

Kimyasal Eşitlikler ve Nicel Bağıntılar

Kimya bir dile benzer. Tıpkı bir dilde olduğu gibi bir **alfabesi** (periyodik cetvel), **sesli ve sessiz harfleri** (metal ve ametaller) bu alfabeden türetilen **kelimeleri** (kimyasal bileşikler) ve kelimelerden türetilen **cümleleri** (kimyasal reaksiyonlar) mevcuttur. Bir dili düzenleyen **gramer kuralları** olduğu gibi, kimyasal dili yöneten **denge ve enerji kuralları** mevcuttur.

Kimyasal tepkimelerde yer alan elementler ve bileşikler arasındaki nicel bağıntılarla ilgilenen kimya dalına **stokiyometri** denir. Yunanca element ve ölçmek kelimelerinin biraraya getirilmesiyle türetilmiştir.

Kimyada kullanılan madde miktarı birimi moldür. Bir mol, ${}^{12}_6\text{C}$ izotopunun tam olarak 12 gramında bulunan atom sayısına eşit sayıda birim içeren madde miktarı olarak tanımlanır.

Bu sayı, NŞA gazların 22.4 L hacminde 6.022×10^{23} adet molekül bulunduğunu ilk kez ortaya koyan Amadeo Avogadro'nun anısına **Avogadro sayısı** olarak adlandırılır.

Buna göre 1 mol denildiğinde, 6.022×10^{23} adet birim içeren bir miktardan söz edildiği anlaşılmalıdır.

1 mol C atomu = 6.022×10^{23} tane C atomu.

1 mol CO_2 molekülü = 6.022×10^{23} tane CO_2 molekül.

1 mol e = 6.022×10^{23} tane elektron anlamına gelir.

Atomların ağırlıkları aslında atomik kütle birimi (akb) cinsinden verilir. Fakat atomik kütle birimi ile ağırlık birimi arasında aşağıda verilen ilişki olduğundan, atom ağırlıkları gram cinsinden verilebilir.

${}^{12}_6\text{C}$ izotopunun atomlarından oluşmuş 12,00 gram karbon atomunda Avogadro sayısı kadar atom vardır. **Bu durumda,**

1 tane C atomu = 12 a.k.b.

$6,02 \cdot 10^{23}$ tane C atomu = 1 mol

1 mol - atom = $6,02 \cdot 10^{23}$ tane atom

1 tane C atomunun ağırlığı = $12 / 6,02 \cdot 10^{23} = 1,993 \cdot 10^{-23}$ gram

Bu kütlenin 1/12 kadarına 1 akb denildiğine göre,

$1 \text{ akb} = 1,993 \cdot 10^{-23} \text{ gram} / 12 = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ gram}$

Bu durumda atomların gram cinsinden (1 molunun) kütleleri akb cinsinden kütlelerinin $1,66 \cdot 10^{-24}$ ve Avogadro sayısı ile çarpılmasına eşittir. Atomların 1 molunun ağırlığı doğrudan akb cinsinden ağırlığına eşittir. 1 mol H (1 akb) atomu 1 g, 1 mol C (12 akb) atomu 12 g, 1 mol Be (9 akb) atomu 9 g, 1 mol Fe (56 akb) atomu 56 g, vs.

Avogadro sayısının büyüklüğü akılda canlandırmak oldukça güçtür. Bir insana Avogadro sayısı kadar 100 YTL versek ve adam her saniyede 1000 tane sayan bir para sayma makinesi kullanarak günde 24 saat ve haftada 7 gün bu parayı saysa kaç yılda saymayı bitirirdi hesaplayınız.

1 yılda $365 \times 24 \times 60 \times 60 \times 1000 = 3,154 \cdot 10^{10}$ tane sayar.

$6,022 \cdot 10^{23} / 3,154 \cdot 10^{10} = 1,9 \cdot 10^{13}$ yıl. Ne uzun süre...

Periyodik cetvelde verilen atom ağırlıkları elementlerin doğal izotoplarının ortalama kütesidir.

Bir kimyasal element ve bileşiğin mol sayısı,

Mol sayısı = element veya bileşiğin ağırlığı / atom veya molekül ağırlığı

$n = m_A / M_A$ formülüyle hesaplanır.

Örneğin, 100 g Al kaç moldur? $n = 100 \text{ g} / 27 \text{ g mol}^{-1} = 3,70 \text{ mol}$.

Örneğin, 35,5 g CO_2 kaç moldur? $n = 35,5 \text{ g} / 44 \text{ g mol}^{-1} = 0,807 \text{ mol}$.

Aynı formülü mol sayısı verilen bir maddenin, gram olarak miktarının hesaplanmasında da kullanabiliriz. $n = m_A / M_A \Rightarrow m_A = n \times M_A$

Örneğin, 0.250 mol Au kaç gramdır? Au: 197.0 g/mol

$$m_A = n \times M_A \Rightarrow m_A = 0.250 \text{ mol} \times 197.0 \text{ g/mol} = 49.25 \text{ g yapar.}$$

Veya aynı hesap mantık ve orantı kullanılarak yapılabilir.

$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol Au} & \xrightarrow{\quad} & 197 \text{ g} \\ 0.250 \text{ mol Au} & \xrightarrow{\quad} & ? \text{ g} \end{array}$ <hr style="width: 100%;"/> $1 \cdot x = 0.250 \cdot 197 \Rightarrow x = 49.25 \text{ g}$	$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol Al} & \xrightarrow{\quad} & 27 \text{ g} \\ ? \text{ mol} & \xrightarrow{\quad} & 100 \text{ g} \end{array}$ <hr style="width: 100%;"/> $1 \cdot 100 = 27 \cdot x \Rightarrow x = 3.70 \text{ mol}$
--	--

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol CO}_2 & \xrightarrow{\quad} & 44 \text{ g} \\ ? \text{ mol} & \xrightarrow{\quad} & 35.5 \text{ g} \end{array}$$

$$1 \cdot 35.5 = 44 \cdot x \Rightarrow x = 0.807 \text{ mol}$$

Madde ağırlığı ile mol arasındaki ilişkiye benzer bir ilişki madde miktarı veya mol ile atom veya molekül sayısı arasında da vardır.

Örneğin, 0.35 mol Fe içerisinde kaç adet demir atomu bulunur?

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol Fe} & \xrightarrow{\quad} & 6.022 \times 10^{23} \text{ atom} \\ 0.350 \text{ mol} & \xrightarrow{\quad} & ? \text{ atom} \end{array}$$

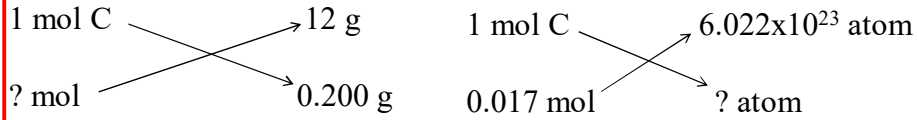
$$1 \cdot x = 0.350 \cdot 6.022 \times 10^{23} \Rightarrow x = 2.11 \times 10^{23} \text{ atom}$$

Örneğin, 28 g Fe içerisinde kaç adet demir atomu bulunur?

$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol Fe} & \xrightarrow{\quad} & 56 \text{ g} \\ ? \text{ mol} & \xrightarrow{\quad} & 28 \text{ g} \end{array}$ <hr style="width: 100%;"/> $1 \cdot 28 = 56 \cdot x \Rightarrow x = 0.50 \text{ mol}$	$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol Fe} & \xrightarrow{\quad} & 6.022 \times 10^{23} \text{ atom} \\ 0.50 \text{ mol} & \xrightarrow{\quad} & ? \text{ atom} \end{array}$ <hr style="width: 100%;"/> $1 \cdot x = 0.50 \cdot 6.022 \times 10^{23} \Rightarrow x = 3.011 \times 10^{23} \text{ atom}$
--	---

Örneğin, 1 kırat elmas içerisinde kaç adet karbon atomu vardır?

1 kırat 0.200 g, C: 12 g/atg, elmas saf C elementinden oluşmuştur.



$$1 \cdot 0.200 = 12 \cdot x \Rightarrow x = 0.017 \text{ mol} \quad 1 \cdot x = 0.017 \cdot 6.022 \times 10^{23} \Rightarrow x = 1.024 \times 10^{22} \text{ atom bulunur.}$$

Bir mol Avogadro sayısı kadar birim içerir. Buna göre bir mol molekül Avogadro sayısı kadar molekülden oluşur. Bir moleküler bileşiğin **molekül ağırlığı** molekülü oluşturan atomların ağırlıklarının toplamına eşittir.

Moleküler maddelerin, molekül ağırlığına eşit miktarına 1 mol molekül denir ve 1 mol molekül Avogadro sayısı kadar molekül içerir.

Örneğin, H₂O nun molekül ağırlığı 18 g dır (2x1+16), 18 g H₂O 1 moldur ve 18 g H₂O ise 6.022x10²³ adet H₂O molekülü içerir.

Yumurta için birim faktörü	Demir için birim faktörü
12 yumurta	6.022x10 ²³ Fe atomu
1 düzine yumurta	1 mol Fe atomu
12 yumurta	6.022x10 ²³ Fe atomu
750 g yumurta	56 g Fe

Mol terimi, atomlar, moleküller, iyonlar, iyon toplulukları, elektronlar, yükler, kimyasal bağlar gibi çok değişik türlere uygulanabilir. Bu nedenle mol kavramı kullanıldığında ölçülen türün ne olduğunun kesinlikle belirtilmesi gerekmektedir.

1 mol H atomu 6.02x10²³ adet H atomu içerir ve 1 g kütleyle sahiptir.

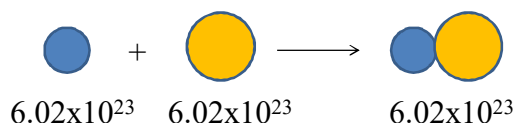
1 mol H₂ molekülü 6.02x10²³ adet H₂ molekülü içerir ve 2 g kütleyle sahiptir.

Ayrıca, 1 mol H₂ molekülünde 2x 6.02x10²³ adet H atomu bulunur.

İyonik maddelerde durum nasıldır? “1 mol NaCl” denildiğinde 6.02×10^{23} adet NaCl formül birimi içeren miktardan bahsedilir. Çünkü **NaCl molekülü yoktur.**

1 mol veya 1 formül gram NaCl, bir Na (23 g) ve bir Cl (35.5) atomunun ağırlığının toplamı olan 58.5 g dır.

Ayrıca 1 mol NaCl içerisinde 6.02×10^{23} adet Na^+ iyonu ve 6.02×10^{23} adet Cl^- iyonu bulunur.



1 mol veya 1 formül gram BaCl_2 , bir Ba (137 g) ve iki Cl (35.5) atomunun ağırlığının toplamı olan 208 g dır.

Ayrıca 1 mol BaCl_2 içerisinde 6.02×10^{23} adet Ba^{2+} iyonu ve $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ adet Cl^- iyonu bulunur.

Bileşikler kimyasal formüllerle göstermek için, o bileşiği oluşturan atomların cinslerinin ve sayılarının tam olarak bilinmesi gereklidir. Bir bileşiğin kavramsal olarak iki çeşit kimyasal formülü olabilir.

1- **En basit formül:** bir bileşiğin sadece içerisinde bulunan atomların basit sayısal oranlarını gösteren formülüne en basit formül denir (HO , CH , NH_2).

2- **Molekül formülü:** bir bileşiği oluşturan atomların bileşikteki gerçek sayılarını gösteren formülüne **gerçek formül** veya **molekül formülü** adı verilir (H_2O_2 , C_6H_6 , N_2H_4).

Bazı moleküler bileşiklerin molekül ve en basit formülleri birbirinin aynısıdır (H_2O , NH_3 , CO_2 , H_2SO_4). Fakat kovalent bağlı çoğu molekülün molekül formülü ve en basit formülü birbirinden farklıdır.

EBF	NH_2	BNH_2	CH
MF	N_2H_4	$\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$	C_6H_6

Bir bileşiğin molekül formülü ise molekül ağırlığından faydalanılarak hesaplanır. Başka bir yöntemle bulunan molekül ağırlığı aşağıda verilen formülde yerine yazılıp bileşiğin molekül formülü hesaplamada kullanılacak olan n sayısı elde edilir.

$$(EBF)_n = MF$$

veya

$$(EBF \text{ ağırlığı})_n = (MF \text{ ağırlığı})$$

$$n = (MF \text{ ağırlığı}) / (EBF \text{ ağırlığı})$$

Örnek: %43.6 P ve %56.4 O içeren bir bileşiğin en basit formülü nedir? P: 31 g/atg, O: 16 g/atg.

Bu bileşikten temel olarak 100 g alındığında,

43.6 g P ve 56.4 g O alınmış olur.

43.6 g P kaç moldur? 56.4 g O kaç moldur?

$$\text{mol P} = 43.6 \text{ g} / 31 \text{ g mol}^{-1} = 1.41 \text{ mol}$$

$$\text{mol O} = 56.4 \text{ g} / 16 \text{ g mol}^{-1} = 3.53 \text{ mol}$$

Her iki mol sayısı en küçük olan 1.41 sayısına bölünür.

$$\text{P için } \frac{1.41}{1.41} = 1.00 \quad \text{O için } \frac{3.53}{1.41} = 2.50$$

PO_{2.5} şeklinde buçuklu formül olamaz. Bu nedenle iki sayının birleştiği tam sayı P₂O₅ olacaktır. O halde en basit formülü P₂O₅ dir.

Örnek: Kahve, çay ve kakao içerisinde bulunan kafein merkezi sinir sistemi için uyarıcıdır. 1.261 g saf kafein elementel analiz cihazında oksijensiz ortamda yakılmış ve 0.624 g karbon, 0.065 g H, 0.364 g N ve 0.208 g O içerdiği gözlenmiştir. Yakma işleminden sonra hiç madde artmadığına göre, kafeinin en basit formülünü bulunuz.

Bu soruda verilen bazı ip uçlarına dikkat etmek gerekir. Bunlardan birincisi maddenin oksijensiz ortamda yakılması, ikincisi ise yakma sonunda artık madde kalmadığıdır.

Ayrıca sonuçlar % cinsinden verilseydi, çözüm daha kolayca yapılabilirdi, fakat her bir bileşenin mol sayısı verilen kütlelerden de kolayca hesaplanabilir.

$$\text{mol C} = 0.624 \text{ g} / 12 \text{ g mol}^{-1} = 0.052 \text{ mol}$$

$$\text{mol H} = 0.065 \text{ g} / 1 \text{ g mol}^{-1} = 0.065 \text{ mol}$$

$$\text{mol N} = 0.364 \text{ g} / 14 \text{ g mol}^{-1} = 0.026 \text{ mol}$$

$$\text{mol O} = 0.208 \text{ g} / 16 \text{ g mol}^{-1} = 0.013 \text{ mol}$$

$$\text{C için } \frac{0.052}{0.013} = 4 \quad \text{H için } \frac{0.065}{0.013} = 5 \quad \text{N için } \frac{0.026}{0.013} = 2 \quad \text{O için } \frac{0.013}{0.013} = 1$$

Bu sonuçlara göre kafeinin en basit formülü,



olarak bulunur.

Örnek: En basit formülü P_2O_5 olan fosfor pentaoksitin molekül ağırlığı 284 olarak bulunmuştur. Fosfor pentaoksitin molekül formülünü bulunuz. P:31, O: 16.

$$(\text{EBF ağırlığı})_n = (\text{MF ağırlığı})$$

$$n = (\text{MF ağırlığı}) / (\text{EBF ağırlığı})$$

$$(2 \times 31 + 5 \times 16) \times n = 284 \Rightarrow (142) \times n = 284$$

$$n = 284 / 142 = 2$$

$$(\text{P}_2\text{O}_5)_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10} \text{ molekül formülüdür.}$$

Örnek: Kafeinin molekül ağırlığı 194 olarak bulunmuştur. Kafeinin EBF $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_2\text{O}$ oluşuna göre molekül formülünü bulunuz.

$$(\text{EBF ağırlığı})_n = (\text{MF ağırlığı})$$

$$(4 \times 12 + 5 \times 1 + 2 \times 14 + 16) \times n = 194 \Rightarrow 97 \times n = 194 \Rightarrow n = 2$$

$$(\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_2\text{O})_2 \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2 \text{ molekül formülüdür.}$$

Örnek: Glikozun %40.0 C, % 6.73 H ve % 53.3 O içerdiği ve molekül ağırlığının 180.2 olduğu bulunmuştur. Glikozun EBF ve MF bulunuz.

Bu soruda farklı bir yol izleyelim. Bileşiğin 180.2 gramı içerisinde her bir elementin miktarları bulunursa, 1 mol glikoz içerisindeki miktarlar bulunur.

$\begin{array}{rcl} 100 \text{ g içerisinde} & \nearrow & 40.0 \text{ g C} \\ 180 \text{ g içerisinde} & \searrow & ? \text{ g C} \\ \hline 100. \cdot x = 180 \cdot 40.0 \Rightarrow x = \mathbf{72 \text{ g C}} \end{array}$	$\begin{array}{rcl} 100 \text{ g içerisinde} & \nearrow & 6.73 \text{ g H} \\ 180 \text{ g içerisinde} & \searrow & ? \text{ g H} \\ \hline 100. \cdot x = 180 \cdot 6.73 \Rightarrow x = \mathbf{12.1 \text{ g H}} \end{array}$
$\begin{array}{rcl} 100 \text{ g içerisinde} & \nearrow & 53.3 \text{ g O} \\ 180 \text{ g içerisinde} & \searrow & ? \text{ g O} \\ \hline 100. \cdot x = 180 \cdot 53.3 \Rightarrow x = \mathbf{96 \text{ g O}} \end{array}$	

Bu miktarlar mole çevrilirse, 1 mol glikoz içerisindeki her bir elementin mol sayısı bulunur. Buna göre,

$$\text{mol C} = 72 \text{ g} / 12 \text{ g mol}^{-1} = \mathbf{6 \text{ mol C}}$$

$$\text{mol H} = 12 \text{ g} / 1 \text{ g mol}^{-1} = \mathbf{12 \text{ mol H}}$$

$$\text{mol O} = 96 \text{ g} / 16 \text{ g mol}^{-1} = \mathbf{6 \text{ mol O}}$$

Demek ki glikozun molekül formülü $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ olacaktır. En basit formülü ise, CH_2O olacaktır.

Neden böyle bir yol izledik?

Daha önce kullanılan yol da kullanılabilir. Böyle yapıldığında En basit formül ($\text{C}_{3.333}\text{H}_{6.73}\text{O}_{3.31}$) veya (CH_2O) bulunur. Molekül formülü yine (EBF) $x \cdot n = \text{MF}$ Buradan $(30) \cdot x = 180 \Rightarrow x = 6$ bulunur.