{1 \text{ mol HF}} = 3072,46 \text{ g HF}$


$\% \text{ verim} = \frac{2,86 \text{ kg}}{3,07} \times 100 \% = 93,16 \%$

Su Sertliği

Doğada bulunan sular saf değildir. Yağmur yağdığı anda havada bulunan gazlar (kükürt dioksit, azot oksitleri gibi) ve hava kirliliğine neden olan parçacıklar yağmur sularında eriyerek birlikte yere düşerler.

Böylece suyun pH'ı nötral suyun pH'ından daha farklı olur.






Su yapısı gereği ya taş yapıcı veya koroziftir. (aşındırıcı) Sanayide olsun veya sosyal amaçla olsun kullanılacak suların analitik özelliklerine, kullanılacağı tesisin özelliklerine en uygun şekilde şartlandırılarak kullanılması gerekmektedir.


Genellikle sert suların sadece yumuşatılarak kullanılması gerektiğini, aksi taktirde tesiste korozyonun daha hızlandığını unutmayınız !



Su Yumuşatma Sistemleri



- Bünyelerinde toprak alkali metallerin (Mg^{+2} , Ca^{+2} , Ba^{+2}), Fe^{+3} ve Al^{+3} metallerinin tuzlarını erimiş olarak bulunduran; sabunu kolaylıkla köpürtmeyen ve lezzeti hoş olmayan sulara "sert su" denir.
- Sertlik Çeşitleri
 - Geçici sertlik
 - Kalıcı sertlik
 - Toplam sertlik



- Geçici sertlik : toprak alkali metallerin (Mg^{+2} , Ca^{+2} , Ba^{+2}), Fe^{+3} ve Al^{+3} metallerinin yalnız HCO_3^- (bikarbonat) tuzları ve CO_2 su içerisinde bulunuyorsa bu sular geçici sertlikte olup, kaynatılmakla giderilir.
 $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2$
- Kalıcı Sertlik : toprak alkali metallerin (Mg^{+2} , Ca^{+2} , Ba^{+2}), Fe^{+3} ve Al^{+3} metallerinin SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , NO_3^- , Cl^- tuzlarını erimiş olarak bulunduran sular kalıcı sertliği verir. Kaynatılmakla giderilmez. Bu sertliği gidermek için silisli zeolitsel maddeler katyon değiştirici olarak kullanılır.
Permutit : $Na_2O \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O$
 $CaSO_4 + 2 Na\text{-zeolit} \rightarrow Na_2SO_4 + Ca\text{-zeolit}$
- Toplam sertlik : Geçici ve kalıcı sertliğin toplamıdır.

Sertlik Dereceleri

1. Fransız sertlik derecesi (Fr.S.D)
1 litre su içinde 10 mg CaCO_3 veya eşdeğeri 8.42 mg MgCO_3 bulunuyorsa buna 1 Fr.S.D. Denir.

100 litre suda çözülmüş olarak bulunan sertlik verici maddelerin CaCO_3 'a tekabül eden gram miktarına 1 Fr.S.D. Denir.

$$A = \frac{M}{M_{\text{CaCO}_3}} (\text{Fr.S.D.}) \frac{V}{100}$$

A: Sertlik veren madde miktarı
M: Sertlik veren madde M_a
V: Suyun litre olarak hacmi

Sertlik Dereceleri

2. Alman sertlik derecesi (A.S.D)
1 litre su içinde 10 mg CaO veya eşdeğeri 7.14 mg MgO bulunuyorsa buna 1 A.S.D. Denir.

100 litre suda çözülmüş olarak bulunan sertlik verici maddelerin CaO 'a tekabül eden gram miktarına 1 A.S.D. Denir.

$$A = \frac{M}{M_{\text{CaO}}} (\text{A.S.D.}) \frac{V}{100}$$

A: Sertlik veren madde miktarı
M: Sertlik veren madde M_a
V: Suyun litre olarak hacmi

Sertlik Dereceleri

3. İngiliz sertlik derecesi (I.S.D)
0.7 litre su içinde 10 mg CaCO_3 veya eşdeğeri 8.42 mg MgCO_3 bulunuyorsa buna 1 I.S.D. Denir.

70 litre suda çözülmüş olarak bulunan sertlik verici maddelerin CaCO_3 'a tekabül eden gram miktarına 1 I.S.D. Denir.


$$A = \frac{M}{M_{\text{CaCO}_3}} (\text{I.S.D.}) \frac{V}{70}$$

A: Sertlik veren madde miktarı
M: Sertlik veren madde M_a
V: Suyun litre olarak hacmi

Sertlik Derecelerine Göre Sınıflandırma

Özellik	Alman Sertliği	Fransız Sertliği
Çok yumuşak	0-4	0-7.2
Yumuşak	4-8	7.2-14.5
Orta yumuşak	8-12	14.5-21.5
Sert	12-18	21.5-32.5
Çok sert	18-30	32.5-54.0

1 A.S.D = 1.25 I.S.D = 1.79 Fr.S.D



■ Geçici Sertlik Reaksiyonları


$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{MgCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{CO}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

■ Kalıcı Sertlik Reaksiyonlar

$$\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$$

$$\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl} + \text{CO}_2$$


Örnek

■ 1500 kg su içinde çözünmüş olarak 66 g serbest CO₂ gazı ve 280 g CaSO₄ tuzu bulunmaktadır.

a. Suyun toplam sertliği kaç Fr.S.D 'dir ?

b. Bu suyun sertliğini tamamen gidermek için gerekli NaOH ve Na₂CO₃ miktarı ne kadardır? Ca: 40 Na: 23


$$A = \frac{M}{M_{\text{CaCO}_3}} (\text{Fr.S.D.}) \frac{V}{100}$$

$$66 = \frac{44}{100} (\text{Fr.S.D.}) \frac{1500}{100}$$

Geçici Sertlik
Fr.S.D.= 10

$$280 = \frac{136}{100} (\text{Fr.S.D.}) \frac{1500}{100}$$

Kalıcı Sertlik
Fr.S.D.= 13.7




$$\text{CO}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

44 g	80 g	106 g
66 g	x=120 g	y=159 g

$$\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$$

136 g	106 g
280 g	x=218.2 g

Gerekli Na₂CO₃ = teorik miktar-oluşan miktar
= 218.2 – 159 = 59.2 g



Örnek

555 g CaCl₂ tuzunun 22,5 Fr.S.D. Sağladığı suyun miktarı kaç tondur ?

$$A = \frac{M}{M_{\text{CaCO}_3}} (\text{Fr.S.D.}) \frac{V}{100}$$

$$555 = \frac{111}{100} \cdot 22,5 \cdot \frac{V}{100}$$

V=2222.22 L
V= 2.222 ton

Örnek

Boyutları 1.5 m , 3 m , 6 m olan bir su deposundaki su içinde CaSO_4 ve $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ tuzları bulunmaktadır. Suyun 20 Fr.S.D. Olan geçici sertliği NaOH ile tamamen giderildikten sonra kalıcı sertliğini gidermek için 1060 g Na_2CO_3 'e ihtiyaç vardır.Suyun toplam sertliğini Fr.S.D ve I.S.D. Cinsinden hesaplayınız.

$V=1.5 \times 3 \times 6 = 27 \text{ m}^3 = 27000 \text{ L}$

$A = \frac{162}{100} (20) \frac{27000}{100} \quad A = 8748 \text{ g Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Örnek

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 162 g 106
 8748 g X=5724 g Na_2CO_3

Toplam Harcanan $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1060 + 5724 = 6784 \text{ g}$

$\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
 136 g 106 g
 x=8704 g 6784 g

$8704 = \frac{136}{100} (\text{Fr.S.D}) \frac{27000}{100} \quad \text{Fr.S.D.} = 23.7$
 Toplam Sertlik = 23.7 + 20 = 43.7

Örnek

440 g MgSO_4 ve 330 g $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ içeren 8 ton sudan alınan örneğin sertliği kaç Fr.S.D'dir ? Sertliği tamamen gidermek için gerekli NaOH ve Na_2CO_3 miktarı nedir ?
 Mg: 24 S: 32 C: 12 O: 16 Na: 23 H:1

$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + 4 \text{NaOH} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$

$\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$

$440 = \frac{120}{100} (\text{Fr.S.D.}) \frac{8000}{100} \quad \text{Fr.S.D.} = 4,58 \text{ (Kalıcı)}$


$330 = \frac{146}{100} (\text{Fr.S.D.}) \frac{8000}{100} \quad \text{Fr.S.D.} = 2.825 \text{ (Geçici)}$

Örnek

$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + 4 \text{NaOH} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 146 g 160 g 212 g
 330 g X=361.64 g Y=479.2 g

$\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
 120 g 106 g
 440 g X=388.7 g

Gerekli $\text{NaOH} = 361.64 \text{ g}$
 Gerekli $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 479.2 - 388.7 = + \text{fazla}$



Soru ?

Çapı 2 m yüksekliği 5 m olan silindir bir tanktaki su içerisinde 1250 g $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 980 g CO_2 ve 3470 g MgSO_4 çözülmüş halde bulunmaktadır.

- Tanktaki suyun geçici,kalıcı ve toplam sertliğini (Fr.S.D.) bulunuz.
- Sertliği gidermek için gerekli NaOH ve Na_2CO_3 miktarını hesaplayınız.

$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{CO}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$$