



1.1. KİMYANIN TEMEL KANUNLARI

Bildiğiniz gibi soluduğumuz hava, yediğimiz yiyecekler, kuşlar, böcekler kısaca evrende kütlesi olan her şey maddedir. Maddeler sürekli ayrılmakta, yeni maddeler oluşmakta, yani maddeler başka maddelere dönüşmektedir. Örneğin oksijen gazı ile hidrojen gazı birleşip farklı bir madde olan suya dönüşmekte, ısınmada kullandığımız doğal gaz yandığında yine farklı maddeler olan karbon dioksit ve su oluşmaktadır.

Maddelerin oluşması, ayrışması, başka maddelere dönüşmesi bazı kurallar doğrultusunda gerçekleşir. Bilimsel gözlemler sonucu elde edilen bu kurallara, genellemelere **kanun** denir. Örneğin, dünyadaki bütün maddelere dünyanın merkezi tarafından çekim kuvveti uygulandığı gözlemlenmiş ve bu gözlem yer çekimi kanunu şeklinde ifade edilmiştir.

BİLGİ NOTU

Evrende gerçekleşen olaylarla ilgili gözlemlere kanun, gözlemlenen olayların neden o şekilde gerçekleştiğinin açıklanmasına ise **teori** denir. Buna göre, kanunlar, var olan şartlarda değişmezken, kanunları açıklayan teoriler zaman içinde değişip geliştirilebilir veya yerini yeni teorilere bırakabilir.

Bu kanunlardan bazıları 1700'lü yılların sonlarında ortaya konulan, maddelerin hangi oranlarda birbirleriyle etkileştiğini açıklayan kimyanın temel kanunlarıdır. Kimyanın temel kanunları **kütlenin korunumu kanunu**, **sabit oranlar kanunu**, **katlı oranlar kanunu** olmak üzere üç başlıkta incelenir:

KÜTLENİN KORUNUMU KANUNU

Daha önceden de belirtildiği gibi **kimyasal değişim**, maddelerin birbiriyle etkileşmesi sonucu kendi özelliklerini kaybederek yeni özellikte maddeler oluşturmasıdır. Fransız bilim insanı Antoine Lavoisier (Antuan Lavaziye) 1700'lü yılların sonlarında kapalı kaplarda gerçekleştirdiği kimyasal değişimlerde, maddelerin başka maddelere dönüştüğünü ancak kabın toplam kütlesinin değişmediğini keşfetmiştir.

Lavoisier, örneğin kömürü kapalı bir kaptan tartmış, ardından kömürü bu kapalı kaptan yakmıştır. Yanma işlemi tamamlandıktan sonra kabı tekrar tartmış ve kabın kütlesinin değişmediğini fark etmiştir (Görsel 1.1).



Görsel 1.1 Kapalı kaptaki kömürün yanması

Lavoisier, bu deney sonucunda kömürü oluşturan taneciklerin havadaki oksijen gazını oluşturan taneciklerle birleşip karbon dioksit gazını oluşturduğunu belirtmiştir. Bu ve benzeri deneyleri farklı maddelerle birçok kez tekrarlamış ve aynı sonuçlara ulaşmıştır. Gözlemlerini **kütlenin korunumu kanununda** aşağıdaki gibi genellemiştir:

“ Kimyasal değişimlerde madde yoktan var edilemez, varken yok edilemez. Yeni madde oluşumu ancak atomların dizilişinin değişmesiyle gerçekleşir. Bu esnada toplam kütle değişmez, korunur.

”



Görsel 1.2 Antoine Lavoisier

Aşağıdaki etkinlikte, kimyasal değişim sırasında kütlenin korunduğu ile ilgili bir deney örneği yer almaktadır:

1. Deney

Deneyin Adı : Demir (II) sülfür (FeS) bileşiğinin oluşumu



Deneyin Amacı : Elementlerin, kimyasal yollarla bir araya geldiklerinde bileşikleri oluşturduğuna ve bu esnada kütlenin korunduğuna dikkat çekmek.

Kullanılan Kimyasal Maddeler

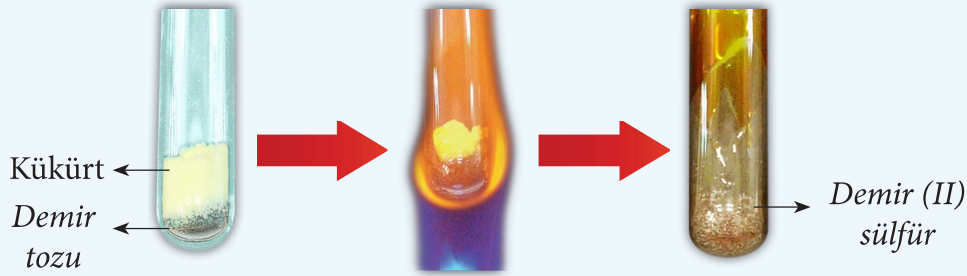
- Kükürt tozu
- Demir tozu





Deneyin Aşamaları

- Cam tüp boş şekilde tartılıp kütlesi kaydedilir.
- 7 gram demir tozu ve 4 gram kükürt tozu cam tüpe konulup karıştırılır.
- Karışım tartılır. Bu tartım sonucundan cam tüpün boşken ki kütlesi çıkarılarak sadece demir ve kükürt tozu karışımının kütlesi elde edilir.
- Karışım, rengi siyah oluncaya kadar ısıtılır.



- Isıtma işlemi tamamlandıktan sonra cam tüp tekrar tartılır. Tartım sonucundan boş tüpün kütlesi çıkarılarak oluşan maddenin kütlesi bulunur.
- Aynı işlemler 14 gram Fe ile 8 gram S karışımı ile gerçekleştirilir.

Sonuç:

- 7 g Fe ile 4 g S karışımı 11 g, 14 g Fe ile 8 g S karışımı 22 g gelmektedir.
- Isıtma sırasında demir ve kükürt elementleri kimyasal değişim geçirir. Kimyasal değişim sonucunda FeS bileşiği oluşur.
- FeS bileşiği kendisini oluşturan elementlerden farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Örneğin FeS bileşiği kendisini oluşturan elementlerden farklı renge sahiptir. Diğer bir ifadeyle elementlerin birleşmesiyle yeni madde oluşur.

Madde	Renk
Demir	Metalik gri
Kükürt	Sarı
Demir (II) sülfür	Siyah

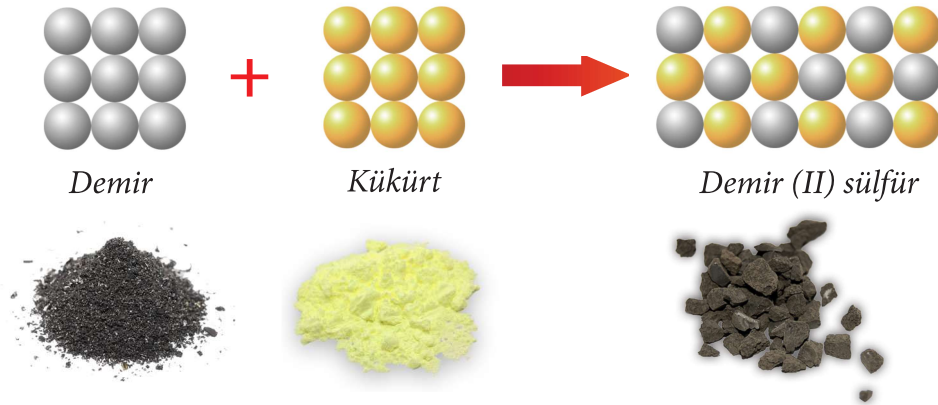
- 11 g demir ve kükürt karışımından 11 g; 22 g karışımdan ise 22 g FeS bileşiği oluşmaktadır.



- Kimyasal değişime uğrayan maddelerin yapısı değişmesine rağmen maddelerin toplam kütlesi korunur, değişmez.

Demir	+	Kükürt	→	Demir (II) sülfür
7 g		4 g		11 g
14 g		8 g		22 g

Deneyde de fark edildiği gibi demir ve kükürt elementlerinin kütleleri toplamı, bu elementler kimyasal değişime uğrayıp yeni madde oluşturduklarında da değişmemiştir. Çünkü kimyasal değişim sürecine moleküler düzeyde bakıldığında bu elementleri oluşturan taneciklerin sadece dizilimi değişir, tanecik türü ve sayısı değişmez. Dolayısıyla toplam kütle de değişmez (Görsel 1.3)



Görsel 1.3 Demir (II) sülfür bileşiğinin oluşumunun tanecik modeli

1. Uygulama

12 gram doğal gaz, 48 gram oksijen gazıyla yandığında, 33 gram karbon dioksit gazı ve bir miktar su buharı oluşmaktadır. Buna göre kaç gram su buharı oluşur?

Çözüm:





Yanma sürecinde;

12 g doğalgaz + 48 g oksijen gazı = 60 g madde harcanmıştır. Toplam kütle değişmeyeceğinden 60 gram madde de oluşmuştur. Buna göre;

- 60 g = 33 g + su buharı
- 60 g – 33 g = 27 gram su buharı oluşur.

2. Uygulama

Sönmemiş kireç, suyla karıştırıldığında badana yapımında kullanılan sönmüş kireç elde edilir. Buna göre;

- 56 gram sönmemiş kireç ile kaç gram su karıştırılırsa 74 gram sönmüş kireç elde edilir?
- 28 gram sönmemiş kireç 9 gram su ile karıştırılırsa kaç gram sönmüş kireç elde edilir?

Sönmemiş kireç + Su \rightarrow Sönmüş kireç

Çözüm:

- 74 g – 56 g = 18 g su harcanır.
- 28 g + 9 g = 37 g sönmüş kireç oluşur.

SABİT ORANLAR KANUNU

Kütlenin korunumu kanununa göre maddelerin, kimyasal değişime uğradıklarında yeni maddeleri oluşturduğunu ancak toplam kütlenin değişmediğini öğrendik. Peki, maddeler yeni madde oluşturmak üzere gelişigüzel miktarlarda birleşebilirler mi? Örneğin, kaç gram kükürt ve demir tozu etkileşirse etkileşsin, tamamı demir (II) sülfür bileşiğine dönüşür mü?

Fransız kimyacı Joseph Proust (Jozef Prust) çeşitli bileşiklerin yapısını incelemiş ve bileşiği oluşturan elementlerin kütlece birleşme oranlarını hesaplamıştır. Proust deneysel çalışmalarını 1799 yılında bilimsel bir kanunla ifade etmiştir. Bu kanuna **sabit oranlar kanunu** demiş ve şöyle özetlemiştir:



“ Bilindiği gibi bileşikler iki veya daha fazla türde elementin kimyasal yollarla birleşmesinden oluşmaktadır. Bileşik oluşurken elementler, gelişigüzel miktarlarda değil belirli oranlarda birleşir. Buna göre, bir bileşik içerdiği elementleri hep aynı oranlarda içerir. Diğer bir ifadeyle bileşiğin kütlesi ne olursa olsun, belirli bir bileşiği oluşturan elementlerin kütleleri arasındaki oran hep sabittir.



” Görsel 1.4 Joseph Proust

Örneğin demir(II) sülfür bileşiğini oluşturan demir ve kükürt elementlerinin kütleleri arasındaki oran 7/4'tür. Yani bu bileşiğin oluşması için her 7 gram demir elementi için 4 gram kükürt elementi gerekmektedir.



$$m_{\text{demir}} / m_{\text{kükürt}} = 7 \text{ g} / 4 \text{ g} = 7/4$$



$$m_{\text{demir}} / m_{\text{kükürt}} = 14 \text{ g} / 8 \text{ g} = 7/4$$

Örneklerden de anlaşılacağı gibi kaç gram demir (II) sülfür bileşiği elde edilirse edilsin, bileşiği oluşturan elementlerin kütleleri arasındaki oran hep aynı kalmaktadır. Eğer ortamda her 7 gram demir elementine karşılık, 4 gramdan daha fazla kükürt elementi bulunursa fazla olan miktar kükürt olarak kalır, değişime uğramaz. Benzer şekilde her 4 gram kükürt elementine karşılık 7 gramdan daha fazla demir elementi bulunursa bu durumda da demir elementinin fazlası artar. Böylece bileşiği oluşturan elementlerin kütlece birleşme oranı değişmez.



Suyu oluşturan elementlerin kütlece yüzdesini hesaplırsak;

9 gram suyun \longrightarrow 1 gramı hidrojen ise

100 gram suyun \longrightarrow 11,1 gramı hidrojenidir.

100 gram suyun 11,1 gramı hidrojen elementi ise geri kalanı yani 88,9 gramı oksijen elementidir. Buna göre, su bileşiminin kütlece % 11,1'ini hidrojen, % 88,9'unu ise oksijen elementi oluşturur. Su, ne şekilde elde edilirse edilsin, kaç gram olursa olsun bu oran değişmez. Benzer şekilde etil alkol bileşimi kütlece % 52,2 karbon (C), % 13 hidrojen (H) ve % 34,8 oksijen elementlerinden oluşmaktadır.

3. Uygulama

Halk dilinde sönmemiş kireç olarak bilinen kalsiyum oksit bileşiminde kalsiyum elementinin oksijenle kütlece birleşme oranı $5/2$ 'dir. Buna göre;

- 15 gram kalsiyum elementi ile kaç gram oksijen elementi birleşir?
- Toplam kaç gram kalsiyum oksit bileşimi oluşur?

Çözüm:

a) 5 gram kalsiyum elementi ile 2 gram oksijen birleşirse;

3 katı

3 katı

15 gram kalsiyum elementi ile $3 \times 2 = 6$ gram oksijen birleşir.

b) 15 gram kalsiyum + 6 gram oksijen = 21 gram kalsiyum oksit bileşimi oluşur.

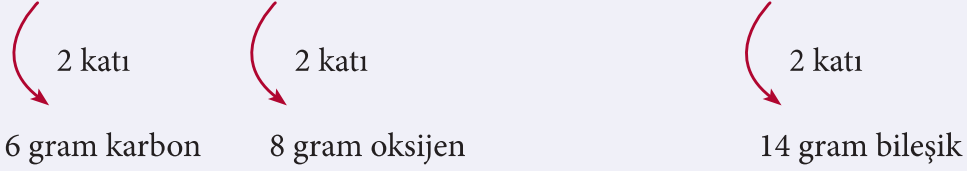
4. Uygulama

Karbon monoksit bileşiminde karbon ve oksijen elementlerinin kütlece birleşme oranı $3/4$ ' tür. Eşit kütlelerde karbon ve oksijen elementleri bir araya getirildiğinde 14 gram karbon monoksit bileşimi oluşmaktadır. Buna göre;

- 14 gram karbon monoksit bileşiminin kaç gramı karbon, kaç gramı oksijen elementidir?
- Hangi elementten kaç gram artmıştır?

**Çözüm:**

a) 3 gram karbon ile 4 gram oksijen elementi birleştiğinde 7 gram bileşik oluşur.



Buna göre 14 gram bileşiğin 6 gramı karbon, 8 gramı oksijen elementidir.

b)

- Elementlerden eşit kütlelerde bir araya getirilmesi, başlangıçta her iki elementten 8'er gram olduğu anlamına gelir.
- 8 gram oksijenin tamamı kullanıldığından oksijen elementinden artmaz.
- 8 gram karbonun 6 gramı kullanıldığından $8-6=2$ gram karbon elementi artar.

5. Uygulama

3 gram A elementiyle 8 gram B elementinin tamamı birleşerek AB_2 bileşiğini oluşturmaktadır. 44 gram AB_2 bileşiği oluştuğuna göre A ve B elementlerinden kaç gram harcanmıştır?

Çözüm:

AB_2 bileşiğinin kütlesi;

- $3 \text{ g A} + 8 \text{ g B} = 11 \text{ gramdır.}$
 - 11 gram bileşiğin 3 gramı A ise
- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 44 gram bileşiğin | ? |
| | |
| $? = 3 \times 44/11$ | $? = 12 \text{ gram}$ |

Yani 44 gram bileşikte 12 gram A bulunmaktadır.

- $44 \text{ g bileşik} - 12 \text{ g A} = 32 \text{ g B harcanmıştır.}$



6. Uygulama

X_2Y bileşiğinin kütlece % 30'u X elementidir. 35 gram Y elementi ile yeterince X elementinin tepkimesinden en çok kaç gram X_2Y bileşiği oluşur?

Çözüm:

- 100 gram bileşiğin 30 gramı X ise, geriye kalanı yani 70 gramı Y elementidir.
- 70 g Y elementi ile 30 g X elementi tepkimeye giriyorsa;
35 g Y elementi ile 15 g X elementi tepkimeye girer.
- Buna göre $35 \text{ g Y} + 15 \text{ g X} = 50 \text{ g}$ bileşik oluşur.

Sabit oranlar kanununa göre belirli sayıda atom; molekül veya iyon oluşturmak üzere birleşir. Her element atomunun belirli bir kütlesi olduğundan bileşiği oluşturan elementlerin kütleleri arasındaki oran da belirli bir sayıdır. Sabit oranlar kanunu, bileşiklerdeki elementlerin birleşme oranlarını belirttiğinden bileşiklerin formüllerle gösterilmesine temel oluşturmuştur.

KATLI ORANLAR KANUNU

Proust, sabit oranlar kanununda elementler ancak belirli oranlarda birleşirse bileşik oluşabileceğini belirtmiştir. Ancak İngiliz kimyacı John Dalton (Jon Dalton) 1803 yılında geliştirdiği katlı oranlar kanununda, elementlerin birden fazla sayıda farklı oranlarda birleşebileceğini bu durumda aynı elementlerden farklı bileşiklerin oluşabileceğini öne sürmüştür.

Örneğin hidrojen ve oksijen elementleri kütlece 1/8 oranında birleşirlerse su (H_2O) bileşiği, 1/16 oranında birleşirlerse hidrojen peroksit (H_2O_2) bileşiği oluşur. Benzer şekilde karbon ve oksijen elementleri kütlece 3/8 oranında birleştiklerinde karbon dioksit (CO_2), 3/4 oranında birleştiklerinde zehirli bir gaz olan karbon monoksit (CO) bileşiği elde edilir. Azot ve oksijen elementlerinden de NO , N_2O , NO_2 , N_2O_5 gibi birçok farklı bileşik oluşur.

İki element birden fazla türde bileşik oluşturduğunda elementlerin kütleleri arasındaki ilişki 1808 yılında John Dalton tarafından **katlı oranlar kanununda** ifade edilmiştir. Bu kanuna göre;



“

Eğer iki element birden fazla türde bileşik oluşturuyorsa bileşiklerdeki aynı tür elementlerin kütleleri arasında sabit bir oran vardır. Bu orana katlı oran denir.

”

Görsel 1.5 John Dalton

Örneğin karbon dioksit (CO₂) ve karbon monoksit (CO) bileşiklerinde, her iki bileşikteki karbonların veya oksijenlerin kütleleri arasındaki oran katlı orandır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 1.1) CO₂ ve CO bileşiklerindeki elementlerin kütleleri verilmiştir.

	Bileşik	Bileşikteki C kütlesi (m _C)	Bileşikteki O kütlesi (m _O)
1.	CO ₂	12 g	32 g
2.	CO	12 g	16 g

Tablo 1.1 CO₂ ve CO bileşiklerindeki elementlerin kütleleri

Tabloya göre CO₂ bileşiğindeki oksijen elementinin kütesinin CO bileşiğindeki oksijen elementinin kütesine oranı;

$$\begin{aligned} m_{O_1}/m_{O_2} &= 32/16 \\ &= 2/1 \text{ (oksijen elementleri arasındaki katlı oran)} \end{aligned}$$

Peki, karbon elementleri arasındaki katlı oran nedir?

Bileşiklerdeki aynı tür elementler arasındaki katlı oranı hesaplayabilmek için diğer elementin kütlesi her iki bileşikte aynı olmalıdır. Aynı değilse hesaplama yaparak kütleler eşit hâle getirildikten sonra katlı oran hesaplanır. Örneğin yukarıdaki örnekte karbon elementinin her iki bileşikteki kütleleri arasındaki katlı oranı hesaplayabilmek için oksijen elementinin her iki bileşikteki kütesini eşitlemeliyiz. CO bileşiğindeki



oksijenin kütlesini iki katına çıkardığımızda, her iki bileşikteki oksijen elementinin kütlesi eşit olur. Ancak sabit oranlar kanununa göre bileşikteki bir elementin kütlesi iki katına çıkarsa diğer elementin kütlesi de iki katına çıkar. Aşağıdaki tabloda CO bileşiğindeki elementlerin son durumdaki kütleleri yer almaktadır:

	Bileşik	Bileşikteki C kütlesi (m_C)	Bileşikteki O kütlesi (m_O)
1.	CO ₂	12 g	32 g
2.	CO	12 g x 2 = 24 g	16 g x 2 = 32 g

Tabloya göre her iki bileşikteki oksijenlerin kütlesi eşit olduğuna göre karbonlar arasındaki katlı oran hesaplanabilir. Buna göre;

$$\begin{aligned} m_{C_1}/m_{C_2} &= 12/24 \\ &= 1/2 \text{ (karbonlar arasındaki katlı oran)} \end{aligned}$$

Katlı oranlar kanunu sadece aynı elementlerden oluşan farklı bileşiklerde geçerlidir. Örneğin CH₂O ve CH₄ bileşikleri arasında katlı oran yoktur. Çünkü "C" ve "H" elementleri her iki bileşikte de bulunmasına rağmen "O" elementi CH₄ bileşiğinde bulunmadığından bu iki bileşik arasında katlı orandan bahsedilmez.

7. Uygulama

Demir (Fe) ve oksijen (O) elementlerinden oluşan iki farklı bileşikten birincisinde 28 gram Fe ve 8 gram O elementi; ikincisinde 56 gram Fe, 24 gram O bulunmaktadır. Buna göre her iki bileşikteki;

- Demir elementleri arasındaki katlı oran nedir?
- Oksijen elementleri arasındaki katlı oran nedir?

Çözüm:

- Demir elementleri arasındaki katlı oranı bulmak için oksijen elementlerinin kütleleri aynı olmak zorundadır. Buna göre 1. Bileşikteki oksijenin kütlesi 3 katına çıkarıldığında her iki bileşikteki oksijen elementinin kütlesi eşitlenmiş olur.



	Demirin kütlesi	Oksijenin kütlesi
1. Bileşik	$28 \text{ g} \times 3 = 84 \text{ g}$	$8 \text{ g} \times 3 = 24 \text{ g}$
2. Bileşik	56 g	24 g

$$\begin{aligned} m_{\text{Fe}_1}/m_{\text{Fe}_2} &= 84/56 \\ &= 3/2 \end{aligned}$$

b) Oksijenler arasındaki katlı oranı hesaplamak için de demirlerin kütlesini eşitlemek gerekmektedir. Buna göre, 1. Bileşikteki demirin başlangıç kütlesi iki katına çıkarıldığında her iki bileşikteki demir kütleleri eşitlenmiş olur.

	Demirin kütlesi	Oksijenin kütlesi
1. Bileşik	$28 \text{ g} \times 2 = 56 \text{ g}$	$8 \text{ g} \times 2 = 16 \text{ g}$
2. Bileşik	56 g	24 g

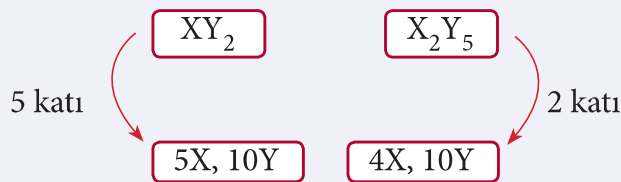
$$\begin{aligned} m_{\text{O}_1}/m_{\text{O}_2} &= 16/24 \\ &= 2/3 \end{aligned}$$

8. Uygulama

X ve Y elementlerinden XY_2 ve X_2Y_5 bileşikleri oluşmaktadır. Buna göre X elementleri arasındaki katlı oran kaçtır?

Çözüm:

- Her iki bileşikte eşit miktarda Y bulunduğundan X'lerin kütlelerini oranlayabiliriz.



- $m_{\text{X}_1}/m_{\text{X}_2} = 5/4$



1.2. MOL KAVRAMI

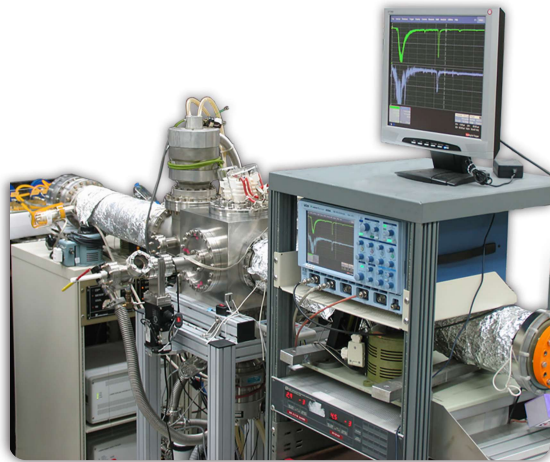
BAĞIL ATOM KÜTLESİ

Bir önceki bölümde, kimyanın temel kanunlarında bahsedildiği gibi elementlerin bileşik oluşturmak üzere belirli kütlelerde birleşiyor olması, elementleri oluşturan atomların da belirli kütlelerde olduğunu gündeme getirmiştir. Ancak atomlar mikroskopla bile görülemeyecek kadar küçük tanecikler olduğundan atomların kütlelerini tek tek ölçmek mümkün değildir. Peki, bu durumda atomların kütleleri nasıl ifade ediliyor olabilir?

Atomların kütleleri ve kütle birimi ile ilgili ilk öneri 1803'te John Dalton tarafından hidrojen elementi referans alınarak yapılmıştır. Hidrojen elementi en hafif element olduğundan, hidrojen atomunun kütlesi 1 kabul edilmiş, diğer element atomlarının kütleleri de hidrojenle oluşturdukları bileşik oranından yararlanılarak hesaplanmıştır. Örneğin hidrojen florür (HF) bileşiminde hidrojen ve flor elementlerinin kütlece birleşme oranı deneysel olarak 1/19'dur. HF bileşimi eşit sayıda hidrojen ve flor atomu içerdiğinden hidrojen atomunun kütlesi 1 kabul edildiğinde flor atomunun kütlesi de hidrojene kıyasla 19'dur.

Yukarıda belirtildiği gibi referans bir atoma göre göreceli olarak belirlenen atom kütlesine **bağlı atom kütlesi** denir. Buna göre oksijenin bağlı atom kütlesi 16, karbonun ise 12 bulunmuştur. Daha sonraları, hidrojene göre çok daha fazla sayıda elementle bileşik oluşturabilme özelliğinden dolayı referans olarak oksijen elementi seçilmiş ve oksijen atomunun kütlesi de 16 kabul edilmiştir. Buna göre en hafif atom olan hidrojen atomunun kütlesi de oksijen atomunun kütesinin 1/16'sı olup hiçbir atomun kütlesi 1' den küçük çıkmamıştır.

Ancak 1920'li yıllarda kütle spektrometresinin keşfiyle bir elementin bütün atomlarının aynı kütlede olmadığı anlaşılmıştır. Örneğin kütle spektrometresinde 3 farklı kütlede oksijen atomu tespit edilmiştir. Bazı oksijen atomlarının kütesinin 16, bazılarının 17, bazılarının ise 18 olduğu fark edilmiştir. Diğer bir ifadeyle oksijen elementinde bazı oksijen atomlarının diğerlerinden daha ağır olduğu gözlenmiştir.



Görsel 1.6 Kütle spektrometre cihazı



Önceki dönemlerdeki kimya derslerinden de hatırlayacağınız gibi aynı elementin farklı kütlelerdeki atomları **izotop atom** olarak adlandırılmaktadır. Oksijenin 16, 17 ve 18 kütleli atomları izotop atomlardır. İzotop atomların kütlelerinin farklı çıkmasının sebebi, farklı sayılarda nötron içermeleri ile ilgilidir. Örneğin evrendeki bütün oksijen atomları 8 tane proton içermesine rağmen, bazı oksijen atomları 8, bazıları 9, bazıları da 10 nötron içermektedir. Bu da oksijen atomlarının kütlelerinin birbirinden farklı olmasına yol açmaktadır.

Oksijenin izotoplarının keşfedilmesiyle bazı bilim insanları referans olarak ^{16}O izotopunu kullanırken, bazıları oksijen izotoplarının ortalama atom kütlelerini kullanmışlardır. Bu da bağıl atom kütlesi hesaplamalarında karmaşaya yol açmıştır. Bu karmaşanın giderilmesi için 1961 yılında doğada izotop bolluğu en fazla olan ^{12}C izotopu standart atom kabul edilmiş ve kütlesi 12 olarak belirlenmiştir. ^{12}C nin kütlesinin 1/12 sine ise **1 atomik kütle birimi (akb)** denilmiştir. Diğer elementlerin bağıl atom kütleleri ise o elementin izotop kütlelerinin ortalaması alınıp bu değer ^{12}C izotopu ile karşılaştırılarak belirlenmektedir.

Atomik kütle birimi sembolü “u” harfi ile gösterilmektedir. Bağıl atom kütleleri “u” sembolüyle ifade edilebileceği gibi bu kütleler karşılaştırmaya dayalı kütleler olduğundan birimsiz olarak da verilebilir.

Element atomlarının kütlelerinin ^{12}C 'ye göre oranları kütle spektrometre cihazı ile tespit edilmektedir. Bu oranlardan yararlanarak atomların kütleleri hesaplanmaktadır. Elementlerin hangi izotopu hangi oranda içerdiği yani doğadaki izotop bolluğu yine kütle spektrometre cihazıyla belirlenmektedir. Örneğin kütle spektrometresinde;

- Her 4 klor atomundan 3 tanesinin kütlesi 35'tir.
- 1 tanesinin kütlesi ise 37 çıkmaktadır.
- Klor atomunun ortalama atom kütlesi ise 35,5 'tir.
- Klor elementinin bağıl atom kütlesi de 35,5 u dur.

Klor örneğinde olduğu gibi izotop kütleleri tam sayı iken bağıl atom kütleleri çoğunlukla tam sayı değildir. Çünkü bağıl atom kütlesi hesaplamalarında izotop kütlelerinin ortalaması alındığından bu sayı çoğunlukla tam sayı çıkmaz. Örneğin karbon-12 izotopunun kütlesi 12 u iken, karbonun bağıl atom kütlesi 12,01 u dur.

Bir elementin bağıl atom kütlesi diğer bir ifadeyle ortalama atom kütlesi yandaki gibi hesaplanır:



$$\text{Ortalama atom kütlesi} = (\text{1. İzotopun kütlesi} \times \text{1. izotopun yüzdesi}) \\ + \\ (\text{2. İzotopun kütlesi} \times \text{2. izotopun yüzdesi}) \\ + \\ \dots\dots\dots$$

Kütle spektrometresine göre karbon elementinin;

- C-12 izotopunun kütlesi 12 u, doğal izotop bolluğu % 98,90;
- C-13 izotopunun kütlesi 13,00335 u, doğal izotop bolluğu %1,10'dur.

Buna göre karbon elementinin ortalama atom kütlesi (bağıl atom kütlesi);

$$(12 \times 98,90 / 100) + (13,00335 \times 1,10/100) = 12,01 \text{ u'dur.}$$

Silisyum elementinde ise;

- Si-28 izotopu 27,97 u; izotop bolluğu %92,22'dir.
- Si-29 izotopu 28,97 u; izotop bolluğu % 4,685'tir.
- Si- 30 izotopu 29,97 u; izotop bolluğu % 3,092'dir.

Buna göre; silisyumun ortalama atom kütlesi 28,09 u'dur.

Periyodik sistemde elementin atom kütlesi ortalama atom kütlesi olarak verilmektedir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 1.2) bazı elementlerin ortalama atom kütleleri (bağıl atom kütleleri) yer almaktadır.

Element Adı	Bağıl Atom Kütlesi (u)
Hidrojen (H)	1,008
Oksijen (O)	15,99
Helyum (He)	4,003
Kalsiyum (Ca)	40,08
Flor (F)	18,99
Karbon (C)	12,01

Tablo 1.2 Bazı elementlerin bağıl atom kütleleri



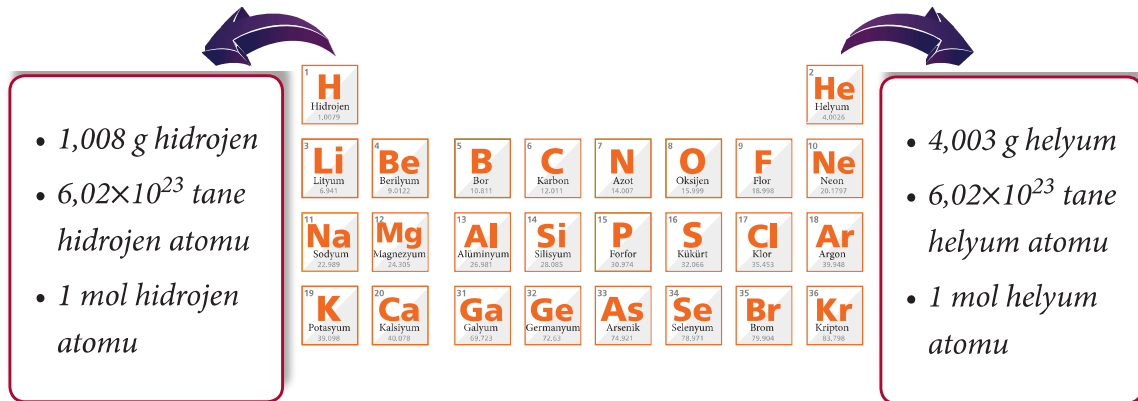
MOL KAVRAMI

Bir önceki konuda bahsedildiği gibi kütle spektrometresiyle tek bir atomun kütlesi bağıl olarak hesaplanabilmektedir. Çünkü atomlar mikroskopla dahi görülemeyecek kadar küçük olduğundan tek bir atomu günlük hayatta kullanılan tartım cihazlarıyla tartmak mümkün değildir. Ancak çok fazla sayıda atom bir arada olduğunda tartılabilecek küçük bir miktar elde edilir. Bu nedenle kimyacılar tek bir atomun kütlesi yerine daha pratik olması bakımından bir grup atomun kütlesiyle hesaplamalar yapmayı tercih etmişlerdir.

Kimyacılar karbon-12'nin bağıl atom kütlesine sayıca eşit gram miktarını standart kütle olarak kabul etmişler ve bu standart kütlede bulunan tanecik sayısı da 1 mol olarak adlandırılmıştır. Kütle spektrometresiyle, karbon-12'nin bağıl atom kütlesi kadar gram miktarında yani 12 gramda $6,02 \times 10^{23}$ tane karbon atomu bulunduğu tespit edilmiştir. Buna göre 12 gram karbonda bulunan tanecik sayısı 1 mol'dür. Diğer bir ifadeyle 1 mol tanecik $6,02 \times 10^{23}$ tane tanecik içerir. Bu sayıya **Avogadro sayısı** denilmektedir.

$$1 \text{ mol tanecik} = \text{Avogadro sayısı kadar tanecik} = 6,02 \times 10^{23} \text{ tane tanecik}$$

Karbon-12'nin bağıl atom kütlesi kadar gram miktarında 1 mol karbon atomu bulunduğu gibi diğer element atomlarının bağıl atom kütlesi kadar gram miktarlarında da 1 mol atom bulunur. Örneğin hidrojenin bağıl atom kütlesi kadar gram miktarında yani 1,008 gramında $6,02 \times 10^{23}$ tane hidrojen atomu bulunur. Benzer şekilde helyum atomunun bağıl atom kütlesi 4,003 u'dur. Helyumun bu sayıya eşit gram miktarı 4,003 gramdır. Bu nedenle 4,003 gram helyum, 1 mol helyum atomu yani $6,02 \times 10^{23}$ tane helyum atomu içerir (Görsel 1.9).



Görsel 1.7 Hidrojen ve helyum elementlerinde mol - avogadro sayısı-kütle ilişkisi



Özetle, taneciğin türü ne olursa olsun 1 mol herhangi bir tanecik aynı sayıda yani avogadro sayısı kadar tanecikten oluşur ve 1 mol herhangi bir atomun kütlesi de, o atomun bağıl kütesine sayıca eşit gram miktarı kadardır.

Periyodik sistemde element sembolünün altında yer alan sayı hem o elementin 1 atomunun akb cinsinden bağıl atom kütesini hem de o elementin gram cinsinden 1 molünün kütesini temsil etmektedir (Görsel 1.9). Bu nedenle bir elementin kütlesi verilirken bağıl atom kütesi olarak akb cinsinden veya 1 molünün kütlesi olarak gram cinsinden verilir. Örneğin helyum elementinin kütlesi ;

"He: 4,003 u veya He: 4,003 g/mol" şeklinde gösterilir.

1 mol atomun gram cinsinden kütlesi o elementin **mol kütesi** olarak adlandırılır. Örneğin helyum elementinin mol kütesi 4,003 gram, karbon elementinin mol kütesi ise 12,01 gramdır (Tablo 1.2). Bağıl atom kütleleri bazı elementlerde tam sayı olmadığından, o elementlerin mol kütleleri de tam sayı değildir. Mol kütleleri ile ilgili hesaplama yapılırken kolaylık olması bakımından bu sayılar bazı durumlarda tam sayıya yuvarlanmaktadır. Örneğin helyumun mol kütesi 4,008 gram yerine hesaplamalarda 4 gram alınabilir.

BİLGİ NOTU

- Mol sayısı "n" harfi ile, Avogadro sayısı ise N_A sembolü ile, mol kütesi ise " M_A " sembolü ile temsil edilmektedir.

MOL HESAPLAMALARI

Kimyacılar laboratuvarlarda, endüstride veya bilimsel çalışmalarda çeşitli kimyasal maddelerle çalışmaktadırlar. Kimyasal maddelerin miktarları, hangi oranlarda tepkimeye girdikleri, hangi taneciklerden oluştukları oldukça önemlidir. Bu nedenle bu tür maddelerle çalışırken stokiyometrik hesaplamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Stokiyometrik hesaplamalarda maddenin kütlesi, mol sayısı, tanecik sayısı arasındaki ilişki-den yararlanılmaktadır.

Doğada bazı elementler atomik, bazıları moleküler yapıda bulunur. Örneğin demir, bakır, kalsiyum, sodyum gibi metaller ile soy gazlar atomik yapılı elementlerdir. Bu tür elementlerin 1 molünde daha önceden de belirtildiği gibi avogadro sayısı kadar o elementin atomu bulunur ve mol kütleleri de sayıca bağıl atom kütleleri kadardır. Bu elementlerin farklı mol sayılarının miktarı ve içerdiği atom sayısı da hesaplama yaparak bulunur. Sonraki sayfadaki örneği inceleyelim:



9. Uygulama

Demir elementinin mol kütlesi yaklaşık 56 g/mol'dür. Buna göre 2 mol demir elementinin;

- a) kütlesini b) kaç tane demir atomu içerdiğini hesaplayınız.

Çözüm:

- a) 1 mol demir elementi 56 gram ise,

2 katı 2 katı

2 mol demir elementi $2 \times 56 = 112$ gramdır.

- b) 1 mol demir elementinde $6,02 \times 10^{23}$ tane demir atomu bulunduğundan,

2 katı 2 katı

2 mol demir elementinde $2 \times 6,02 \times 10^{23} = 12,04 \times 10^{23}$ tane demir atomu bulunur.

Peki, hidrojen (H_2), oksijen (O_2), azot (N_2) gibi moleküler hâlde bulunan elementlerin 1 molünde bulunan atom sayısı ve bu tür elementlerin mol kütlesi ne olabilir? Bu tür elementlerin mol kütlesi ve 1 molünde bulunan atom sayısı da avogadro sayısı ile ve bağıl atom kütlesiyle ilişkilidir. Aşağıdaki örneği inceleyelim:

10. Uygulama

Aşağıdaki elementlerin 1 molünün kütlelerini hesaplayınız.

(H: 1 g/mol, Cl: 35,5 g/mol)

- a) H_2 b) Cl_2

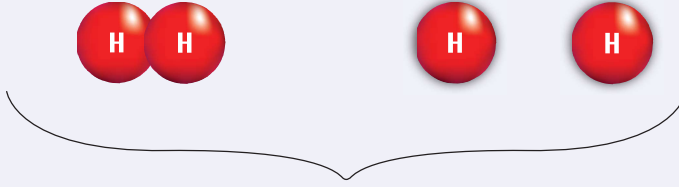
Çözüm:

a)

- Hidrojen elementi moleküler yapıda olduğundan hidrojen elementinin mol kütlesi, 1 mol hidrojen molekülünün kütlesini temsil etmektedir.



1 tane H_2 molekülü = 2 tane H atomu

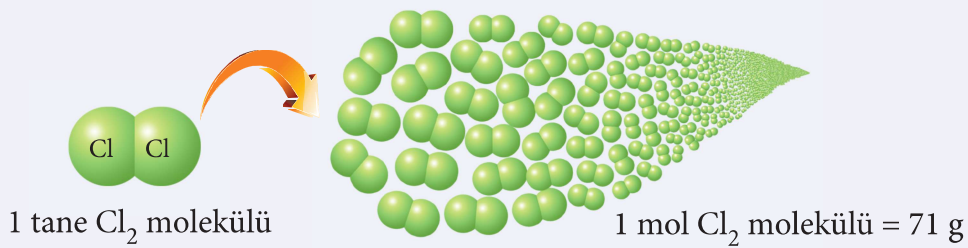
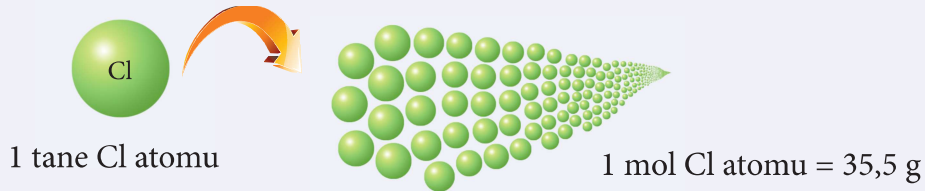


1 tane hidrojen molekülü 2 tane hidrojen atomu içerdiğinden, 1 mol hidrojen molekülü de 2 mol hidrojen atomu içerir.

- 1 mol hidrojen atomu 1 g ise, 2 mol hidrojen atomu yani 1 mol hidrojen molekülü 2 gramdır.
- Buna göre hidrojen elementinin mol kütlesi 2 g/mol'dür.

b)

- 1 mol klor molekülü 2 mol klor atomu içerir.
- 1 mol klor atomu 35,5 g ise 2 mol klor atomu yani 1 mol klor molekülü $2 \times 35,5 = 71$ g'dır.
- Buna göre klor elementinin mol kütlesi 71 g/mol'dür.





1 mol herhangi bir madde $6,02 \times 10^{23}$ tane tanecik içerdiğinden, farklı mol sayılarındaki maddelerin kaç tane tanecik içerdiği de hesaplama yaparak bulunabilir. Örneğin, 2 mol CH_4 molekülünde bulunan C ve H atomların sayıları aşağıdaki gibidir:

1 mol CH_4 molekülünde $6,02 \times 10^{23}$ tane CH_4 molekülü,
 $1 \times 6,02 \times 10^{23}$ tane C atomu,
 $4 \times 6,02 \times 10^{23}$ tane H atomu,
 1 mol C atomu,
 4 mol H atomu,
 Toplam 5 mol atom bulunur.

2 mol CH_4 molekülünde $2 \times 6,02 \times 10^{23}$ tane CH_4 molekülü,
 $2 \times 1 \times 6,02 \times 10^{23}$ tane C atomu,
 $2 \times 4 \times 6,02 \times 10^{23}$ tane H atomu,
 2 mol C atomu,
 $2 \times 4 = 8$ mol H atomu,
 toplam 10 mol atom bulunur.

12. Uygulama

22 gram CO_2 gazının;

- Kaç mol olduğunu,
- Kaç tane oksijen atomu içerdiğini hesaplayınız. (CO_2 : 44 g/mol)

Çözüm:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{a) } 44 \text{ g } \text{CO}_2 & \longrightarrow & 1 \text{ mol } \text{CO}_2 \\
 22 \text{ g } \text{CO}_2 & \longrightarrow & ? \\
 \hline
 ? & = & 0,5 \text{ mol } \text{CO}_2
 \end{array}$$

- 1 mol CO_2 \longrightarrow 2 mol oksijen atomu içerdiğinden
 0,5 mol CO_2 \longrightarrow 1 mol oksijen atomu içerir.

1 mol oksijen atomu ise $6,02 \times 10^{23}$ tane atom içerir.



13. Uygulama

C_2H_5OH bileşiğinin;

- 1 molünde kaç mol hidrojen atomu bulunduğunu,
- 1 molünde kaç tane karbon atomu bulunduğunu,
- Mol kütlelerini,
- 92 gramının kaç mol olduğunu hesaplayınız (C:12, H:1, O:16).

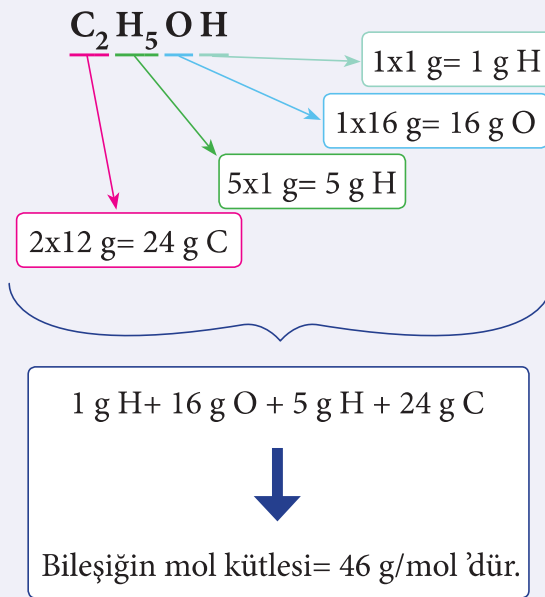
Çözüm:

- 1 mol C_2H_5OH bileşiğinde $5+1=6$ mol hidrojen atomu bulunmaktadır.
- 1 mol C_2H_5OH bileşiğinde 2 mol karbon atomu bulunmaktadır.

Buna göre;

- 1 mol atom $6,02 \times 10^{23}$ tane atom içerdiğinden,
- 2 mol atom $2 \times 6,02 \times 10^{23} = 12,04 \times 10^{23}$ tane atom içerir.

c)



- 1 mol bileşik 46 gram ise, 92 gram bileşik 2 moldür.



1.3. KİMYASAL TEPKİMELER VE DENKLEMLER

KİMYASAL TEPKİME DENKLEMİ

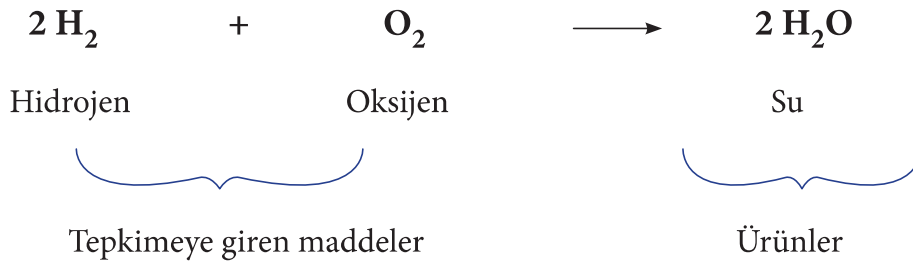
Maddelerin kimyasal değişime uğraması, maddelerin birbirleriyle tepkimeye girmesi veya tepkime vermesi olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle kimyasal değişimler **kimyasal tepkime** olarak da adlandırılmaktadır.

Bir kimyasal değişimi veya kimyasal tepkimeyi kelimelerle ifade edebiliriz.

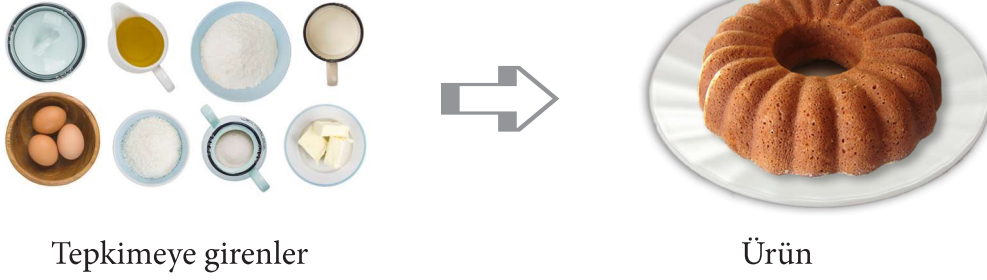
Örneğin;

“ Hidrojen elementi oksijen elementiyle etkileştiğinde yani tepkimeye girdiğinde su oluşur. ”

Aynı tepkimeyi, değişimde yer alan maddelerin adları yerine sembol ve formüllerini kullanarak kısa bir şekilde de ifade edebiliriz. Kimyasal bir değişimin değişimde yer alan element ve bileşiklerin sembol ve formüllerini kullanarak gösterilmesine **kimyasal tepkime denklemi** denir. Aşağıda suyun oluşum tepkimesinin denklemi yer almaktadır.



Daha önceki kimya konularında da bahsedildiği gibi tepkime denklemlerinde kimyasal değişime uğrayan madde veya maddelere **tepkimeye giren madde** veya **girenler**, değişim sonucu oluşan yeni madde veya maddelere de **ürün** denir. Örneğin kekin pişmesi bir kimyasal değişimdir ve kek yapımında kullanılan malzemeler tepkimeye giren maddeler, kek ise üründür (Görsel 1.10).



Görsel 1.8 Kek ve içindeki malzemeler

Tepkime denkleminde tepkimeye giren maddelerle ürünler arasında ok işareti (\rightarrow) konur. Girenler veya ürünler birden fazla maddeden oluşuyorsa aralarına (+) işareti konulur.

Denklemden formül veya sembollerin önüne konulan sayılara katsayı denir. Katsayılar tepkimeye giren maddelerin veya ürünlerin sayısını belirtir. Örneğin suyun oluşum tepkimesinde 2 tane hidrojen molekülü, 1 tane oksijen molekülüyle tepkimeye girer ve 2 tane su molekülü oluşur. Ancak tepkimeye giren çok küçük miktarlarda bile çok fazla sayıda tanecik bulunduğu için katsayılar mol sayılarını temsil eder. Buna göre suyun oluşum tepkimesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

“ 2 mol hidrojen molekülü ile 1 mol oksijen molekülü tepkimeye girdiğinde 2 mol su molekülü oluşur ”

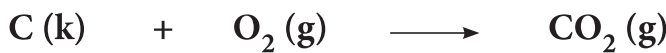
Tepkime denklemlerinde ayrıca maddelerin fiziksel hâllerine de yer verilir. Maddelerin fiziksel hâlleri parantez içinde sembol veya formülün sağ alt köşesine kısaltılmış olarak yazılır.

Katı \longrightarrow (k)

Sıvı \longrightarrow (s)

Gaz \longrightarrow (g)

Örneğin karbonun yanma tepkimesi aşağıdaki gibi yazılır:





Suda çözülmüş maddeler ise aşağıdaki tepkimedeki gibi (suda) veya (aq) şeklinde gösterilir:



KİMYASAL TEPKİME TÜRLERİ

Biz farkında olmasak da etrafımızda her saniye birçok kimyasal değişim gerçekleşmektedir. Bildiğimiz gibi kimyasal değişimlerde maddeler yeni maddelere dönüşmektedir.

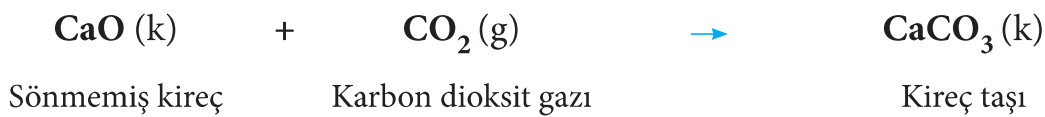
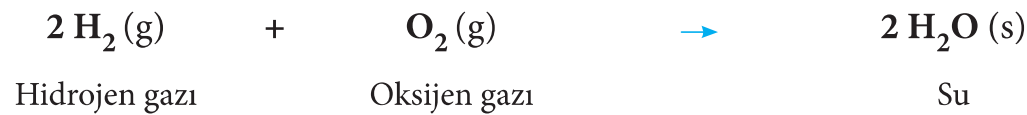
BİLGİ NOTU

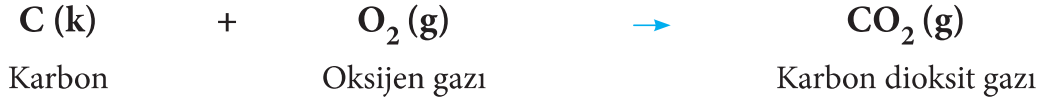
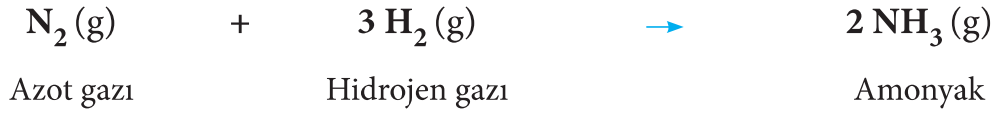
Kimyasal tepkimelerde bir element başka bir elemente dönüşmez, bu ancak nükleer tepkimelerle gerçekleşebilir.

Kimyasal değişim olayları çok fazla sayıda olduğundan çeşitli sınıflara ayrılarak incelenmektedir. Kimyasal tepkime türlerinden bir kısmı aşağıda yer almaktadır:

1. Sentez (oluşum) tepkimesi

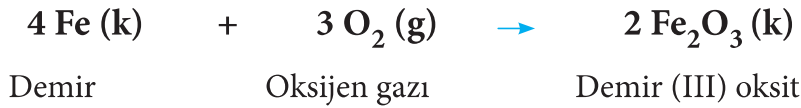
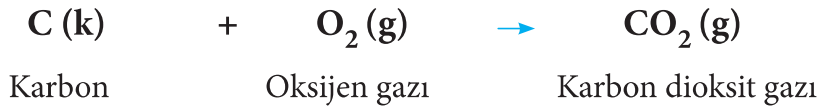
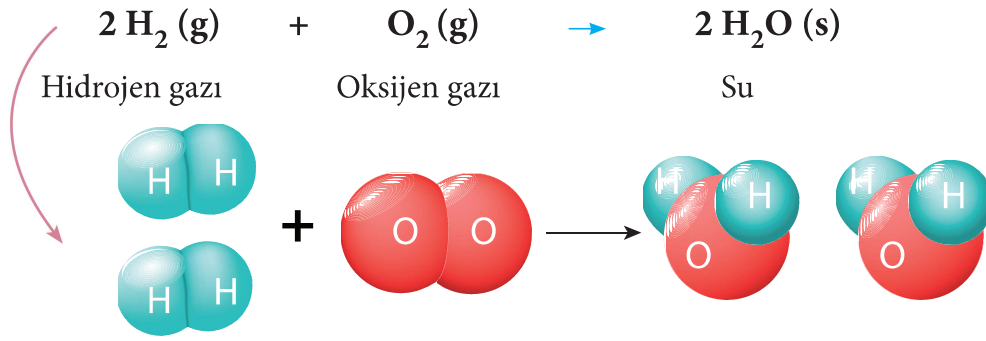
İki veya daha fazla türde maddenin birleşerek bir çeşit ürünü oluşturduğu tepkimelere **sentez tepkimeleri** denir. Tepkimeye giren maddeler elementlerden oluşabileceği gibi bileşiklerden de oluşabilir. Su, amonyak, karbon dioksit vb. bileşiklerin oluşma tepkimeleri sentez tepkimeleridir. Aşağıda sentez tepkimelerine örnekler yer almaktadır:



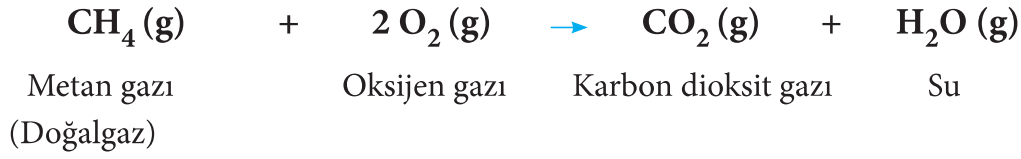


2. Yanma tepkimesi

Maddelerin oksijen elementiyle etkileştiği tepkimelere yanma tepkimeleri denir. Su, karbon dioksit gibi bileşiklerin oluşum tepkimelerinde, elementler oksijenle tepkimeye girdiğinden bu tür tepkimeler aynı zamanda yanma tepkimesidir. Aşağıda, yanma tepkimesine örnekler yer almaktadır:



Enerji ihtiyacımızın çoğu yanma tepkimeleri ile sağlandığından yanma tepkimesi toplum açısından çok önemli bir yere sahiptir. Örneğin odunun, kömürün, doğalgazın vb. yanması sırasında açığa çıkan ısı enerjisi sayesinde ısınırız. Yanda doğalgazın yanma tepkimesi yer almaktadır:

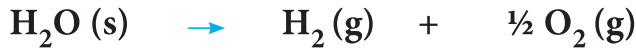


Solunum olayı da bir yanma tepkimesidir:



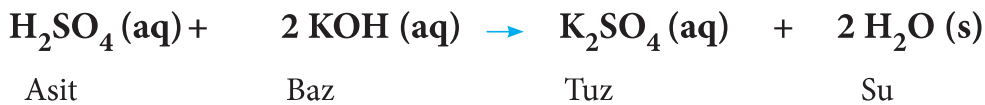
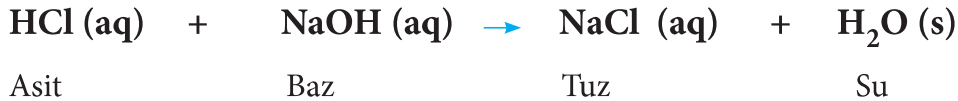
3. Analiz (ayrışma) tepkimesi

Sentez (oluşum) tepkimelerinin tersi analiz tepkimeleridir. Analiz tepkimelerinde bir bileşik elementlere veya kendinden daha basit yapıya başka bileşiklere parçalanmaktadır. Örneğin suyun, karbon dioksitin kendisini oluşturan elementlere ayrışması tepkimesi analiz tepkimesidir. Aşağıda analiz tepkime örnekleri yer almaktadır:



4. Asit- baz tepkimesi

Asit ve bazlar arasında gerçekleşen tepkimelere **asit-baz tepkimesi** denir. Asit- baz tepkimelerinde ürün olarak çoğunlukla tuz ve su bileşikleri oluşur. Bazı asit-baz tepkimelerinde ise sadece tuz oluşur.





5. Çözünme - çökeltme tepkimesi

İki farklı iyonik bileşiğin sulu çözeltileri karıştırıldığında, bileşiklerin bileşenleri tepkimeye girip suda çözünmeyen katı madde oluşturuyorsa bu tür tepkimelere **çözünme-çökeltme tepkimeleri** denir. Oluşan katı maddeye de **çökelti** denir. Örneğin sodyum karbonat (Na_2CO_3) ve bakır (II) klorür (CuCl_2) tuzlarını ayrı ayrı suda çözüp ardından oluşan bu çözeltiler karıştırıldığında bakır (Cu^{2+}) ve karbonat (CO_3^{2-}) iyonları birleşerek çökelti oluşturur.



Bu tür tepkimelerde tuzlar önce suda çözünerek çözeltiyi oluşturur. Tuzlu su çözeltilerinde tuzlar iyonlarına ayrılmış durumdadır ve iyonlar çözeltide serbest hâlde bulunur. Farklı tuzlardan elde edilen bu tür sulu çözeltiler karıştırıldığında bazılarında çökeltme gerçekleşir. Önce çözünme, ardından çökeltme gerçekleştiğinden bu tür tepkimelere çözünme-çökeltme tepkimesi denir.

Sodyum klorür (NaCl) ve gümüş nitrat (AgNO_3) çözeltileri karıştırıldığında da çözünme-çökeltme tepkimesi gerçekleşir:



Aşağıdaki deneyde çözünme-çökeltme tepkimesine bir örnek yer almaktadır:

2. Deney

Deneyin Adı : Kurşun (II) iyodürün çökmesi



Deneyin Amacı : Çözünme-çökeltme tepkimesinde gerçekleşen olayları bileşenlerin verdiği tepkime temelinde kavramak.

Kullanılan Kimyasal Maddeler

- Potasyum iyodür (KI)
- Kurşun (II) nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)
- Su



Deneyin Aşamaları

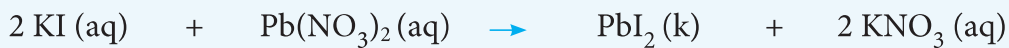
- İçinde bir miktar su bulunan behere kaşığın ucuyla potasyum iyodür tuzu eklenerek potasyum iyodür çözeltisi elde edilir
- İçinde bir miktar su bulunan başka bir behere kaşığın ucuyla kurşun (II) nitrat tuzu eklenerek kurşun (II) nitrat çözeltisi elde edilir.
- Potasyum iyodür çözeltisi ile kurşun (II) nitrat çözeltileri karıştırılır.
- Bir süre oluşan maddenin dibine çökmesi beklenir.

Sonuç

- Potasyum iyodür (KI) çözeltisinde potasyum (K^+) ve iyot (I^-) iyonları suda çözülmüş hâlde bulunmaktadır.
- Kurşun (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) çözeltisinde ise kurşun (Pb^{2+}) ve nitrat (NO_3^-) iyonları suda çözülmüş olarak bulunmaktadır.
- Bu iki çözelti karıştırıldığında kurşun (Pb^{2+}) iyonuyla, iyot (I^-) iyonu tepkimeye girer ve sarı renkli kurşun (II) iyodür (PbI_2) bileşiği oluşur.



- Kurşun (II) iyodür bileşiği suda çözünmez ve dibine çöker.
- Potasyum ve nitrat iyonları ise tepkimeye girmezler ve karışımda çözülmüş olarak bulunur.
- Tepkime denklemi aşağıdaki gibidir:

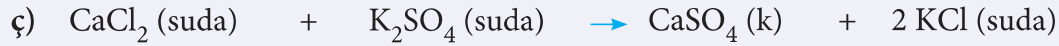
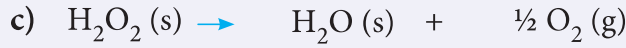
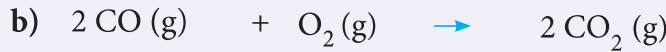
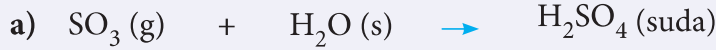




Tuzlu su çözeltileri karıştırıldığında her zaman tepkime gerçekleşmez. Örneğin NaCl çözeltisiyle KI çözeltisi karıştırıldığında çözünme- çökelme tepkimesi gerçekleşmez. Çünkü iyonlar tepkimeye girmez dolayısıyla çökelti de oluşmaz.

14. Uygulama

Aşağıdaki tepkimelerin türlerini yazınız.



Çözüm:

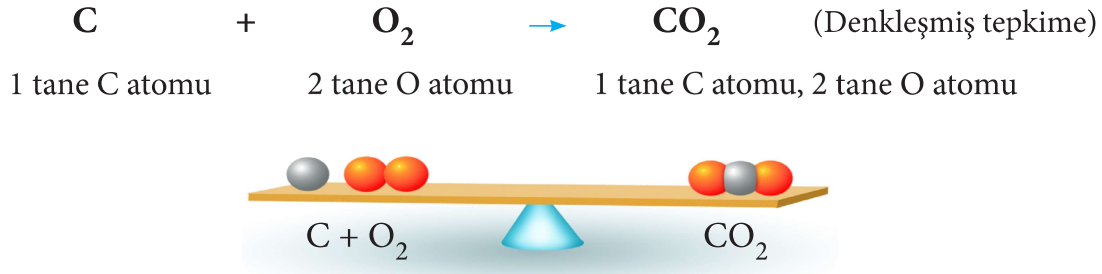
- a) 2 farklı madde birleşerek yeni bir tane madde oluşturduğundan, tepkime sentez (oluşum) tepkimesidir.
- b) Tepkime, maddeler birleşerek yeni madde oluşturduğundan oluşum tepkimesi, oksijen elementiyle tepkime gerçekleştiğinden aynı zamanda yanma tepkimesidir.
- c) Madde farklı maddelere ayrıştığından analiz (ayrışma) tepkimesidir.
- ç) Çözeltinin bileşenleri birleşip suda çözünmeyen katı madde oluşturduğundan çözünme-çökelme tepkimesidir.

Kimyasal tepkime denklemleri sayesinde tepkimeye giren ve oluşan maddelerin miktarları hesaplanır. Bunun için tepkime denklemi kütle korunumu kanununa uygun olması gerekmektedir. Kütle korunumu kanununa göre kimyasal değişimlerde atom sayısı ve türü değişmediğinden tepkimeye giren maddelerin atom türü ve sayısı ile ürünlerdeki atom türü ve sayısı aynı olmalıdır. Denklemden okun her iki tarafındaki atom sayısı ve türü denk değilse aynı sayıya ulaşmak için çeşitli denkleştirme işlemleri yapılır.

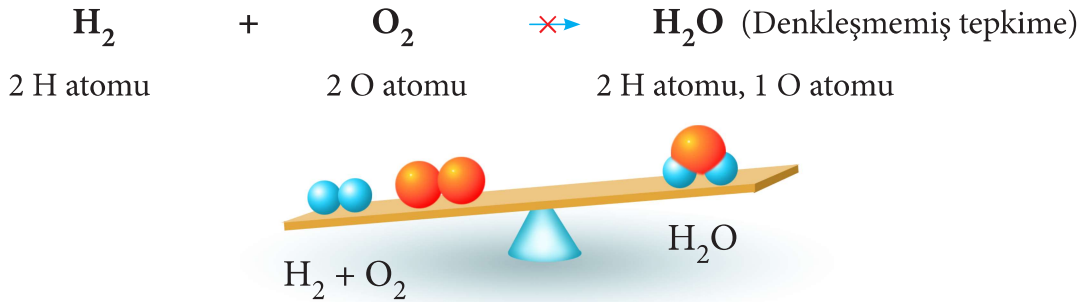


KİMYASAL TEPKİME DENKLEMLERİNİN DENKLEŞTİRİLMESİ

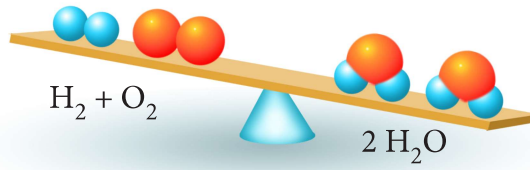
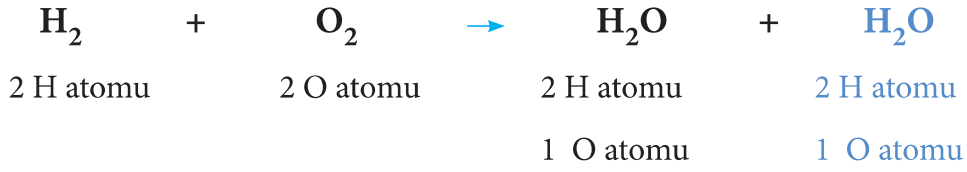
Karbon dioksitin oluşum tepkimesini incelediğimizde tepkimeye girenler kısmında 1 tane C atomu, 2 tane O atomu; ürünlerde de yine 1 tane C atomu, 2 tane O atomu olduğunu görürüz. Yani tepkimenin her iki tarafındaki atom türü ve sayısı aynıdır. Bu nedenle bu tepkime denkleşmiş bir tepkimedir.



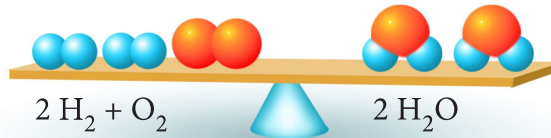
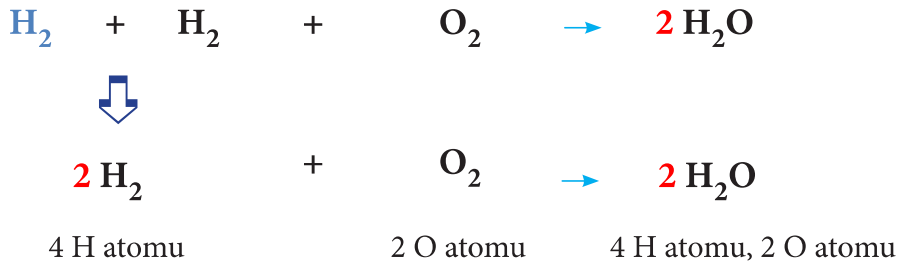
Ancak suyun oluşum tepkimesinde olduğu gibi birçok kimyasal tepkime, sadece sembol ve formüller yer aldığında denk değildir.



- Suyun oluşum tepkimesinde, girenler ve ürünlerdeki atomlar sayıldığında hidrojen atomlarının sayısının denk olduğu ancak oksijen atomlarının sayısının denk olmadığı görülür.
- Ürünlere 1 tane su molekülü eklenirse ürünlerdeki oksijen atomunun sayısı 2 olur. Bu durumda su molekülünden 2 tane olacağından, su moleküllerini ayrı ayrı yazmak yerine molekülün önüne 2 **katsayısı** konulur. Katsayı, semboldeki veya formüldeki bütün atomları etkiler.



- Su molekülünün katsayısı 2 olduğunda atomların sayıları yukarıdaki gibi olur.
- Oksijenlerin sayısının eşitlenmesi hidrojenlerin denkleğini bozduğundan, hidrojenlerin sayısını eşitlemek için girenler kısmına bir tane hidrojen molekülü eklenir.



- Son durumda, tepkimenin her iki tarafında da aynı sayıda atom bulunmaktadır yani tepkime denktir.

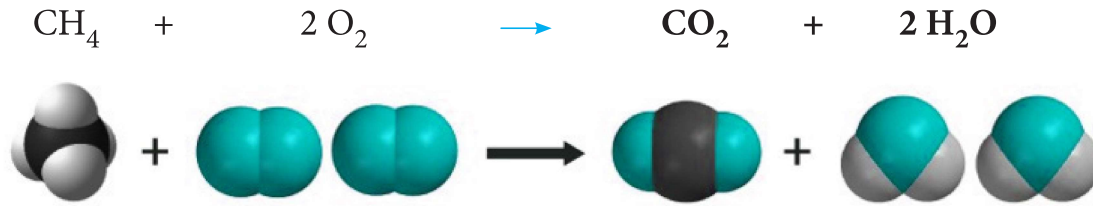


Denkleşmiş su oluşumu tepkimesine göre 2 tane hidrojen molekülü 1 tane oksijen molekülüyle tepkimeye girmiş ve 2 tane su molekülünü oluşturmuştur. Tepkime, kütle korunumu kanunu kurallarına da uygun hâle gelmiştir.

Denkleştirme yaparken, tepkimede yer alan element ve bileşiklerin formül ve sembollerinde değişiklik yapılamaz. Örneğin suyun oluşum tepkimesinde atom sayılarını eşitlemek için O_2 molekülündeki 2 sayısını 1 yapamayız.



Bu nedenle katsayılar taneciklerin önüne konulur ve katsayı tanecikteki her atomu etkiler. Örneğin su molekülünün önündeki 2 katsayısı hem " H_2 " den 2 tane olduğu hem de " O " dan 2 tane olduğu anlamını taşır. Eğer, tanecikten 1 tane bulunuyorsa tanecik sembolü veya formülü o tanecikten 1 tane olduğunu gösterdiğinden 1 katsayısı kullanılmaz. Aşağıda metan gazının yanma tepkimesi denkleşmiş olarak verilmiştir:



Tepkime denkleştirirken önce bileşiklerdeki atomların, en son elementlerdeki atomların sayısı denkleştirilir. Örneğin aşağıdaki tepkimede, önce oksijen atomlarının sayısı en son Fe ve C atomlarının sayısı denkleştirilir;



Fe_2O_3 'te 3 tane, CO_2 'te 2 tane oksijen atomu bulunmaktadır. En küçük katsayılar olacak şekilde Fe_2O_3 ' in katsayısı 2, CO_2 'in katsayısı 3 alınırsa her ikisinde de 6 tane oksijen atomu bulunur.





Tepkimeye göre ürünlerde 3 tane C, girenlerde 1 tane C atomu olduğundan C elementinin katsayısı da 3 alınır. Benzer şekilde Fe_2O_3 'ün katsayısı 2 alındığında bileşikteki Fe' in sayısı 4 olacağından ürünlerdeki Fe elementinin katsayısı da 4 alınır. Böylece tepkimenin denkleşmiş hâli aşağıdaki gibi olur:



15. Uygulama

Aşağıda verilen tepkimelerin denk olup olmadığını belirtiniz.



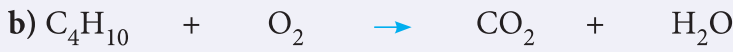
Çözüm:

a) Denkleşmiş bir tepkimedir.

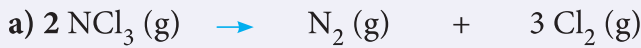
b) Girenler kısmında 3 tane oksijen, ürünler kısmında $3 \times 2 = 6$ tane oksijen atomu olduğundan tepkime denk değildir.

16. Uygulama

Aşağıdaki tepkimeleri denkleştiriniz.



Çözüm:



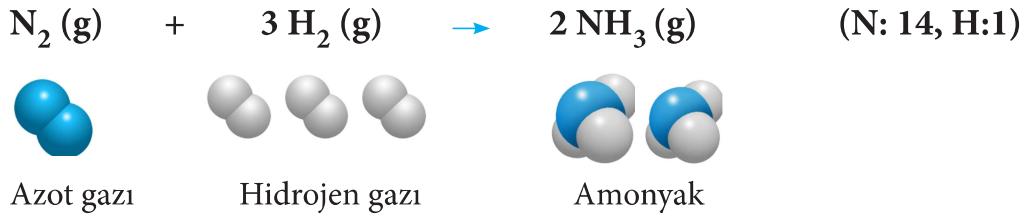


1.4. KİMYASAL TEPKİMELERDE HESAPLAMALAR

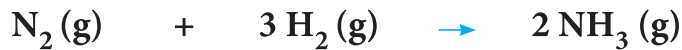
Etrafımızda gördüğümüz malzemelerin çoğu kimyasallardan üretilmektedir. Örneğin sabun, şampuan gibi temizlik ürünleri, kıyafetlerimiz, ilaçlar, kozmetikler vb. Bu maddeler üretilirken ihtiyaç duyulan malzemelerin miktarı, ne kadar ürün oluşacağı denkleşmiş kimyasal tepkimeler sayesinde hesaplanır.

Denkleşmiş bir kimyasal tepkime denklemi tepkimeye giren maddelerin ve ürünlerin miktarlarının yanı sıra bu maddelerin neler olduğu, sembol ve formülleri, fiziksel hâlleri hakkında bilgi vermektedir. Miktar, tepkimedeki maddelerin kütleleri, mol sayıları, molekül sayıları, atom sayıları ve hacimleri gibi özellikleridir. Denklem üzerinden stokiyometrik hesaplamalar yaparak verilen bir miktardan başka miktarlar hesaplanır.

Örneğin gübre yapımında kullanılan amonyak, endüstride azot ve hidrojen gazlarının tepkimesinden elde edilir. Belirli miktarda hidrojen gazı için ne kadar azot gazı gerektiği ve ne kadar amonyak oluşacağı tepkime denkleminde yararlanılarak hesaplanır.



- Tepkimedeki katsayılar göre her 1 tane azot molekülü için 3 tane hidrojen molekülü gerekmektedir, bu durumda 2 tane de amonyak molekülü oluşur.
- Daha fazla miktarda ürün elde etmek için örneğin 1 mol azot gazı için 3 mol hidrojen gazına ihtiyaç vardır, 2 mol de amonyak oluşur. Diğer bir ifadeyle başlangıçta tepkime kabında 1 mol N_2 ile 3 mol H_2 gazı bulunuyorken, tepkime sonunda H_2 ile N_2 'nin tamamı birleşerek NH_3 'a dönüşür. Son durumda kapta sadece 2 mol NH_3 gazı kalır.



Başlangıç: 1 mol N_2 gazı 3 mol H_2 gazı —

Tepkimeden sonra: — — 2 mol NH_3 gazı



- Madde gaz hâldeyse türü ne olursa olsun normal şartlar altında 1 molü 22,4 litre hacim kaplar. Buna göre 1 mol N_2 gazı 22,4 L ; 3 mol H_2 gazı da $3 \times 22,4$ L hacim kaplar.

BİLGİ NOTU

Normal şartlar; basıncın 1 atmosfer, sıcaklığın $0^\circ C$ olduğu koşullardır. Normal şartlar kısaca “normal şartlar altında “ kelimelerinin baş harflerinden oluşan NŞA şeklinde gösterilir.

Aşağıdaki çizelgede amonyağın oluşum tepkimesiyle ilgili mol, tanecik sayısı, kütle ve hacim ilişkisi yer almaktadır:

N_2	+	$3 H_2$	→	$2 NH_3$
2 tane N atomu		6 tane H atomu		2 tane N, 6 tane H atomu
1 tane N_2 molekülü		3 tane H_2 molekülü		2 tane NH_3 molekülü
$6,02 \times 10^{23}$ tane N_2 molekülü		$3 \times 6,02 \times 10^{23}$ tane H_2 molekülü		$2 \times 6,02 \times 10^{23}$ tane NH_3 molekülü
1 mol N_2 molekülü		3 mol H_2 molekülü		2 mol NH_3 molekülü
28 g N_2		3×2 g H_2		2×17 g NH_3
22,4 L N_2		$3 \times 22,4$ L H_2		$2 \times 22,4$ L NH_3

17. Uygulama



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

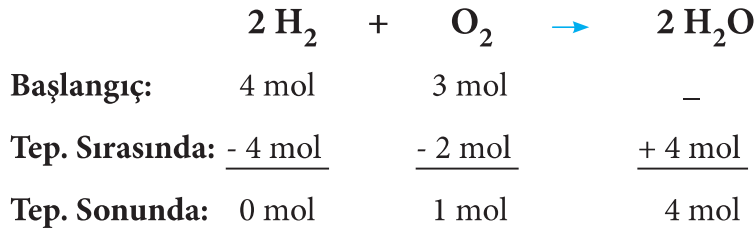
Yukarıdaki tepkimeye göre 32 gram metan gazını (CH_4) yakmak için;

- Kaç gram oksijen gazına ihtiyaç vardır?
- Kaç gram CO_2 gazı elde edilir?
- Oluşan su buharı normal şartlar altında kaç L hacim kaplar?



Bu üniteye şimdiye kadar verilen tepkime örneklerinde, belirli miktarlarda maddeler tepkimeye girmiş ve maddelerin tamamı tükenerek ürüne dönüşmüştür. Ancak tepkimeye giren maddelerden birisi diğerine oranla fazla miktarda maddelerden birisi tükenir, diğerinin fazlası ise artar. Tepkimede tamamı tükenen ve oluşacak ürünün miktarını belirleyen bu maddeye **sınırlayıcı bileşen** denir. Endüstriyel işlemlerde istenilen miktarda ürün elde edebilmek için, genellikle pahalı olan madde sınırlayıcı bileşen olur.

Örneğin aşağıdaki tepkimeye göre her 2 mol H_2 için 1 mol O_2 harcanır ve 2 mol H_2O oluşur. Buna göre 4 mol H_2 ve 3 mol O_2 'den kaç mol H_2O oluşur?



Tepkimeye göre 4 mol H_2 ile 2 mol O_2 tepkimeye girer, 4 mol H_2O oluşur. 1 mol O_2 de artar. Hidrojenin tamamı tükendiğinden sınırlayıcı bileşendir.

18. Uygulama

Aşağıda Mg ile HCl'in denkleşmiş tepkimesi yer almaktadır.



(Mg: 24, HCl:36, H:1)

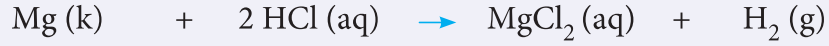
108 g HCl ile 12 g Mg'un tepkimesinde;

- a) Sınırlayıcı bileşen hangisidir? Hangi maddeden ne kadar artar?
- b) En fazla kaç gram H_2 gazı oluşur?

Çözüm:

a)

- HCl'in mol kütlesi 36 g/mol olduğundan 108 g HCl 3 moldür. Mg'un mol kütlesi ise 24 g/mol olduğundan 12 g Mg 0,5 moldür.



Başlangıç: 0,5 mol 3 mol

- Tepkimeye göre 1 mol Mg ile 2 mol HCl artansız tepkimeye girmektedir. Buna göre 3 mol HCl için 1,5 mol Mg harcanır. Ancak kapta 1,5 mol Mg'dan daha az miktarda bulunmaktadır. Bu nedenle sınırlayıcı bileşen Mg'dur. Yani 0,5 mol Mg' a karşılık 1 mol HCl harcanır.



Başlangıç: 0,5 mol 3 mol

Tep. Sırasında: - 0,5 mol - 1 mol

Tep. Sonunda: 0 mol 2 mol

- Başlangıçta 3 mol HCl olduğundan 1 molü harcandığında 2 mol HCl artar. 1 mol HCl 36 g olduğundan 2 mol HCl $2 \times 36 = 72$ gramdır. Yani 72 g HCl artar.

b) Tepkimeye göre;

- 1 mol Mg' dan 1 mol H₂ oluştuğundan \rightarrow 0,5 mol Mg'dan 0,5 mol H₂ oluşur.
- 1 mol H₂ 2 gram ise \rightarrow 0,5 mol H₂ 1 gramdır.
- Tepkime sonucunda 1 g H₂ gazı oluşur.

Şimdiye kadar verilen tepkimelerde tepkimeye giren maddelerden ne kadar ürün oluşacağını denkleşmiş tepkime üzerinden hesaplama yaparak bulduk. Hesaplama sonucu bulunan değer teorik olarak oluşması beklenen değerdir. Bu değere **teorik verim** denir. Ancak gerçekte birçok tepkimede beklenen miktarda ürün oluşmaz. Çünkü tepkimeye giren maddelerin kalıntı içermesi, asıl tepkimenin yanında başka tepkimelerin gerçekleşmesi ve bu nedenle farklı ürünlerin oluşması gibi sebeplerle ürün miktarı beklenenden az olur. Tepkime sonunda oluşan ürün ölçülüp elde edilen değere, yani gerçek ürün miktarına **gerçek verim** denir.



Gerçek verim: Deneysel olarak elde edilen ürün miktarı

Teorik Verim: Hesaplama sonucu bulunan ürün miktarı

Gerçek verimin teorik verime oranının yüzde olarak ifade edilmesine ise **yüzde verim** denir.

$$\text{Yüzde verim} = \frac{\text{Gerçek verim}}{\text{Teorik Verim}} \times 100$$

Doğalgazın yanma tepkimesinin yüzde verimini hesaplayalım:



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

Başlangıçta 16 g (1 mol) CH₄ ile 64 g (2 mol) O₂ tepkimeye sokulduğunda teorik olarak 44 g (1 mol) CO₂ ve 36 g (2 mol) H₂O'yun oluşmasını bekleriz.

	CH ₄ (g)	+ 2 O ₂ (g)	→ CO ₂ (g)	+ 2 H ₂ O(g)
Başlangıç:	16 g	2 x 32= 64 g	–	–
Tep. Sırasında:	-16 g	- 64 g	+ 44 g	+ 2 x 18=36 g
Tep. Sonunda:	0 g	0 g	44 g	36 g



CO₂' e göre teorik verim= 44 g

Ölçümler sonucu 40 g CO₂ elde edildiğini varsayalım. Bu durumda;

CO₂' e göre gerçek verim: 40 g

Bu tepkimenin yüzde verimi ise;

% verim= 40 g / 44 g × 100= % 90,9'dur.

Yüzde verim, bir tepkimenin ne ölçüde gerçekleştiğinin bir ölçüsüdür. Endüstride veya laboratuvar ortamında birçok tepkime tam verimle yani yüzde yüz verimle gerçekleşmez. Tepkime verimi ne kadar yüksek çıkarsa elde edilen kâr da o kadar yüksek olur.

19. Uygulama



Kireçtaşı Sönmemiş kireç

(Ca:40, C:12, O:16)

Yukarıda, kireçtaşının yüksek sıcaklıklarda ısıtılması sonucu sönmemiş kirecin elde edilmesi tepkimesi yer almaktadır. Tepkimede 400 gram CaCO₃ bileşiğinden % 60 verimle, kaç gram CaO bileşiği elde edilmiştir?

Çözüm:

- CaCO₃ bileşiğinin mol kütlesi 100 gramdır. Buna göre 400 gram bileşik 4 moldür.
- Teorik olarak 1 mol CaCO₃'tan 1 mol CaO oluşması beklenmektedir. Buna göre 4 mol CaCO₃'tan 4 mol CaO elde edilmesi beklenir.
- CaO'in mol kütlesi 56 g ise 4 mol CaO 4 × 56= 224 g'dır.

CaO' e göre teorik verim: 224 g'dır.

% verim= gerçek verim / teorik verim × 100

% 60 = gerçek verim / 224 × 100

Gerçek verim: 134,4 g'dır.



ÖZET

Kimyanın Temel Kanunları

- Kütlenin Korunumu Kanunu:** Kimyasal değişimlerde maddeler başka maddelere dönüşürken toplam kütle korunur, değişmez.
- Sabit Oranlar Kanunu:** Bir bileşiği oluşturan elementlerin kütleleri arasında sabit bir oran vardır.
- Katlı Oranlar Kanunu:** Aynı elementlerden oluşan farklı bileşiklerde, aynı elementin her iki bileşikteki kütleleri arasında sabit bir oran vardır.

Mol

- Bir bileşiğin veya bileşiği oluşturan elementlerin; molekül, atom veya iyon sayısı, kütlesi, hacmi gibi miktarları mol ile ifade edilir.
- Mol; $6,02 \times 10^{23}$ tane taneciğin miktarıdır.

Kimyasal Tepkimeler ve Denklemler

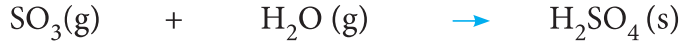
- Kimyasal değişimler kimyasal tepkimeler sonucu gerçekleşir.
- Kimyasal tepkimeler, element ve bileşiklerin sembol ve formüllerinden oluşan kimyasal denklemler ile ifade edilir.
- Yanma, sentez, analiz, asit-baz ve çözünme-çökelme kimyasal tepkime türlerindedir.
 - * Yanma tepkimesinde maddeler oksijen elementiyle tepkimeye girer.
 - * Sentez tepkimesinde maddeler birleşip yeni bir madde oluşturur.
 - * Analiz tepkimesinde bir madde başka maddelere dönüşür.
 - * Asitler ve bazlar arasında gerçekleşen tepkimelere asit-baz tepkimesi denir. Ürün olarak çoğunlukla tuz ve su oluşur.
 - * Çözünme- çökelme tepkimeleri, tuz çözeltilerinin bir araya gelmesi sonucu karışımda çözünmeyen katı maddenin oluştuğu tepkimelerdir.
- Kimyasal tepkimelerde hangi ürünün, hangi miktarda oluşacağı mol hesaplamaları yapılarak bulunur.
- Kimyasal tepkimeler her zaman teoride hesaplandığı gibi yüzde yüz verimle gerçekleşmez.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruların doğru yanıtlarını işaretleyiniz.

1- Aşağıdaki tepkimeye göre 2 mol SO_3 ile 1 mol H_2O ' dan en fazla kaç gram H_2SO_4 oluşur? (S:32, O:16, H:1)



- A) 18 B) 80 C) 98 D) 196

2- Aşağıdaki tepkimelerden hangisi oluşum tepkimesidir?



3- 3 mol CaCO_3 katısı ile ilgili, aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?

(Ca:40, C:12, O:16)

- A) 9 mol oksijen atomu içerir. B) $6,02 \times 10^{23}$ tane Ca atomu içerir.
C) 36 gram C elementi içerir. D) Toplam 15 mol atom içerir.

4- Aşağıdaki tepkime en düşük katsayılarla denkleştirildiğinde verilen ifadelerden hangisi doğru olur?



- A) C' un katsayısı 10'dur. B) CO'in katsayısı 1'dir.
C) P_4 'un katsayısı 4'tür. D) P_4O_{10} ' in katsayısı 2'dir.



5- Bir miktar hidrojen gazıyla 24 g oksijen gazı tepkimeye girdiğinde 27 g su oluştuğuna göre, kaç gram hidrojen gazı tepkimeye girmiştir?

- A) 3 B) 24 C) 27 D) 51

6- Fe_2O_3 bileşiğinde demir elementinin oksijen elementi ile kütlece birleşme oranı $7/3$ 'tür. Buna göre 30 gram bileşik için aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

- I. 21 gram demir elementi içerir.
II. 9 gram oksijen elementi içerir.
III. 7 gram Fe elementi içerir.

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) I, II ve III

7- Aşağıda hangi seçenekte verilen bileşikler arasında katlı oranlar kanunu uygulanabilir?

- A) $\text{CH}_2\text{O} - \text{C}_2\text{H}_4$ B) $\text{NO}_2 - \text{N}_2\text{O}_5$
C) $\text{NaCl} - \text{KCl}$ D) $\text{H}_2\text{S} - \text{H}_2\text{O}$

8- Aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

- A) Bağıl atom kütlesi C-12 izotopu referans alınarak hesaplanmaktadır.
B) Proton sayıları aynı, nötron sayıları farklı atomlar izotop atomlardır.
C) Bağıl atom kütlelerinin birimi "n" harfi ile gösterilmektedir.
D) Bağıl atom kütlesi hesaplanırken o elementin doğada bulunma yüzdesi dikkate alınır.



9- $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$ (C:12, O:16, H:1)
Tepkimesinde 2 mol C_3H_8 ile yeterince O_2 ' in tepkimesinden kaç mol CO_2 oluşur?

- A) 2 B) 3 C) 4 D) 6

10- $CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$ tepkimesiyle ilgili başlangıçta her iki maddeden de 2 mol olduğuna göre aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

- A) Sınırlayıcı bileşen CO' tir. B) O_2 ' in tamamı harcanır.
C) Tepkime sonunda 1 mol O_2 artar. D) 2 mol CO_2 oluşur.

11- Benzinin yanma tepkimesi % 80 verimle gerçekleşmektedir. **Tepkime sonunda 40 gram ürün elde edildiğine göre teorik verim kaç gramdır?**

- A) 40 B) 50 C) 80 D) 100

12- 60 gram C_2H_6 bileşiğinin 12 gramı hidrojen elementidir. **Buna göre bu bileşik-
teki hidrojen elementinin karbon elementiyle kütlece birleşme oranı kaçtır?**

- A) 1/5 B) 1/4 C) 1/2 D) 2/3

13- $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ tepkimesi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- A) Asit-baz tepkimesidir.
B) Tepkime denk değildir.
C) 2 mol HCl harcandığında 2 mol su oluşur.
D) Ürün olarak sadece tuz oluşmuştur.