

## MOL KAVRAMI VE TARİHÇESİ

Atomlar çok küçük tanecikler olduklarından kütlelerinin mutlak olarak bulunması mümkün değildir. Bu nedenle atom ve molekül gibi küçük taneciklerin sayısını ve miktarını belirtmek için mol kavramı kullanılmaktadır.

Kimyacılar Dalton'dan itibaren bağıl sayıların önemini kavrayarak atom ve moleküllerin miktarını belirtmek için mol kavramını kullandılar. Bağıl atom kütlesi kadar gram elementi 1 mol olarak kabul ettiler.

Uluslararası birim sistemine (SI) göre 12 gram karbon-12 (C-12) izotopunun içerdiği atom sayısı **1 mol** dür.

12 gram C-12 izotopunun atom sayısı  $6,02 \cdot 10^{23}$  tane karbon atomu demektir ve bu sayıya **Avogadro Sayısı** denir.  $N_A$  ile gösterilir.

Bir atomun, referans olarak seçilen başka bir atomun kütlesinden kaç kat fazla ya da az olduğunu ifade eden değere **bağıl atom kütlesi** denir.

Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği'nin (IUPAC) aldığı kararla C-12 izotopu referans olarak kabul edilip, atom kütlesi 12,000 alınarak diğer atomlarını atom kütleleri bağıl olarak hesaplanmıştır.

### İzotop Kavramı

Atom numaraları aynı kütle numaraları farklı olan atomlara **izotop atomlar** denir.

Hidrojen atomunun izotopları,



**Hidrojen**   **Döteryum**   **Trityum**

Karbon atomunun izotopları,



Atomların kimyasal özellikleri proton ve elektron sayılarına bağlıdır. Fiziksel özellikleri proton, nötron ve elektron sayılarına bağlıdır. Atomların kimliklerini ise proton sayıları belirler.

Bu nedenle, izotop atomların eğer elektron sayıları aynı ise kimyasal özellikleri aynı, fiziksel özellikleri farklıdır. Elektron sayıları farklı ise hem kimyasal hemde fiziksel özellikleri farklıdır.



Her yılın 10. ayının 23. günü Mol Günü olarak kutlanır.

## Ortalama Atom Kütlesi

Elementlerin doğada birden fazla izotopu vardır. Bu izotopların doğada bulunma yüzdeleri farklıdır. Örneğin;  ${}^1_1\text{H}$  (hidrojen)nin doğadaki bolluk yüzdesi 99,98 iken,  ${}^2_1\text{D}$  (döteryum)un 0,015'dir,  ${}^3_1\text{T}$  (trityum) ise doğada çok az bulunur.

Elementlerin birden fazla olan izotopları olması nedeniyle doğadaki bolluk yüzdeleri ve atom kütlelerinden yararlanılarak **ortalama atom kütleleri** bulunur.

|                            |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|
|                            | ${}^{35}_{17}\text{Cl}_{17}$ , ${}^{37}_{17}\text{Cl}_{17}$ | ${}^1_1\text{H}_1$ , ${}^2_1\text{H}_0^+$ | ${}^{21}_{11}\text{Na}_{11}$ , ${}^{21}_{12}\text{Mg}_{12}$ |
| <b>Kimyasal Özellikler</b> | Aynı (p, e <sup>-</sup> aynı)                               | Farklı (e <sup>-</sup> farklı)            | Farklı (p, e <sup>-</sup> farklı)                           |
| <b>Fiziksel Özellikler</b> | Farklı (n farklı)   | Farklı (n, e <sup>-</sup> farklı)         | Farklı (p, n, e <sup>-</sup> farklı)                        |
| <b>Kimlik</b>              | Aynı (p aynı)   | Aynı (p aynı)                             | Farklı (p farklı)   |

$$\text{Ortalama atom kütlesi} = \frac{\left( \begin{array}{l} \text{1. izotopun} \\ \text{kütlesi} \end{array} \cdot \begin{array}{l} \text{Bolluk} \\ \text{yüzdesi} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{2. izotopun} \\ \text{kütlesi} \end{array} \cdot \begin{array}{l} \text{Bolluk} \\ \text{yüzdesi} \end{array} \right) + \dots}{100}$$

Bu nedenle atomların ortalama atom kütleleri tam sayılardan değil kesirli sayılardan oluşur.

| İzotop atomlar | Atom kütlesi |
|----------------|--------------|
| Karbon         | 12,011       |
| Klor           | 35,4527      |
| Oksijen        | 15,9949      |
| Rubidyum       | 85,4677      |

## ÖRNEK 1

Bor elementinin  $^{10}\text{B}$  ve  $^{11}\text{B}$  olmak üzere iki doğal izotopu vardır.  $^{10}\text{B}$  izotopunun atom kütlesi 10,013 ve doğada bulunma yüzdesi 19,8'dir.  $^{11}\text{B}$  izotopunun ise atom kütlesi 11,010 ve doğada bulunma yüzdesi 80,2'dir.

**Buna göre, bor elementinin ortalama atom kütlesi kaçtır?**

## ÖRNEK 2

Potasyum elementinin ortalama atom kütlesi 39,1'dir. Doğada  $^{37}\text{K}$  ve  $^{40}\text{K}$  olmak üzere iki tane izotopu bulunan potasyum elementinin izotoplarının atom kütleleri sırasıyla 37 ve 40'dır.

**Buna göre, verilen izotoplardan hangisinin doğadaki bolluk yüzdesi daha fazladır?**

## MOL HESAPLAMALARI

### Mol - Tanecik İlişkisi

➔  $6,02 \cdot 10^{23}$  tane atom veya moleküle **1 mol** denir.

**Avogadro Sayısı:**  $N = N_a = N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \cong 6 \cdot 10^{23}$

**1 mol Fe atomu** :  $6,02 \cdot 10^{23}$  tane Fe atomu

**1 mol O atomu** :  $6,02 \cdot 10^{23}$  tane O atomu

**1 mol CO<sub>2</sub> molekülü** :  $6,02 \cdot 10^{23}$  tane CO<sub>2</sub> molekülü

**1 mol C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> molekülü**: N tane molekül =  $6,02 \cdot 10^{23}$  tane

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> molekülü

: 3 mol C atomu içerir.

:  $3 \cdot N_A$  tane C atomu içerir.

: 11 mol atom içerir.

#### DİKKAT!

➔ 1 mol X<sub>a</sub>Y<sub>b</sub> molekülü = N<sub>A</sub> tane molekül  
= a mol X atomu  
= a · N<sub>A</sub> tane X atomu  
= (a + b) mol atom  
= (a + b) · N<sub>A</sub> tane atom içerir.

#### NOT!

➔ En az iki ametal atomunun kovalent bağ ile bağlanması sonucu oluşan saf maddelere **molekül** denir. Yapısında metal veya pozitif kök varsa molekül değil iyonik kristaldir.

#### ÖRNEK 3

0,4 mol N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> molekülü kaç mol atom içerir?

**ÖRNEK 4**

0,5 mol  $C_3H_8$  molekülü kaç tane hidrojen atomu içerir?

**ÖRNEK 5**

0,2 mol  $Fe_2O_3$  bileşiği kaç tane atom içerir?

**ÖRNEK 6**

$1,806 \cdot 10^{23}$  tane atom içeren  $H_2O$  bileşiği kaç moldür? ( $N_A: 6,02 \cdot 10^{23}$ )

**ÖRNEK 7**

**12,04.10<sup>23</sup> tane C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> molekülü kaç mol atom içerir?**  
(N<sub>A</sub>: 6,02.10<sup>23</sup>)

**ÖRNEK 8**

**3,01.10<sup>23</sup> tane atom içeren CH<sub>4</sub> molekülü kaç mol hidrojen atomu içerir? (N<sub>A</sub>: 6,02.10<sup>23</sup>)**

**ÖRNEK 9**

0,2 mol  $C_2H_4$  bileşindeki hidrojen atomu sayısı kadar oksijen atomu içeren  $CO_2$  bileşini kaç tane?

**ÖRNEK 10**

1,8 mol oksijen atomu içeren  $Fe_2O_3$  bileşini kaç tane Fe atomu içerir? ( $N_A: 6 \cdot 10^{23}$ )

## Mol-Hacim İlişkisi

Gazlar için genleşme katsayısı ayırt edici özellik değildir. Aynı koşullarda (aynı sıcaklık ve basınçta) mol sayıları eşit olan gazların hacimleri de eşittir.

Normal koşullarda (NK) 1 mol gaz 22,4 L hacim kaplar.

Oda koşullarında (OK) 1 mol gaz 24,5 L hacim kaplar.

**Normal Koşul = NK = NŞA**

= 1 atm basınç, 0°C sıcaklık

**Oda Koşulu = Standart Koşul = OK**

= 1 atm basınç, 25°C sıcaklık

**Normal Basınç: 1 atm**

1 mol  $O_{2(g)}$  NK'da = 22,4 L

1 mol  $CH_{4(g)}$  NK'da = 22,4 L

1 mol  $H_2O_{(s)}$  NK'da  $\neq$  22,4 L (sıvı olduğu için)

1 mol  $Fe_{(k)}$  NK'da  $\neq$  22,4 L (katı olduğu için)



**NOT**

H<sub>2</sub>O moleküllerinin 1 atm basınç altında 0°C ile 100°C arasında sıvı haldedir. (Tuzak sorulara dikkat!)

**Normal Koşullarda**  
gazın mol sayısı

$$n = \frac{V}{22,4} \quad \begin{array}{l} n = \text{Mol sayısı} \\ V = \text{Hacim} \end{array}$$

**Oda Koşullarında**  
gazın mol sayısı

$$n = \frac{V}{24,5}$$

**NOT**

**Normal koşullarda gaz olduğu bilinmesi gereken bazı maddeler:**

**a) Elementel olanlar:**

Tek atomlular (soygazlar) → He, Ne, Ar...

Çift atomlular → H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub> ...

Çok atomlular → O<sub>3</sub> ...

**b) Bileşik olanlar:**

CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> ...

**NOT**

Mol sayıları eşit olan saf maddelerin molekül sayıları eşittir. Mol sayıları eşit olan aynı koşullardaki gazların hacimleri eşittir.

**ÖRNEK 12**

0,4 mol  $\text{CH}_4$  gazı normal koşullarda kaç litre hacim kaplar?

**ÖRNEK 13**

Normal koşullarda 11,2 L hacim kaplayan  $\text{C}_3\text{H}_8$  gazı kaç moldür?

**ÖRNEK 14**

Normal koşullarda 6,72 L hacim kaplayan  $\text{N}_2\text{O}_5$  gazı kaç tane atom içerir? (Avogadro sayısı:  $N_A$ )

**ÖRNEK 15**

$0,6 \cdot N_A$  tane oksijen atomu içeren  $\text{SO}_3$  gazı normal koşullarda kaç litre hacim kaplar? (Avogadro sayısı:  $N_A$ )

## Mol-Kütle İlişkisi

1 mol atom ya da molekülün kütesine **mol kütle** denir. Atom ise atom kütle, molekül ise molekül kütle denir.  $M_A$  ile gösterilir. Atom ve bileşikler için sabittir, değişmez. Farklı maddelerin mol kütleleri aynı olabilir. Bu yüzden ayırt edici özellik değildir.

$M_A = M_K$  Bir gram/mol = g/mol dür.

1 mol H atomu = 1 gram  $\Rightarrow M_A$ : 1 g/mol

1 mol Ca atomu = 40 gram  $\Rightarrow M_A$ : 40 g/mol

|                 |             |              |
|-----------------|-------------|--------------|
| Cl: 35,5 g/mol, | O: 16 g/mol | } Atom kütle |
| C: 12 g/mol,    | N: 14 g/mol |              |
| Na: 23 g/mol,   | P: 31 g/mol |              |
| S: 32 g/mol,    | H: 1 g/mol  |              |
|                 |             |              |

➔  $CO_2$  bileşiği için;

$$M_{A_{CO_2}} = 1 \cdot C + 2 \cdot O$$

$$= 1 \cdot 12 + 2 \cdot 16$$

$M_{A_{CO_2}} = 44 \text{ g/mol}$  Molekül kütle (1 molünün kütle)

➔  $H_2SO_4$  bileşiği için;

$$M_{A_{H_2SO_4}} = 2 \cdot H + 1 \cdot S + 4 \cdot O$$

$$= 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16$$

$M_{A_{H_2SO_4}} = 98 \text{ g/mol}$

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| $n = \frac{m}{M_A}$ | m = Kütle         |
|                     | $M_A$ = Mol kütle |
|                     | n = Mol sayısı    |

➔ 1 mol  $N_2O_5$  gazı kaç gramdır? (N: 14, O: 16)

$$M_{A_{N_2O_5}} = 2 \cdot N + 5 \cdot O$$

$$= 2 \cdot 14 + 5 \cdot 16$$

$= 108 \text{ g/mol}$

**ÖRNEK 16**

0,3 mol  $C_2H_4$  molekülü kaç gramdır? (H: 1, C: 12)

**NOT**

1 atom - gram  $\rightarrow$  1 mol atom  $\rightarrow$  Na, Cu, Fe ...

1 molekül - gram  $\rightarrow$  1 mol molekül  $\rightarrow$   $NH_3$ ,  $H_2O$ ,  
 $H_2$ ,  $O_2$  ...

1 formül - gram  $\rightarrow$  1 mol bileşik (iyonik)  $\rightarrow$  NaCl,  
 $KNO_3$ , CaO ...

1 iyon - gram  $\rightarrow$  1 mol iyon  $\rightarrow$   $Fe^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  
 $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  ...

Mol molekül  $\rightarrow$  mol demektir.  $O_2$ ,  $H_2SO_4$ ,  $CO_2$ ,  
 $N_2O_5$ , ...

**ÖRNEK 17**

32 gram  $SO_3$  gazı normal koşullarda kaç litre hacim kaplar? (O: 16, S: 32)

**ÖRNEK 18**

**24,08·10<sup>22</sup> tane H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bileşiği kaç gramdır?**

(H: 1, O: 16, S: 32, Avogadro sayısı: 6,02·10<sup>23</sup>)

**ÖRNEK 19**

**3,01·10<sup>23</sup> tane atom içeren N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşiği kaç gram-**

**dır? (N: 14, O: 16, Avogadro sayısı: 6,02·10<sup>23</sup>)**

**ÖRNEK 20**

**Normal koşullarda 13,44 litre hacim kaplayan N<sub>2</sub>O gazı kaç gram azot atomu içeriir? (N: 14)**

**ÖRNEK 21**

0,2 mol  $X_2O_3$  bileşiği 32 gram olduğuna göre, X'in atom kütlesi kaç gramdır? (O: 16)

**ÖRNEK 22**

0,2 mol  $XY_2$  bileşiği 12,8 gram, 0,3 mol  $XY_3$  bileşiği ise 24 gramdır.

**Buna göre, X ve Y'nin atom kütlelerini bulunuz.**

**ÖRNEK 23**

0,4 mol  $C_nH_{2n+2}O$  molekülü 24 gramdır.

**Buna göre,  $3,01 \cdot 10^{23}$  tane  $C_nH_{2n+2}O$  molekülü kaç mol atom içerir? (H: 1, C: 12, O: 16,  $N_A$ :  $6,02 \cdot 10^{23}$ )**

**ÖRNEK 24**

**0,3 mol H<sub>2</sub>O ile ilgili;**

- I. 0,3 mol moleküldür.
- II. 5,4 gramdır.
- III. Normal koşullarda 6,72 litre hacim kaplar.
- IV.  $1,806 \cdot 10^{23}$  tane atom içerir.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

(H<sub>2</sub>O: 18, Avogadro sayısı:  $6,02 \cdot 10^{23}$ )

**NOT**

Bileşiğin sadece formülüne bakılarak fiziksel hâli için yorum yapılamaz.

**ÖRNEK 25**

**12 gram C<sub>3</sub>H<sub>4</sub> gazı ile ilgili;**

- I. 0,3 moldür.
- II.  $1,806 \cdot 10^{23}$  tane molekül içerir.
- III. 6,72 litre hacim kaplar.
- IV. 1,2 tane H atomu içerir.

**yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?**

(C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>: 40, Avogadro sayısı:  $6,02 \cdot 10^{23}$ )

## Gazların Özkütlesi

NK'da bir gazın özkütlesi

$$d_{\text{gaz}} = \frac{M_A}{22,4}$$

OK'da bir gazın özkütlesi

$$d_{\text{gaz}} = \frac{M_A}{24,5}$$

### ÖRNEK 26

$X_4H_8$  gazının normal koşullardaki özkütlesi 2,5 g/L olduğuna göre, X atomunun atom kütesini bulunuz.

(H: 1)

### ÖRNEK 27

Aynı koşullarda bulunan

I.  $SO_3$

II.  $SO_2$

III.  $CH_4$

gazlarının özkütlelerini kıyaslayınız.

(H: 1, C: 12, O: 16, S: 32)

### ÖRNEK 28

Normal koşullarda  $C_2H_4$  gazının özkütlesi kaç g/L'dir? (H: 1, C: 12)



## Mol-Karışım Problemleri

### ÖRNEK 29

0,3 mol  $C_2H_4$  gazı ile normal koşullarda 5,6 litre hacim kaplayan  $SO_3$  gazları karışımı kaç gramdır?

(H: 1, C: 12, O: 16, S: 32)

### ÖRNEK 30

$C_2H_6$  ve  $C_3H_4$  gazlarından oluşan 0,5 molllük bir karışım 17 gramdır.

**Buna göre, karışımın molce yüzde kaçı  $C_3H_4$  gazıdır?**

(H: 1, C: 12)

### ÖRNEK 31

Normal koşullarda 13,44 litre hacim kaplayan  $C_3H_8$  ve  $C_2H_2$  gazları karışımı 2,4 mol H atomu içermektedir.

**Buna göre, karışımda kaç gram C atomu bulunur?**

(H: 1, C: 12)

**ÖRNEK 32**

Eşit kütlede  $\text{CH}_4$  ve  $\text{SO}_2$  gazlarından oluşan bir karışımda oksijen atomları sayısının H atomları sayısına oranını bulunuz. (H: 1, C: 12, O: 16, S: 32)

**ÖRNEK 33**

Eşit kütlelerde karbon atomu içeren  $\text{C}_2\text{H}_6$  ve  $\text{C}_3\text{H}_8$  gazları karışımı 35,6 gramdır.

**Buna göre, karışımın normal koşullardaki hacmi kaç litredir?** (H: 1, C: 12)

**ÖRNEK 34**

Eşit kütlelerde  $\text{CH}_4$  ve  $\text{SO}_2$  gazları içeren karışımda toplam 4,6 mol atom bulunmaktadır.

**Buna göre, karışımın kütlesi kaç gramdır?**

(H: 1, C: 12, O: 16, S: 32)

**ÖRNEK 35**

$\text{N}_2\text{O}$  ve  $\text{N}_2\text{O}_5$  gazları karışımı 0,5 moldür.

**Buna göre, bu karışımdaki oksijen atomu kütlesi aşağıdakilerden hangisi olamaz?** (O: 16)

- A) 12      B) 16      C) 24      D) 36      E) 40

**ÖRNEK 36**

$C_3H_4$ ,  $C_3H_6$  ve  $C_3H_8$  gazlarının 0,5 mollük karışımı 20,8 gramdır.

**Buna göre karışımda kaç gram H atomu bulunur?**

(H: 1, C: 12)

- A) 1,4    B) 2,8    C) 3    D) 3,6    E) 4

## Gerçek Atom veya Molekül Kütlesi

Bir tane atom veya molekülün kütlesine **gerçek kütle** denir. Tanecik atom ise gerçek atom kütlesi, tanecik molekül ise gerçek molekül kütlesi denir. Bir tane atom veya molekülün kütlesi, mol kütlesinin Avogadro sayısına bölümü ile bulunur.

**a) Gerçek atom kütlesi:** 1 tane atomun gram cinsinden kütlesidir.

### Örnek:

Kalsiyum atomunun gerçek atom kütlesi kaç gramdır?  
(Ca: 40, Avogadro sayısı:  $6,02 \cdot 10^{23}$ )

#### I. Yol

$$\text{Gerçek atom kütlesi} = \frac{\text{Mol kütlesi}}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ gram}$$

$$1 \text{ tane Ca atomunun kütlesi} = \frac{40}{6,02 \cdot 10^{23}} = \frac{40}{N_A} \text{ gram}$$

#### II. Yol

1 mol Ca:  $6,02 \cdot 10^{23}$  tane Ca atomu      40 gram Ca ise

$$\begin{array}{r} 1 \text{ tane Ca atomu} \qquad \qquad \qquad ? \\ \hline ? = \frac{40}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ gram} = \frac{40}{N_A} \text{ gram} \end{array}$$

**b) Gerçek molekül kütlesi:** 1 tane molekülün gram cinsinden kütlesidir.

**Örnek:**

SO<sub>2</sub> molekülünün gerçek molekül kütlesi kaç gramdır?

(O: 16, S: 32, Avogadro sayısı: 6,02.10<sup>23</sup>)

**I. Yol**

$$\text{Gerçek molekül kütlesi} = \frac{\text{Mol kütlesi}}{6,02.10^{23}} \text{ gram}$$

$$1 \text{ tane SO}_2 \text{ molekülünün kütlesi} = \frac{64}{6,02.10^{23}} = \frac{64}{N_A} \text{ gram}$$

**II. Yol**

1 mol SO<sub>2</sub>: 6,02.10<sup>23</sup> tane SO<sub>2</sub> molekülü      64 gram SO<sub>2</sub> ise

1 tane SO<sub>2</sub> molekülü      ?

---

$$? = \frac{64}{6,02.10^{23}} \text{ gram} = \frac{64}{N_A} \text{ gram}$$

**ÖRNEK 37**

**1 tane C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> molekülü kaç gramdır?**

(H: 1, C: 12, N<sub>A</sub>: 6.10<sup>23</sup>)

**ÖRNEK 38**

**1 tane Mg atomu 4.10<sup>-23</sup> gram ise atom kütlesi kaç gramdır?**

**ÖRNEK 39**

1 tane X atomu  $4,5 \cdot 10^{-23}$  gram, 1 tane Y atomu  $2 \cdot 10^{-23}$  gram ise 0,2 mol  $X_4Y_3$  bileşigi kaç gramdır?

( $N_A : 6 \cdot 10^{23}$ )

**ÖRNEK 40**

0,4 mol  $X_3N_2$  40 gram ise 1 tane X atomu kaç gramdır? (N: 14, Avogadro sayısı:  $N_A : 6 \cdot 10^{23}$ )