

BÖLÜM 2 DENEYLER

DENEY 1 : STOKİYOMETRİ

“Stokiyometri” sözcüğü, Yunanca element anlamına gelen “stocheion” ile, ölçme anlamına gelen “metron” sözcüğünün birleştirilmesiyle türetilmiştir. Kimyanın, kimyasal reaksiyonlardaki kütle ilişkileriyle ilgilenen dalına bu ad verilir. Stokiyometri, kimyasal formül fikrine dayanan, kimyasal denklem kavramı üzerine oturtulmuştur. Kimyasal formüllerin adlandırılması, atom kütlesi kavramına bağlanır. Böylece stokiyometride, kimyasal değişmelerde harcandığı veya yeniden meydana geldiği gözlenen madde miktarları atom kütlelerinden yararlanılarak incelenir.

2.1 MOL

Atomlar son derece küçük olduklarına göre, herhangi bir laboratuvar deneyinde kullanılan element miktarları içinde çok büyük sayıda atom bulunması zorunludur. Örneğin, hidrojen florür yaparken, bir tek hidrojen atomu ile bir tek flor atomunu tartmak olanağı yoktur. Fakat, bu atomların kütlelerinin oranından yararlanılarak, eşit sayıda hidrojen ve flor atomu alınabilir. Atom kütlelerine bakarak (H için 1,0097 akb ve F için 18,9984 akb), ortalama bir flor atomunun ortalama bir hidrojen atomundan $18,9984/1,0097$ defa ağır olduğunu söyleyebiliriz. Elimizde belli sayıda flor atomu ile buna eşit sayıda hidrojen atomu bulunduğunu düşünelim. Flor atomları kümesinin toplam kütlesi, hidrojen atomları kümesinin toplam kütesinin $18,9984/1,0097$ katı olacaktır.

Tersine, bir miktar hidrojenden $18,9984/1,0097$ defa ağır olan bir flor örneğinde, tam hidrojen örneğindeki hidrojen atomu sayısı kadar flor atomu bulunduğunu da söyleyebiliriz. Örneğin, 18,9984 g flor içinde, 1,0097 g hidrojendeki kadar atom vardır. Genel olarak, farklı elementlerin bağıl atom kütlelerine eşit kütleler almakla, daima aynı sayıda atom almış olduğumuzu söyleyebiliriz.

Toplam kütlesi atom kütlelerinin sayıca değerine eşit olan bir atom topluluğuna **1 mol** denir. Örneğin, kükürdün atom kütlesi 32,064 akb olduğuna göre 32,064 g gelen bir kükürt atomları topluluğuna **1 mol kükürt** diyebiliriz. Mol kavramı, bize reaksiyon için istediğimiz sayıda atom alabilme olanağı sağlar. Modern teknikler, bir mol içindeki atomların sayısını tayin etme olanağını vermektedir. Avogadro sayısı olarak anılan bu sayı, $6,023 \times 10^{23}$ 'tür.

Bir mol element içindeki atomların sayısını $6,023 \times 10^{23}$ olarak bilmekle, elementin herhangi bir miktarındaki atom sayısını hesaplayabildiğimiz gibi, tek tek atomların kütlelerini de hesaplayabiliriz.

2.2 BİLEŞİKLERDE MOL KÜTLESİ

İster en basit formül olsun ister molekül formülü olsun, bir formülün kütlesi formül içindeki bütün atom kütlelerinin toplamına eşittir. Örneğin, NaCl için formül kütlesi, sodyumun atom kütlesi olan 22,9898 akb (atomik kütle birimi) ile klorun atom kütlesi olan 35,453 akb'nin toplamına eşittir. Bütün hallerde formül kütlesi yazılan formüle bağlıdır. Eğer molekül formülü kullanılıyorsa, formül kütlelerine molekül kütlesi adı verilir. Kütle gram olarak formül kütlelerine eşit olan maddenin kütlelerine mol kütlesi denir. Örneğin formül kütlesi 58,443 akb olan NaCl'ün bir molü 58,443 gramdır. Molekül formülü bilinen herhangi bir maddenin bir molünde ise Avogadro sayısı ($6,022 \times 10^{23}$) kadar molekül vardır.

2.3 EN BASİT FORMÜLLER

En basit formüller sadece, bileşik içindeki elementlerin bağlı mol sayılarını gösterirler. Bu formülün yazılmasında şu kurala uyulur; bileşikteki elementlerin simgeleri yazılır ve simgelerin altına, bu elementlerin bağlı mol sayılarını gösteren sayılar

konur. A_xB_y formülü, içinde x mol A maddesi ve y mol B maddesi bulunan bir bileşiği göstermektedir. Mol ve atom sayıları arasındaki bağlantı nedeniyle, en basit formül, aynı zamanda bileşikteki atomların bağıl sayıları hakkında da bilgi verebilir. A_xB_y bileşğinde, B elementinin her y tane atomuna karşılık, A elementinin x tane atomu vardır. Fakat bu formül, bileşik içindeki atomların bağıl sayısı dışında bu atomların nasıl bir biçimde birleştikleri hakkında ve özellikle moleküler birimin (varsa) büyüklüğü hakkında hiçbir bilgi vermemektedir.

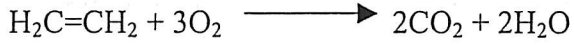
2.4 MOLEKÜL FORMÜLLERİ

Kimyasal formüllerin ikinci çeşidi molekül formülüdür. Molekül formülünde, simgelerin altındaki sayılar, bileşiğin bir molekülü içindeki element atomlarının gerçek sayılarını gösterirler. Molekül, bağımsız bir birim oluşturmaya yetecek kadar sıkıca bağlanmış atomlardan yapılmış bir atom topluluğudur. Molekül formülünü yazmak için, molekülü oluşturan atomların sayısını bilmek gerekir. Bir molekül içindeki atomların gerçek sayısını bulmak için çeşitli deneysel yollar uygulanır. Örneğin, bir katı içindeki atomların durumları X-ışınlarıyla belirlenerek bu bilgi elde edilebilir. Bir formüle bakarak onun molekül formülü mü yoksa en basit formül mü olduğunu söylemek olanaksızdır. Bununla beraber, eğer simgelerin altındaki sayıların ortak bir böleni varsa, o formülün bir molekül formülü olma olasılığı yüksektir.

2.5 STOKİYOMETRİK HESAPLAMALAR

2.5.1 Sınırlayıcı Bileşen

Bir kimyasal tepkime çeşitli şekillerde açıklanabilir. Örneğin etilenin yanma tepkimesi gözönüne alınırsa :



Bu tepkimeye göre 1 mol etilen ve 3 mol oksijen etkileşirse, 2 mol karbon dioksit ve 2 mol su elde edilir. Burada temel nokta, bir kimyasal tepkimedeki katsayıların, tepkimeye giren maddelerin etkileşebilmeleri için gerekli mol oranlarını göstermesidir. Örneğin, 5 mol etilen varsa, tepkimenin tamamlanması için 15 mol oksijen gereklidir. Fakat, 5 mol etilen ve 12 mol oksijen varsa, 5 mol etilenin etkileşmesi için 15 mol oksijen gerekli olduğundan eldeki 12 mol oksijen ancak 4 mol etilen ile etkileşecek ve 1 mol etilen geriye kalacaktır. Burada oksijenin mol sayısı, tepkimeye girecek maddelerin mol sayılarını belirlediğinden, **sınırlayıcı bileşen** adını alır. O halde, oluşacak ürünlerin mol sayıları **sınırlayıcı bileşen tarafından belirlenir**. Sınırlayıcı bileşen, bir anlamda tepkimede ilk önce tükenen maddedir.

2.5.2 Verim

Bir kimyasal tepkimenin verimi de önemlidir. Bir tepkimenin teorik verimi, tepkime ürünlerinin en yüksek, yani %100 verimle ve denklemden beklenildiği miktarda oluşmasına karşılık gelir. Örneğin, 1 mol etilen, en az 3 mol oksijen içinde yakılırsa, tepkimenin teorik verimi 2 mol karbon dioksit ve 2 mol su oluşması demektir. Fakat, tepkimelerde çoğunlukla yan ürünler oluşur; sonuçta verim düşer ve bir kimyasal tepkimede hiçbir zaman %100 verim elde edilmez.

2.6 ÖRNEK PROBLEMLER

2.6.1 Bir kimyasal reaksiyonda, iki azot atomuna karşılık üç magnezyum atomu gerekmektedir. 4,86 gram magnezyum için kaç gram azot gerekir? (Magnezyumun mol kütlesi $24,3 \text{ g mol}^{-1}$ ve azotun mol kütlesi $14,0 \text{ g mol}^{-1}$ 'dir).

$$4,86 \text{ g Mg} / 24,3 \text{ g mol}^{-1} \text{ Mg} = 0,200 \text{ mol Mg}$$

Azotun mol sayısı, magnezyumunkinin üçte ikisi kadar olmalıdır:

$$(2/3) (0,200) = 0,133 \text{ mol N}$$

$$(0,133 \text{ mol N}) (14,0 \text{ g mol}^{-1} \text{ N}) = 1,86 \text{ g N bulunur.}$$

2.6.2 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ bileşiğinin bileşim yüzdelerini bulunuz (Atom kütleleri : Al 26,98 ; S 32,06 ; O 16,00).

Bir mol $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ bileşiği içinde :

$$2 \text{ mol veya } 2 \times 26,98 = 53,96 \text{ gram Al}$$

$$3 \text{ mol veya } 3 \times 32,06 = 96,18 \text{ gram S}$$

$$12 \text{ mol veya } 12 \times 16,00 = 192,00 \text{ gram O vardır.}$$

$$\text{Toplam kütle} = 342,14 \text{ gram}$$

$$\text{Alüminyum yüzdesi} = 53,96 / 342,14 \times 100 = \% 15,77$$

$$\text{Kükürt yüzdesi} = 96,18 / 342,14 \times 100 = \% 28,11$$

$$\text{Oksijen yüzdesi} = 192,00 / 342,14 \times 100 = \% 56,12 \text{ olarak bulunur.}$$

2.6.3 Bir M metalinden belli bir miktar, 0,962 g kükürtle ısıtılınca, metal ile kükürt arasında bir reaksiyon oluyor. Sonra kükürdün fazlası uzaklaştırılıyor ve geride yalnızca kükürt ve metalin birleşmesinden oluşmuş bileşik kalıyor. M metalinin kütlesi 2,435 g ve bileşiğin kütlesi 3,397 g olduğuna göre bileşiğin en basit formülünü bulunuz. (Atom kütleleri : M 121,75 ; S 32,06)

En basit formül, bileşikteki elementlerin bağıl mol sayılarını göstereceğine göre metalin ve kükürdün kaç molünün birbiriyle birleştiklerini bulmamız gerekiyor. M'nin atom kütlesi 121,75 ve S'nin atom kütlesi 32,06 olduğuna göre :

$$M\text{'nin mol sayısı} = M\text{'nin kütlesi} / M\text{'nin 1 molünün kütlesi} = 2,435/121,75 = 0,020 \text{ mol M}$$

$$S\text{'nin mol sayısı} = S\text{'nin kütlesi} / S\text{'nin 1 molünün kütlesi} = 0,962/32,06 = 0,030 \text{ mol S}$$

Demek ki bu bileşikte 0,020 mol M, 0,030 mol S ile birleşmiştir. Buna göre bileşiğin en basit formülü $M_{0,020}S_{0,030} = M_2S_3$ olmalıdır.

2.6.4 Bir bileşiğin analizinin sonuçları çok kere bileşim yüzdesi olarak verilir. İçinde kütlece % 50,05 S ve %49,95 O bulunan bir bileşiğin en basit formülü nasıldır?

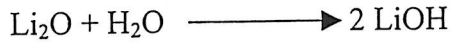
100 gram bileşikte 50,05 g kükürt ve 49,95 g oksijen vardır. Buna göre:

$$S\text{'in mol sayısı} = 50,05 / 32,06 = 1,561 \text{ mol S}$$

$$O\text{'nun mol sayısı} = 49,95 / 16,00 = 3,122 \text{ mol O}$$

O halde en basit formül $S_{1,561}O_{3,122} \Rightarrow SO_2$ 'dir.

2.6.5 Uzay araçlarında Li_2O , astronotların vücudundan dışarı atılan suyu tutmak için kullanılır (oluşan LiOH , aynı zamanda kabin atmosferindeki CO_2 'i de absorplar ve Apollo 11'de kullanılmıştır). Bir astronot her gün ortalama $2,4 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{O}$ dışarı atıyorsa ve uzay aracında $5 \text{ kg Li}_2\text{O}$ varsa, reaksiyonun % 100 verimle yürüdüğü varsayıldığında 10 günlük bir uzay yolculuğu sonunda ne kadar Li_2O artar?



10 günde atılan su miktarı $2,4 \text{ dm}^3 \times (1 \text{ kg/dm}^3) = 2,4 \text{ kg}$ 'dır.

Atılan suyun mol sayısı: $n = 2,4 \text{ kg H}_2\text{O} \times (1 \text{ mol H}_2\text{O} / 0,018 \text{ kg H}_2\text{O}) = 133,33 \text{ mol H}_2\text{O}$

Denklemin stokiyometrisine göre 1 mol H_2O için 1 mol Li_2O gereklidir, yani:

$133,33 \text{ mol H}_2\text{O} \times (1 \text{ mol Li}_2\text{O} / 1 \text{ mol H}_2\text{O}) = 133,33 \text{ mol Li}_2\text{O}$

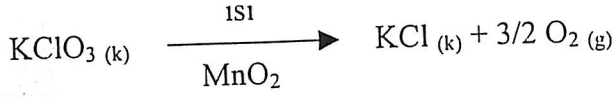
$133,33 \text{ mol Li}_2\text{O} \times (0,030 \text{ kg Li}_2\text{O} / 1 \text{ mol Li}_2\text{O}) = 3,9 \text{ kg Li}_2\text{O}$ gereklidir.

Araçtaki toplam Li_2O miktarı 5 kg olduğundan :

$5 \text{ kg} - 3,9 \text{ kg} = 1,1 \text{ kg Li}_2\text{O}$ artar, yani burada H_2O sınırlayıcı bileşendir.

2.7 ÖRNEK DENEY : POTASYUM KLORATIN TERMAL BOZUNMASI

Potasyum, klor ve oksijen elementlerinden oluşan potasyum klorat (KClO_3), mangan dioksit (MnO_2) katalizörlüğünde ısıtıldığında, yapısındaki tüm oksijen aşağıdaki ısı bozunma tepkimesine göre ayrışarak uzaklaşır, geride potasyum ve klor elementlerinden oluşan potasyum klorür (KCl) bileşiği kalır :



Saf KClO_3 bileşiğini oluşturan elementlerin mol sayıları arasında :

$$n_{\text{KClO}_3} = n_{\text{K}} = n_{\text{Cl}} = 1/3 n_{\text{O}} = 2/3 n_{\text{O}_2}$$

bağıntıları vardır. Isıl bozunma tepkimesindeki giren ve ürünlerin mol sayıları arasında ise:

$$n_{\text{KClO}_3} = n_{\text{KCl}} = 2/3 n_{\text{O}_2} \quad \text{bağıntıları vardır.}$$

Bu deneyde, saf potasyum kloratın termal bozunması sonucu ölçülen kütle değişimlerinden yararlanılarak potasyum kloratın en basit formülü bulunacaktır.

MADDE VE MALZEMELER

KClO_3	Terazi	Deney tüpü
MnO_2	Bek (indirgen alevli)	Kıskaç
Tahta maşa	İnce uçlu spatül	Spor

DENEYİN YAPILIŞI

1. Kızdırıldıktan sonra darası alınmış temiz ve kuru bir deney tüpüne yaklaşık 0,1 g MnO_2 konup ısıtılır ve soğuduktan sonra 0,01 g duyarlılıkla tartılır.
2. Aynı deney tüpüne yaklaşık 1 g potasyum klorat örneği eklenip duyarlılığı tartımı alınır ve tüpe yavaş yavaş vurarak madde ile katalizörün iyice karışması sağlanır.
3. Deney tüpü 45° lik bir açı ile spora takılı kısıpaca tutturulur.
4. Bek yakılıp, deney tüpü içindeki karışım eriyene dek hafif alevde daha sonra birkaç dakika şiddetli alevde ısıtılır.
5. Tüpün soğuması beklenerek tartılır.

Bilinenler :

1. Tüp ve katalizörün kütlesi m_1 ...:
2. Tüp, katalizör ve potasyum kloratın kütlesi m_2 ...:
3. Tüp, katalizör ve artığın kütlesi m_3 ...:

Sonuçlar :

1. Potasyum klorat örneğinin kütlesi $m_2 - m_1 = m_0$:
2. Potasyum klorürün (artık) kütlesi $m_3 - m_1 = m_S$:
3. Açığa çıkan oksijenin kütlesi $m_{O_2} = m_0 - m_S$:
4. Açığa çıkan oksijen molekülünün mol sayısı $n = m_{O_2} / 32$:
5. Açığa çıkan oksijen atomunun mol sayısı $2n$:
6. Potasyum klorürün (artık) mol sayısı $m_S / 74,5$:
7. Örnekteki potasyum atomunun mol sayısı n_K :
8. Örnekteki klor atomunun mol sayısı n_{Cl} :
9. Potasyum kloratın en basit formülü $K_x Cl_y O_z$: