

KİMYASAL TEPKİMELER VE DENKLEMLER

- Bir **kimyasal tepkimeyi (reaksiyon)** kısaca bir veya birkaç saf maddenin belli koşullarda değişime uğrayarak başka madde veya maddelere dönüşmesi olarak tanımlayabiliriz.
- Kimyasal reaksiyonda iki veya daha fazla maddenin birbiri ile etkileşmesi sonucu kendi özelliklerini kaybederek yeni özellikte maddeler oluştururlar.
- Bir kimyasal değişme süreci olan kimyasal reaksiyon, "**kimyasal bağların kırılması ve yeni bağların oluşumu**" ile meydana gelir
- Kimyasal tepkimede atomlar yok olmaz, yeni atomlar oluşmaz. Dolayısıyla kimyasal tepkimelerde atom sayısı korunmaktadır. Atom sayısı korunduğundan, tepkimeye giren atom sayıları ile tepkime sonucunda oluşan atom sayıları birbirine eşit olmalıdır.

- Bir kimyasal tepkimenin ifadesi **kimyasal denklemdir** Bir kimyasal denklem basitçe, tepkimede kullanılan **tepkenlerden (reaktant, tepkimeye girenler)** ve oluşan **ürünlerden (tepkimeden çıkanlar)** meydana gelen şematik bir ifadedir.
- Kimyasal denklemler gösterilirken şu hususlara dikkat etmek gerekir:
 1. Denklemden reaktantlar sola, ürünler sağa yazılır. Birden fazla reaktant ve ürün var ise aralarına “+” işareti konulur.
 2. Tepkimenin tipini belirtmek üzere tepken ve ürünler arasında bir ok konulur. Tek yönlü ok, tepkimenin **tek yönlü** ve ürünler yönüne doğru **tamamlanan** bir tepkime olduğunu gösterirken, çift yönlü ok, tepkimenin bir **denge tepkimesi** olduğunu ve tepkenler ürünlere dönüşürken, ürünlerin de tepkenlere dönüştüğünü gösterir.



- $A + B$ (Girenler=reaktantlar=tepkenler) $\longrightarrow$ AB (Yeni madde-ürünler)



3. Tepken ve ürünlerin hangi fiziksel halde olduklarını göstermek üzere;
(k): katı, (s): sıvı, (g): gaz, (sulu): sulu çözelti
- gösterimleri tepkime denklemlerindeki tepken ve ürünlerin formüllerinin yanına yazılır. Şimdi bunu örneğimize uygulayalım.
 - $\text{Na(k)} + \text{H}_2\text{O(s)} \rightarrow \text{NaOH(sulu)} + \text{H}_2\text{(g)}$
4. Tepkimenin hangi koşullarda olduğu tepkime okunun üzerine yazılır. Örneğin, Δ işareti ısı anlamına gelir ve tepkimenin ısıtılarak gerçekleştiğini belirtir. Gerekiyorsa tepkime çözücüsü ve sıcaklığı da ok üzerine yazılabilir.
- $\text{Na(k)} + \text{H}_2\text{O(s)} \xrightarrow{5^\circ\text{C}} \text{NaOH(sulu)} + \text{H}_2\text{(g)}$
5. bc

5. Kimyasal tepkime denklemleri kütlenin korunumu yasasına göre denkleştirilir.

- $2\text{Na(k)} + 2\text{H}_2\text{O(s)} \rightarrow 2\text{NaOH(sulu)} + \text{H}_2\text{(g)}$
- Bu tepkime okunduğunda “*2 atom sodyum ile 2 molekül suyun tepkimesinden, 2 molekül (formül birim) sodyum hidroksit ve 1 molekül hidrojen elde edilmiştir*” denir.

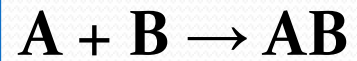
Kimyada atom, molekül sayılarından ziyade mol sayıları kullanılır. Bu tepkime mol sayıları kullanılarak şu şekilde ifade edilebilir: “*2 mol sodyum metali ile 2 mol suyun tepkimesinden, 2 mol sodyum hidroksit ve 1 mol moleküler hidrojen elde edilir.*”

Kimyasal Tepkimelerin Sınıflandırılması

1. Sentez Tepkimeleri
2. Ayrışma (Analiz=Bozunma) Tepkimeleri
3. Yer Değiştirme (Süstitüsyon) Tepkimeleri (tekli yer değiştirme)
4. İyonik Tepkimeler (Karşılıklı (Çiftli) yer değiştirme)
5. Yanma Tepkimeleri
6. Asit-Baz (Nötralleşme) Tepkimeleri
7. Hidroliz tepkimeleri



- **Sentez (Birleşme) Tepkimeleri:** Bu tepkimelerde, iki veya daha fazla element veya bileşik bir araya gelerek, yeni bileşik oluştururlar. Bu tepkimeler için genel tepkime denklemi aşağıdaki gibidir:



- **Ayrışma (Analiz=Bozunma) Tepkimeleri:** Bu reaksiyonlarda, sentez reaksiyonlarının tersine bir bileşik yeni bileşikler ve/veya elementlere ayrışır. Bu tür reaksiyonlar, tepkenin kararsız bir bileşik olduğu veya ısı, ışık, elektroliz gibi enerjiler ile kimyasal bağların kırıldığı durumlarda gerçekleşirler.
- Genel reaksiyon denklemi aşağıdaki gibidir:
- $AB \rightarrow A + B$

ÖRNEK

Δ işareti tepkimenin ısıtılarak gerçekleştiğini belirtir.



- **Yer Değiştirme (Süstitüsyon) Tepkimeleri (tekli yer değiştirme):**
Bir bileşikteki bazı atom veya grupların, bir başka bileşikteki atom veya gruplar ile yer değiştirmesi tepkimeleridir. Kimyada sıklıkla karşılaşılan **yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri** bu grup içinde değerlendirilir.
- Bu tepkimeler için genel tepkime denklemi aşağıdaki gibidir:
- $A + BC \rightarrow AC + B$



Redoks reaksiyonlarında atomların yükseltgenme sayıları değişir. Redoks reaksiyonları kimyasal türler arasındaki elektron transferlerinden kaynaklanır.

- **İyonik Tepkimeler (Karşılıklı (Çiftli) yer değiştirme):** Bu tür reaksiyonlarda ise iki bileşiğin iyonlarının farklı bileşikler oluşturmak üzere karşılıklı olarak yer değiştirmesidir.
- Sulu çözeltilerde iyonik türler arasında gerçekleşen bu tepkimelerde, zıt yüklü iyon çiftleri bir araya gelerek çökelek oluşturabilirler, gaz çıkışına neden olabilirler veya iyonik olmayan başka bileşikler oluşturabilirler Genel denklem şu şekilde ifade edilir:
- **$AB + CD \rightarrow AD + CB$**



Yanma Tepkimeleri:

Maddelerin oksijenle tepkimeye girmesiyle gerçekleşir. Yanma tepkimelerinin tamamı ısı veren tepkimedir.



Örneğin; vücudumuzda bulunan glikozun ($C_6H_{12}O_6$) oksijenle (O_2) tepkimeye girmesi sonucu karbondioksit (CO_2), su (H_2O) ve ısı enerjisi açığa çıkar. Bu olaya solunum denir.

Bu tepkime denklemini yazarak gösteriniz.



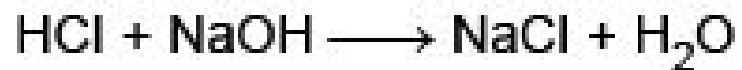
Yanma reaksiyonları bir redoks reaksiyonu türüdür ve yanıcı bir maddenin yükseltgenmiş ürünler ve ısı üretmek amacıyla yükseltgeyici (yakıcı) bir madde ile reaksiyonudur.

Havasız (O_2 'siz) ortamda yanma olmaz. Bu nedenle yanan bir maddeyi söndürmek için önce hava ile teması kesmek gerekir.

Demirin veya metallerin paslanması da bir yanma olayıdır. Fakat bu olay yavaş yanma adını alır. Aynı zamanda bu olaya **oksitlenme** de denir.

- **Asit-Baz (Nötralleşme) Tepkimeleri :** Karşılıklı yer değiştirme reaksiyonlarının bir tipi olan asit baz reaksiyonları bir asit ve bir baz arasında gerçekleşir. Asit reaktantından gelen Hidronyum iyonları ile Baz reaktantından gelen Hidroksil iyonlarının **su ve iyonik bir tuz** oluşturmamasından meydana gelir:
- **$HA + BOH \rightarrow H_2O + BA$**

Asit + Baz $\longrightarrow$ Tuz + Su



- **Hidroliz reaksiyonları:** Bir reaktantı su bileşiği olan ayrışma reaksiyonlarının bir türüdür. Genel denklemi şu şekildedir:
- $AB + H_2O \rightarrow AH + BOH$
- $CH_3COONa + H-OH \rightarrow CH_3COOH + NaOH$

Kimyasal Denklemlerin Denkleştirilmesi

- Kütlenin korunumu yasasına göre bir kimyasal tepkimede, **tepkimeye giren** maddelerin (tepkenlerin) kütlelerinin toplamı, tepkimeden çıkan maddelerin (ürünlerin) kütlelerinin toplamına eşittir.
- *Bir tepkime denklemi*, tepken ve ürünlerin hangi oranlarda birleştiğini gösteren **stokiyometrik katsayılar** yazılarak denkleştirilir.
- **Kimyasal bir tepkime denkleştirilirken:**
 - sol taraftaki toplam kütle = sağ taraftaki toplam kütle,
 - sol taraftaki toplam yük = sağ taraftaki toplam yük,
 - sol taraftaki atom sayısı = sağ taraftaki atom sayısıeşitlikleri sağlanmalıdır.

- **Şimdi tepkime denklemi denkleştirilirken uyulması** gereken kuralları bir örnek tepkime üzerinde görelim. Evlerimizde kullandığımız ocak gazı tüpleri bütan gazı içermektedir. Aşağıda bütan gazının yanma tepkimesinin denkleştirilmesinin nasıl yapılacağı adım adım gösterilmiştir.

1. Bu tepkimede bütan (C_4H_{10}) ve oksijen (O_2) tepken, karbon dioksit (CO_2) ve su (H_2O) ürün olarak yer alır. Tepkime denkleminin her iki tarafındaki her bir elemente ait atomlar ayrı ayrı sayılır.



Sol taraf (tepkenler)

4 C atomu

10 H atomu

2 O atomu

Sağ taraf (ürünler)

1 C atomu

2 H atomu

3 O atomu

Bu çizelgeden anlaşılabacağı üzere her bir elemente ait atom sayıları her iki tarafta aynı olmadığından, tepkime denklemi denk değildir.

Organik bileşiklerin (karbon bileşikleri, CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^- hariç) yanması sonucu CO_2 ve H_2O açığa çıkar

2. Tepkime denkleminin denkleştirilmesinde elementel haldeki (C, H₂, N₂, O₂, F₂, Cl₂, Br₂, I₂, Cu, Hg, Fe gibi) tepken veya ürünlerin stokiyometrik katsayıları en son belirlenir. Dolayısıyla tepkime denklemini denkleştirmeye bileşiklerden başlamak kolaylık sağlar. Buradaki tepkimemiz için önce elementel haldeki oksijen yerine basit bir yapısı olan ve farklı atomlardan oluşan karbon dioksit ile başlanır. Böylece tepkime denkleminin her iki tarafındaki karbon sayıları eşitlenir.



Hidrojen atom sayılarını eşitlemek üzere su molekülünün önüne 5 stokiyometrik katsayısı yazılır.



Son olarak tepkime denklemindeki oksijen sayısını eşitlemek üzere O₂ molekülünün önüne uygun bir sayı yazılır.



3. Denkleştirmede başlangıçta, *kesirli sayılar* kullanılabilir, ancak *denkleştirme tamamlandıktan* sonra, denklemi *kesirli sayılardan kurtarmak* için tepkimedeki stokiyometrik *katsayıların tümü* uygun bir sayı ile çarpılır.

Yukarıdaki denklem, 2 ile çarpılarak kesirli ifadeden kurtarılır.



4. Denklem denkleştirmek için tepkenlerin ve ürünlerin nitelikleri veya türleri asla *değiştirilemez*.

Yukarıdaki örnekte oksijen sayılarını eşitlemek için O_2 yerine O veya H_2O yerine H_2O_2 yazmak *yanlış* olur. Çünkü bu tepkimede, tepken olarak atomik oksijen (O) bulunmamakta veya ürün olarak H_2O_2 oluşmamaktadır.

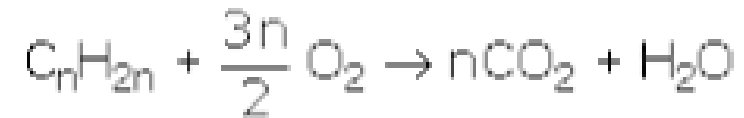
Bir denklemi denkleştirmek için tepkime denklemine, tepkimenin tepkeni veya ürünü olmayan bir maddeyi asla yazmayınız.

YANMA TEPKİMELERİ

Bir bileşik oksijenle tepkimeye girerse yanma tepkimesi meydana gelir. Bu tepkime sonucunda ısı açığa çıkar.

Hidrokarbonlar ve yapısında karbon, hidrojen ve oksijen bulunduran maddeler yandığında karbondioksit ve su açığa çıkar.

Yani;



Şimdi birkaç denkleştirilmiş tepkime denklemine örnek verelim.



Verilen son örnekte, iyonların tepken ve ürün olarak yer aldığını görüyoruz. Bu tepkime denkleminde kütle denkliği ve atom sayıları denkliği yanında, yük denkleğinin de sağlandığını görebilirsiniz. Denklemin her iki tarafındaki toplam yük, -2 dir.

Maden ocaklarındaki grizu patlamalarına belirli derişimde metan (CH_4)-hava karışımı neden olur ve bu karışıma grizu denir. Aşağıda verilen metan gazının ürün olarak oluştuğu tepkime denklemini denkleştiriniz ve denkleştirilmiş denklemini kendi cümlelerinizle ifade ediniz.



Buradaki 12 sayısı kesin sayıdır. Kesin sayılar ile ilgili Ünite 1 e bakabilirsiniz.

ATOM KÜTLESİ

Atom kütlesi için bağıl bir ölçek kullanılır. Uluslararası kabul sonucu, atom kütle standartı için karbon-12 ($^{12}_6\text{C}$) atomu seçilmiş ve bu izotopun atom kütlesi 12 **atom kütle birimi (akb)** olarak kabul edilmiştir.

Bu kabule bağlı olarak, 1 atom kütle birimi, 1 tane karbon-12 atomunun kütlesinin 1/12 i olarak tanımlanmıştır. 1 akb kütle, yaklaşık olarak $1,6606 \times 10^{-24}\text{g}$ kütleyle eşittir.

$$1 \text{ akb} = 1,6606 \times 10^{-24}\text{g}$$

Tanımlanmış bu akb kullanılarak, başka elementlerin atomlarının akb cinsinden kütleleri belirlenebilir. Aşağıda dört izotop ve akb cinsinden atom kütleleri örnek olarak verilmiştir:

$$^{13}_6\text{C} : 13,003 \text{ akb} \quad ^{20}_{10}\text{Ne} : 19,992 \text{ akb} \quad ^{56}_{26}\text{Fe} : 55,935 \text{ akb} \quad ^{54}_{26}\text{Fe} : 53,940 \text{ akb}$$

Periyodik Çizelgelerde elementler için verilen atom kütlesi değerleri, ortalama atom kütlesi değerleridir.

Bir elementte bir izotopun bağıl kesri ile bağıl bolluğu; bağıl kesir = bağıl bolluk /100 şeklinde ilişkilidir.

Bildiğiniz gibi, bir elementin izotopları farklı kütlelere sahiptir. Bunu yukarıda verdiğimiz örneklerde, karbon-12 (12 akb) ve -13 izotopları ile demir-54 ve -56 izotopları için görebilirsiniz. Ancak izotoplara bağlı bir çalışma yapılmadıkça, herhangi bir izotopun kütesinin bilinmesinin kimya alanında yapılan çalışmalar için pek bir önemi yoktur. Çünkü bu tür çalışmalar için kullanılan elementin izotoplarının kütlelerine ve bağıl bolluklarına bağlı olarak belirlenen **ortalama atom kütlesi** değeri yeterlidir. Ortalama atom kütlesi yerine kısaca **atom kütlesi** terimi de sıklıkla kullanılır. **Ortalama atom kütlesi**, elementi oluşturan izotopların kütlelerinin bağıl bolluk kesirleriyle çarpılıp toplanmasıyla elde edilir.

Ortalama atom kütlesi = (izotop-1 in kütlesi) × (izotop-1 in bağıl kesri) + (izotop-2 nin kütlesi) × (izotop-2 nin bağıl kesri) + (izotop-3 ün kütlesi) × (izotop-3 ün bağıl kesri) + ...

Ortalama Atom kütlesi : Atom ağırlığı

Günlük yaşamımızın bir parçası olan camın yapısında silisyum bulunmaktadır. Silisyum izotoplarının kütleleri ve bağıl bollukları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Buna göre silisyumun ortalama atom kütesini hesaplayınız.



SIRA SİZDE

3

İzotop	Bağıl bolluk (%)	Kütle (akb)
^{28}Si	92,21	27,9769
^{29}Si	4,70	28,9765
^{30}Si	3,09	29,9738

Atom kütesi, çok küçük bir kütleyle karşılık geldiğinden, günlük yaşantımızda kullandığımız gram, kilogram gibi kütle ölçü birimlerini, bir atomun kütesini belirtmek için kullanmayız. Aşağıda verilen değer, bu durumun nedenini açıkça ifade etmektedir.

$$1 \text{ akb} = 1,6606 \times 10^{-24} \text{ g} = 0,00000000000000000000000016606 \text{ g}.$$

MOL KAVRAMI VE AVOGADRO SAYISI

- Bir atomun veya molekülün kütlesi terazi ile tartılamayacak kadar çok küçüktür. Atomun veya molekülün kütlesinin çok küçük bir değer olması ve bir elementin veya bileşiğin çok küçük örneklerinde bile çok büyük sayıda atom veya molekül olması nedeniyle mol kavramı geliştirilmiştir.
- Tam olarak 12 gram karbon-12 izotopu içeren bir örnekte, $6,02214179 \times 10^{23}$ tane atom bulunur ve bu sayıya **Avogadro sayısı (NA)** denir. Avogadro sayısı kadar atom veya molekül içeren herhangi bir maddenin miktarı **1 mol** olarak kabul edilmiştir. Bu durumu, 1 mol karbon-12 atomu örneği, $6,02214179 \times 10^{23}$ tane karbon-12 atomu içerir ve kütlesi 12 gramdır şeklinde de ifade edebiliriz.

- Mol sayısı, **n** ile gösterilir. 1 mol maddenin kütlesine, mol kütlesi (**MA**) denir ve mol kütlesinin **birimi g/mol** dür. Hesaplamalarda mol kavramının kullanılmasıyla, çok küçük bir değer olan atomun kütlesi ile işlem yapmak yerine, mol başına $6,022 \times 10^{23}$ tane atoma sahip bir kütleyle işlem yapılır. Bu da işlemlerdeki sayıların bol sıfırlı olmasını engeller ve işlemlerin basitleşmesini sağlar.
- Örneğin, demirin mol kütlesi, 55,84 g/mol, gümüşün mol kütlesi 107,86 g/mol ve karbonun mol kütlesi 12,01 g/mol dür.
- Mol kütlesi ile atom kütlesi arasında şu şekilde bir ilişki vardır: Herhangi bir element için mol kütlesi ile atom kütlesi sayısal değer olarak aynıdır ancak birim olarak mol kütlesinin birimi g/mol, atom kütlesinin birimi akb dir. Örneğin karbonun mol kütlesi 12,01 g/mol iken, atom kütlesi 12,01 akb dir. Bir atom veya molekülün mol sayısı (n), kütlesinin (m) mol kütlesine (MA) bölünmesiyle hesaplanır

$$n = \frac{m}{M_A}$$

Bir bileşiğin mol kütlesi, bileşiği oluşturan atomların mol kütlelerinin toplanmasıyla bulunur.

Bir bileşiğin mol kütlesi, bileşiği oluşturan atomların mol kütlelerinin toplanmasıyla bulunur.

ÖRNEK

Demirin paslanması (oksitlenmesi) ile oluşan demir(III) oksitin (Fe_2O_3) mol kütle-sini aşağıdaki veriler yardımıyla hesaplayınız.

$$M_A(\text{Fe}) = 55,84 \text{ g/mol}, M_A(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$$

Çözüm:

1mol Fe_2O_3 bileşiği 2 mol Fe ve 3 mol O atomunun birleşmesiyle meydana gelmiştir. Buna göre;

$$? M_A(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \times (M_A(\text{Fe})) + 3 \times (M_A(\text{O})) = (2 \times 55,84 \text{ g/mol}) + (3 \times 16,00 \text{ g/mol}) = 159,68 \text{ g/mol} \text{ bulunur.}$$

ÖRNEK

0,70 mol demir(III) oksitin kütlesinin kaç gram olduğunu ve kaç tane Fe_2O_3 molekülü içerdiğini hesaplayınız.

Çözüm:

Mol tanımına göre;

$$? \text{ g } \text{Fe}_2\text{O}_3 = (0,70 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3) \left(\frac{159,68 \text{ g } \text{Fe}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3} \right) = 111,78 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} ? \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ molekülü} &= (0,70 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3) \left(\frac{6,022 \times 10^{23} \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ molekülü}}{1 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3} \right) \\ &= 4,22 \times 10^{23} \text{ molekül} \end{aligned}$$

- Bir bileşiğin mol sayısı biliniyorsa, Avogadro sayısı yardımıyla bileşiği oluşturan molekül sayısı ve mol kütlesi (M_A) yardımıyla kütlesi (m) hesaplanabilir.
- Bu ilişkiye **kütle-mol-tanecik sayısı ilişkisi** denilir.

ÖRNEK

51,23 g $C_{10}H_{22}$ bileşiğinin mol sayısını ve kaç tane molekül içerdiğini hesaplayınız.

Çözüm:

Kütlesi bilinen, bir bileşiğin mol sayısını bulabilmek için öncelikle mol kütlesi hesaplanmalıdır. $C_{10}H_{22}$ nin mol kütlesi 142,3 g/mol dür.

$C_{10}H_{22}$ nin mol kütlesinden ve kütlesinden mol sayısı şu şekilde hesaplanır:

$$? \text{ mol } C_{10}H_{22} = (51,23 \text{ g } C_{10}H_{22}) \left(\frac{1 \text{ mol } C_{10}H_{22}}{142,3 \text{ g } C_{10}H_{22}} \right) = 0,36 \text{ mol } C_{10}H_{22}$$

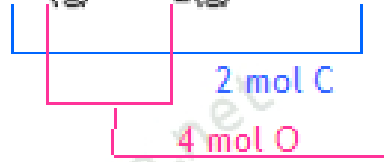
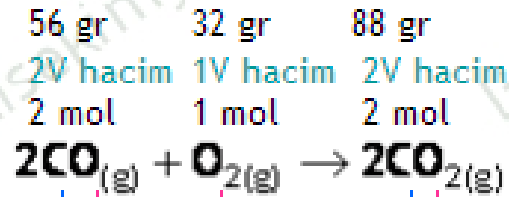
$C_{10}H_{22}$ nin mol sayısından Avogadro sayısı yardımıyla molekül sayısı şu şekilde hesaplanır:

$$? C_{10}H_{22} \text{ molekül} = (0,36 \text{ mol } C_{10}H_{22}) \left(\frac{6,022 \times 10^{23} \text{ molekül } C_{10}H_{22}}{1 \text{ mol } C_{10}H_{22}} \right) = 2,17 \times 10^{23} \text{ molekül}$$

Zaman zaman çeşitli ev gereçlerinin bozulmasına neden olan kireç, yapısında kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) içerir. Bir çaydanlıktan kazınan 1 g kirecin kütlece %90 $CaCO_3$ içerdiği tespit edilmiştir. Buna göre bu kireç örneğinde kaç mol ve kaç tane $CaCO_3$ formül birimi vardır?

Kimyasal Tepkimelerde Hesaplamalar

Tepkimelerle ilgili hesaplamalarda; mol kavramı ve kimyanın temel kanunları konularındaki bilgiler kullanılır.



$$56 + 32 \rightarrow 88 \quad \text{Girenlerin kütlesi} \\ \text{ürünlerin kütlesine eşit}$$

$$\text{CO}_2 \text{ için } \frac{\text{C}}{\text{O}} = \frac{1}{2} \text{ mol oranı} \quad \text{CO}_2 \text{ için } \frac{\text{C}}{\text{O}} = \frac{12}{32} = \frac{3}{8} \text{ kütle oranı}$$

- Tepkimeye girenlerin kütlesi, ürünlerin kütlesine eşittir.
Hangi cins elementler tepkimeye girmişse onlar çıkar. (kütlenin korunumu)
- Tepkimeye girenler belirli mol oranlarında tepkimeye girerler. Oluşan ürünler de belirli mol oranlarında oluşur. Fazla olan artar.
Bir bileşiği oluşturan elementlerin mol sayıları arasında sabit bir oran vardır. (sabit oranlar)
- Gazlar eşit koşullarda mol sayıları ile orantılı hacim kaplarlar.
Gazların tepkimeye giren hacimleri mol sayıları ile orantılıdır.
Fazla olan artar. (hacim oranları)

KİMYASAL FORMÜLLERİN BELİRLENMESİ

Sabit oranlar yasasına göre; elementler, bileşikleri oluşturmak üzere bir araya geldiklerinde kütleleri arasında sabit bir oranın olduğunu ve bu oranın değişmediğini Ünite 1 de gördük. Bir bileşikte, elementlerin kütleleri arasında sabit bir oran olması, o elementlerin mol sayılarının da sabit olacağı anlamına gelir. Dolayısıyla, bir bileşiğin kimyasal formülü, sabit oranlar yasasına dayanılarak bulunur. Bir bileşiğin bulunan formülü, o bileşiğin bir molekülünde bulunan atomların sayısını verir. Bir bileşiğin formülünü bulmak için genellikle **kütle yüzdesinden** faydalanılır ve kütle yüzdeleri deneysel olarak belirlenir.

Bir elementin kütle yüzdesi,

$$\text{Elementin kütle yüzdesi} = \frac{\text{elementin kütlesi}}{\text{bileşiğin kütlesi}} \times 100$$

şeklinde hesaplanır. Şimdi bir bileşik için kütle yüzdesinin nasıl hesaplandığını bir örnek üzerinde görelim.

Sadece fosfor ve klor içerdiği bilinen bir bileşiğin 9,75 gramının analizi sonucunda 1,45 gram fosfor içerdiği bulunmuştur. Bu bileşiğin kütlece yüzde bileşimini bulunuz.

Çözüm:

$$? \% P = \frac{1,45 \text{ g P}}{9,75 \text{ g örnek}} \times 100 = \% 14,87 \text{ P}$$

$$? \text{ g Cl} = 9,75 \text{ g örnek} - 1,45 \text{ g P} = 8,30 \text{ g Cl}$$

$$? \% \text{Cl} = \frac{8,30 \text{ g Cl}}{9,75 \text{ g örnek}} \times 100 = \% 85,13 \text{ Cl}$$

Bu bileşik kütlece %14,87 P ve % 85,13 Cl içermektedir. Görüldüğü gibi iki elementin kütlelerinin % leri toplamı 100 etmektedir. Bu da bize çözümün bir sağlamasını vermektedir.

Yukarıdaki problemin çözümünde elementlerin birinin kütle yüzdesini belirledikten sonra, diğerinin kütle yüzdesi 100 den belirlenen yüzde çıkarılarak da bulunabilir. Ancak bu durumda ilk belirlenen yüzde yanlış hesaplanmış ise problemin çözümü yanlış olur ve bunu fark edemeyiz.

Askorbik asit, C vitaminidir. Bu vitamin karbon, hidrojen ve oksijen içerir. 2,490 g askorbik asit analiz edildiğinde 1,019 g C ve 0,114 g H içerdiği bulunmuştur. Bu bileşiğin elementlerinin kütlece yüzdeleri belirleyiniz. Not: Örnekteki oksijen kütlesi verilmemiştir, ancak bunu hesaplayabilirsiniz.

Şimdi de kimyasal formülü bilinmeyen bir bileşiğin kimyasal formülünün nasıl belirleneceği üzerinde duralım.

Basit Formüllerin Belirlenmesi

Bir bileşiğin kimyasal formülünü belirlemek için, çeşitli deneysel yöntemlerle önce bileşiği oluşturan atomların türleri ve kütle yüzdeleri saptanır. Buna ilişkin bir örneği yukarıda çözdük. Ardından bu kütle yüzdeleri, mol sayılarına çevrilerek bileşikte her bir atomdan kaç mol olduğu bulunur. Bulunan bu mol sayıları çoğunlukla kesirli değerlerdir ve bu kesirli değerleri tam sayılara çevirmek için her bir değer en küçük kesirli değere bölünür. Bu şekilde elde edilen değerler atomların bileşikte, hangi oranlarda birleştiğini gösteren değerler olup bileşiğin **basit (deneysel) formülünü** belirlememizi sağlar.

Basit formül, bileşiği oluşturan atomların türü ve birbirlerine göre oranları hakkında bilgi verirken; daha sonra göreceğimiz molekül formülü, bileşiği oluşturan atomların türü ve gerçek sayıları hakkında bilgi verir. Şimdi bir bileşiğin basit formülünün bulunmasına örnek verelim.

Bileşimi bilinmeyen bir maddenin çeşitli deneysel çalışmalar sonucunda kütlece %69,41 C, %5,82 H, %11,56 N ve %13,21 O içerdiği saptanmıştır. Buna göre bu bileşiğin basit formülünü bulunuz.

Çözüm:

Deneylerin belirli bir kütlede örneğin, 100 g örnek ile yapıldığı varsayılarak çözüme başlanır. Önce verilen atomlara ait kütle yüzdelerinin toplamının 100 edip etmediği kontrol edilir.

$$69,41 + 5,82 + 11,56 + 13,21 = 100$$

Bu durumda bileşiğimizde C, H, N ve O den başka elementlerin atomları bulunmamaktadır. Bu işlemden sonra her bir atomun 100 gram örnekteki kütlesi hesaplanır.

$$? \text{ g C} = (100 \text{ g örnek}) \left(\frac{69,41 \text{ g C}}{100 \text{ g örnek}} \right) = 69,41 \text{ g C}$$

$$? \text{ g H} = (100 \text{ g örnek}) \left(\frac{5,82 \text{ g H}}{100 \text{ g örnek}} \right) = 5,82 \text{ g H}$$

$$? \text{ g N} = (100 \text{ g örnek}) \left(\frac{11,56 \text{ g N}}{100 \text{ g örnek}} \right) = 11,56 \text{ g N}$$

$$? \text{ g O} = (100 \text{ g örnek}) \left(\frac{13,21 \text{ g O}}{100 \text{ g örnek}} \right) = 13,21 \text{ g O}$$

Bu değerler kullanılarak, bileşiği oluşturan her bir elementin mol sayısı hesaplanır.

$$? \text{ mol C} = (69,41 \text{ g C}) \left(\frac{1 \text{ mol C}}{12,01 \text{ g C}} \right) = 5,7794 \text{ mol C}$$

$$? \text{ mol H} = (5,82 \text{ g H}) \left(\frac{1 \text{ mol H}}{1,00 \text{ g H}} \right) = 5,8200 \text{ mol H}$$

$$? \text{ mol N} = (11,56 \text{ g N}) \left(\frac{1 \text{ mol N}}{14,00 \text{ g N}} \right) = 0,8257 \text{ mol N}$$

$$? \text{ mol O} = (13,21 \text{ g O}) \left(\frac{1 \text{ mol O}}{16,00 \text{ g O}} \right) = 0,8256 \text{ mol O}$$

Görüldüğü gibi bulunan mol sayıları kesirli değerlerdir. Bunlar, en küçük kesirli değere bölünerek tam sayılara dönüştürülürler.

$$\frac{\text{C}}{\text{O}} = \frac{5,7794 \text{ mol}}{0,8256 \text{ mol}} = 7,0 \quad \frac{\text{H}}{\text{O}} = \frac{5,8200 \text{ mol}}{0,8256 \text{ mol}} = 7,0$$

$$\frac{\text{N}}{\text{O}} = \frac{0,8257 \text{ mol}}{0,8256 \text{ mol}} = 1,0 \quad \frac{\text{O}}{\text{O}} = \frac{0,8256 \text{ mol}}{0,8256 \text{ mol}} = 1,0$$

Bu şekilde bileşikteki atomların bağıl oranları tam sayılı olarak bulunmuş olur. O halde bileşiğin basit formülü $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}$ dur.

Molekül Formüllerinin Belirlenmesi

Bir bileşiğin mol kütlesi biliniyorsa, basit formül yardımıyla **molekül formülü** saptanabilir

Bunun için basit formülün mol kütlesi hesaplanır ve bileşiğin deneysel olarak saptanmış mol kütlesiyle oranlanır, böylece iki kütle arasındaki ilişki rakamsal olarak saptanır. Bir bileşiğin molekül formülünün nasıl bulunacağına ilişkin bir örnek aşağıda verilmiştir.

Yukarıda basit formülü bulunan bileşiğin, mol kütlesi 242,28 g/mol ise molekül formülü nedir?

Çözüm:

Yanıtı bulabilmek için basit formülün mol kütlesini belirlemek gerekir.

$$M_A (C_7H_7NO) = (7 \times 12,01 \text{ g/mol}) + (7 \times 1,00 \text{ g/mol}) + (1 \times 14,00 \text{ g/mol}) + (1 \times 16,00 \text{ g/mol}) = 121,07 \text{ g/mol}$$

$$\frac{M_A (\text{bileşik})}{M_A (C_7H_7NO)} = \frac{242,28}{121,07} \cong 2$$

Bu değer, molekül formülündeki atom sayılarının, basit formüldeki atom sayılarının 2 katı olması gerektiğini gösterir. Böylece bileşiğimizin *molekül formülü*;

$C_{14}H_{14}N_2O_2$ olarak bulunur.

ödev

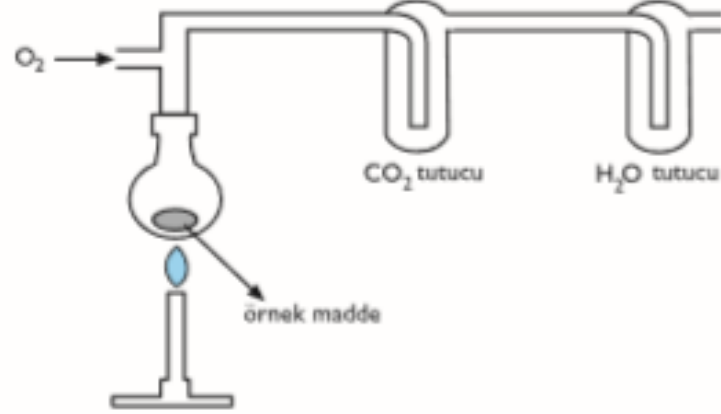
Kimyasal formülü bilinmeyen bir maddenin %24,27 C, %4,08 H ve %71,65 Cl içerdiği ve mol kütlelerinin 98,92 g/mol olduğu deneysel olarak saptanmıştır. Buna göre bu bileşiğin basit formülünü ve molekül formülünü bulunuz.

Yakma Analizi

- **Yakma analizi:** Bir bileşikteki elementlerin kütle yüzdelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan yöntemlerden birisidir ve kimyada sıklıkla organik bileşiklerin analizinde kullanılmaktadır.
- Bu analiz yönteminde, organik esaslı (C, H, N, O, S içeren) bir bileşik yüksek sıcaklıkta yakılır, yani oksijen ile tepkimeye sokulur. Böylece bileşiğin yapısındaki karbon (C) karbon dioksit (CO_2), hidrojen (H) suya (H_2O) dönüştürülür ve bazı özel düzeneklerde toplandıktan sonra miktarları tespit edilir. Gelişmiş elementel analiz cihazları azot (N) ve kükürdün (S) kütle yüzdelerini de belirleyebilmektedir.
- Bu yöntemde yakma işlemi sırasında oksijen gazı (O_2) kullanıldığından, molekülün yapısındaki oksijenin (O) miktarı doğrudan belirlenemez.

Şekil 2.2

Basit Bir Yakma Ünitesi



ÖRNEK

Sadece karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan ve mol kütlesi 62,00 g/mol olan bir maddenin 26,95 g lık bir örneği yakıldığında, 38,29 g CO_2 ve 23,24 g H_2O açığa çıkmaktadır. Bu maddenin molekül formülünü bulunuz.

