T. C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
AÇIK ÖĞRETİM DAİRE BAŞKANLIĞI

KİMYA

3

DERS KİTABI

YAZAR
İnciser İpek

ANKARA - 2023

MEB HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ YAYINLARI
AÇIK ÖĞRETİM OKULLARI

Dil Uzmanı
Bülent Kenan Erkan

Görsel Tasarım Uzmanı
Fatih Sağlam

Grafik Tasarım Uzmanı
YÜMER
Yayın Üretim Merkezi

Copyright © MEB
Her hakkı saklıdır. Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Tümü ya da bölümleri izin alınmadan hiçbir şekilde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.

İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

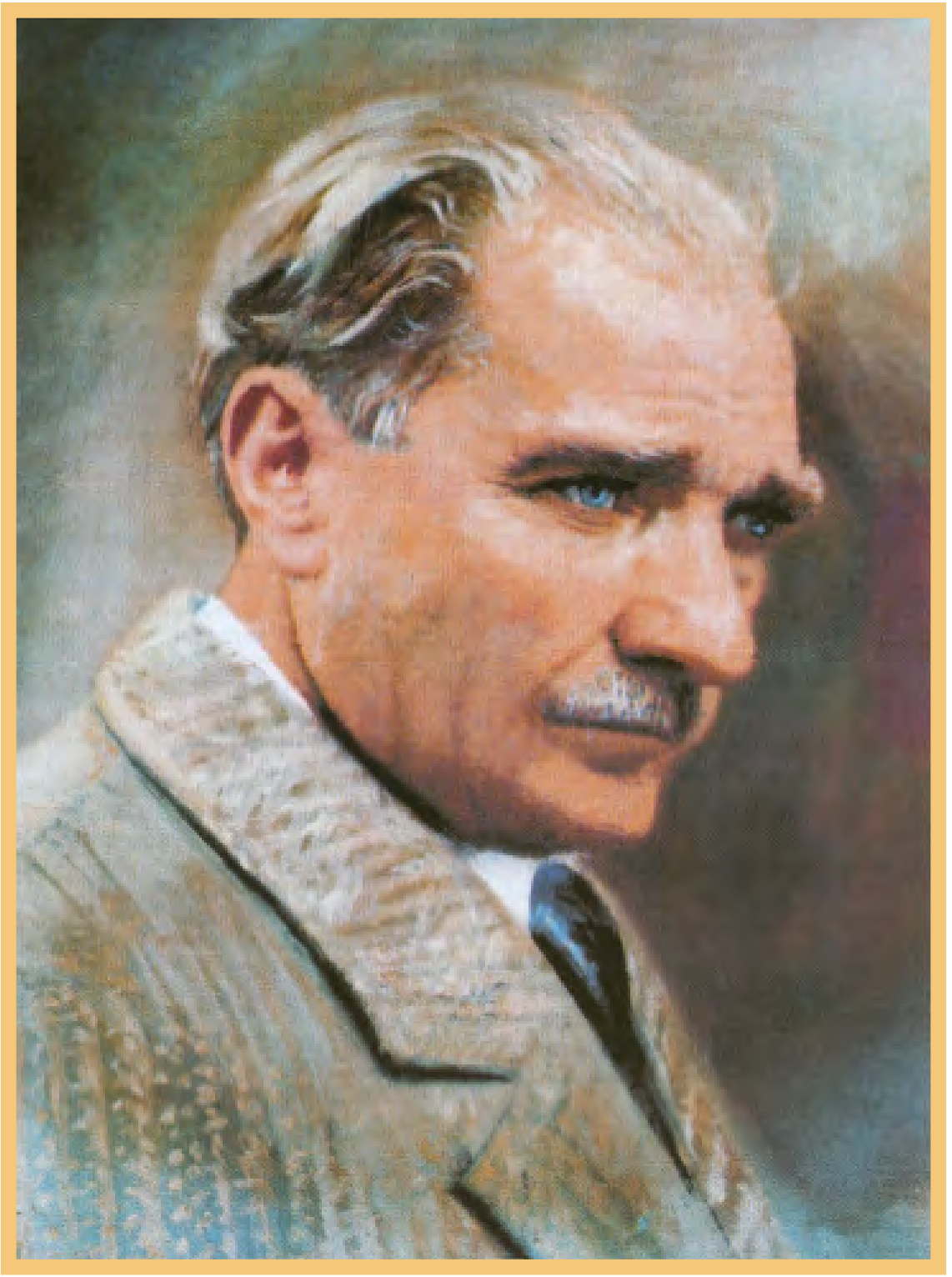
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

GÜVENLİK İŞARETLERİ

Laboratuvar uygulamalarında karşılaşabileceğiniz tehlikelere karşı kendinizin ve çevrenizin güvenliğini sağlamak için uymanız gereken bazı kurallar bulunmaktadır. Bu kurallar ve bu kurallara ait sembol ve işaretler aşağıda verilmiştir.

Koruyucu Giysi Giy
Bu uyarı işareti, laboratuvar deneyleri sırasında kullanılan malzemelerin giysilere zarar vereceği bu nedenle önlük ya da tulum kullanılması gerektiği anlamını taşır.

Eldiven Giy
Yapılacak işlemlerde sıcak bir yüzeyin olduğunu veya ısıtıcı kullanılacağını gösterir. Bu nedenle ıs ıya dayanıklı eldiven kullanılması gerektiği anlamını taşır.

Maske Kullan
Bu işaret, işlemlerde kimyasal tepkimeler sonucu zararlı gazlar oluşabileceğini, bu nedenle maske kullanılması gerektiğini belirtir.

Gözlük Kullan
Bu işaret, işlemlerde göz sağlığı için zararlı maddelerin kullanılacağını, bu nedenle gözlük kullanılması gerektiğini belirtir.

Kesici / Delici Cisim
Yapılacak işlemlerde kesici/ delici malzemelerin kullanılacağını, bu tür malzemelerin yaralanmalara sebep olabileceğini gösterir.

Kırılabilir Malzeme
Bu işaret, işlemlerde, kırılabilecek malzemelerin kullanılacağını belirtir. Cam malzemelerin aşırı ısıtılmaması ve ani sıcaklık değişimlerine maruz bırakılmaması gerektiği anlamını taşır.

Toksik (Zehirli) Madde
Bu işaret, solunduğunda ya da ağız yoluyla alındığında zehirleyici (toksik) etkiye sahip maddeler için kullanılır.

Aşındırıcı (Korozif) Madde
Bu işaret, temas hâlinde kimyasal olarak canlı dokulara ciddi zararlar verebilen ya da tamamıyla tahrip edebilen maddeler için kullanılır. Aşındırıcı maddeler metal yüzeyleri de aşındırır.

Patlayıcı Madde
Bu işaret; kıvılcım, ısınma, alev, vurma, çarpma ve sürtünmeye maruz kaldığında patlayabilen maddeler için kullanılır.

Yakıcı (Oksitleyici) Madde
Bu işaret, havasız ortamda bile yanabilen, maddelerle temas ettiğinde alev alabilen veya patlayabilen maddeler için kullanılır.

Yanıcı Madde
Ateşe, güneş ışığına ve ısıya maruz kaldığında yanabilen maddeler için kullanılan uyarı işaretidir.

Tahriş Edici Madde
Düşük şiddette sağlığa zararlı maddeler için kullanılan uyarı işaretidir. Bu tür maddeler ciltte tahrişe sebep olur.

İÇİNDEKİLER

1. ÜNİTE KİMYANIN TEMEL KANUNLARI VE KİMYASAL HESAPLAMALAR

1.1. KİMYANIN TEMEL KANUNLARI 12
- KÜTLENİN KORUNUMU KANUNU 12
- SABİT ORANLAR KANUNU 16
- KATLI ORANLAR KANUNU 21

1.2. MOL KAVRAMI.....25
- BAĞIL ATOM KÜTLESİ.....25
- MOL KAVRAMI.....28
- MOL HESAPLAMALARI 29

1.3. KİMYASAL TEPKİMELER VE DENKLEMLER 35
- KİMYASAL TEPKİME DENKLEMİ 35
- KİMYASAL TEPKİME TÜRLERİ.....37
  - Sentez Tepkimesi.....37
  - Yanma Tepkimesi.....38
  - Analiz Tepkimesi.....39
  - Asit-Baz Tepkimesi.....39
  - Çözünme - Çökelme Tepkimesi 40
- KİMYASAL TEPKİME DENKLEMLERİNİN DENKLEŞTİRİLMESİ.....43

1.4. KİMYASAL TEPKİMELERDE HESAPLAMALAR 47

ÖZET.....54
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI 55

2. ÜNİTE

KARIŞIMLAR

2.1. HOMOJEN VE HETEROJEN KARIŞIMLAR 60

-HETEROJEN KARIŞIMLAR 61

Adi Karışım..... 62

Süspansiyon.....62

Emülsiyon.....63

Aerosol.....64

-HOMOJEN KARIŞIMLAR 66

Çözünme..... 67

İyonik Bileşiklerin Suda Çözünmesi 69

Kovalent Bileşiklerin Suda Çözünmesi 71

-ÇÖZÜNMÜŞ MADDE ORANINI BELİRTEN İFADELER 73

Seyreltik/ Derişik Çözeltiler 73

Yüzde Derişim..... 75

ppm Derişim..... 80

-ÇÖZELTİLERİN DERİŞİME BAĞLI ÖZELLİKLERİ 81

Kaynama Noktası Yükselmesi 82

Donma Noktası Düşmesi 83

2.2. KARIŞIMLARI BİLEŞENLERİNE AYIRMA TEKNİKLERİ 84

Mıknatıs ile Ayırma..... 85

Tane Boyutu Farkından Yararlanarak Ayırma 85

Yoğunluk Farkından Yararlanarak Ayırma 88

Çözünürlük Farkından Yararlanarak Ayırma 90

Kaynama Noktası Farkından Yararlanarak Ayırma 92

Erime Noktası Farkı ile Ayırma 94

ÖZET.....96

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI 97

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI.. 100

SÖZLÜK.....101

KAYNAKÇA.....104

1. ÜNİTE

KİMYANIN TEMEL KANUNLARI VE KİMYASAL HESAPLAMALAR

1.1. KİMYANIN TEMEL KANUNLARI

1.2. MOL KAVRAMI

1.3. KİMYASAL TEPKİMELER VE DENKLEMLER

1.4. KİMYASAL TEPKİMELERDE HESAPLAMALAR

Nefes aldığımız her saniye vücudumuzda ve etrafımızda birçok kimyasal değişim gerçekleşir. Bu esnada maddeler başka maddelere dönüşür. Bu dönüşümler gelişigüzel değil, belirli kimyasal kanunlar çerçevesinde gerçekleşir. Bu kanunlar sayesinde maddelerin; hangi maddelere dönüşeceği, hangi oranlarda oluşacağı, yapıları vb. özelliklerini bilebilmekteyiz.

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

- kimyanın temel kanunlarını açıklayabilecek,
- mol hesaplamaları yapabilecek,
- kimyasal tepkime türlerini karşılaştırabilecek,
- tepkime denklemlerini denkleştirebilecek,
- kimyasal tepkimelerde atom sayısı, molekül sayısı, mol sayısı, kütle vb. kavramlarını ilişkilendirebileceksiniz.

ANAHTAR KELİMELER

- ☆ mol
- ☆ yanma tepkimesi
- ☆ asit-baz tepkimesi
- ☆ sınırlayıcı bileşen
- ☆ tepkime denklemleri
- ☆ kimyasal tepkime
- ☆ kanun
- ☆ sentez (oluşum) tepkimesi
- ☆ çözünme-çökelme tepkimesi
- ☆ analiz (ayrışma) tepkimesi
- ☆ yüzde verim

1.1. KİMYANIN TEMEL KANUNLARI

Bildiğiniz gibi soluduğumuz hava, yediğimiz yiyecekler, kuşlar, böcekler kısaca evrende kütlesi olan her şey maddedir. Maddeler sürekli ayrışmakta, 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 şeklilde 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 konumu 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 kapta tartmış, ardından kömürü bu kapalı kapta yakmıştır. Yanma işlemi tamamlandıktan sonra kabı tekrar tartmış ve kabın kütlesinin değişmediğini fark etmiştir (Görsel 1.1).

Görsel 1.1 Kapalı kapta 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 kanunu**nda 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 Antonie 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

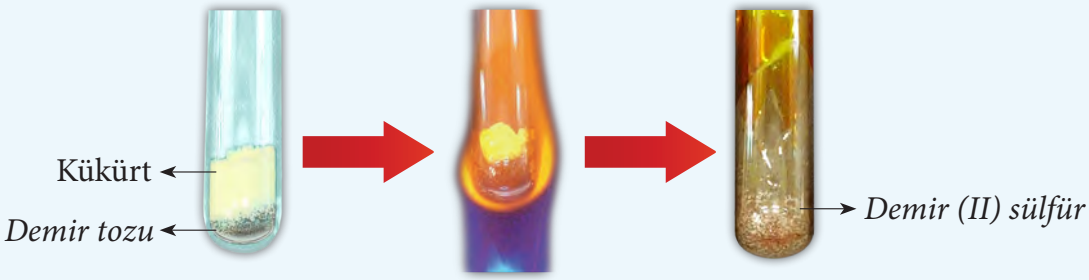
Deneyin Amacı : Elementlerin, kimyasal yollarla bir araya geldiklerinde bileşikleri oluşturduğuna ve bu esnada kütlenin korunduğuna dikkat çekmek.

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 boş cam tüpün 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.

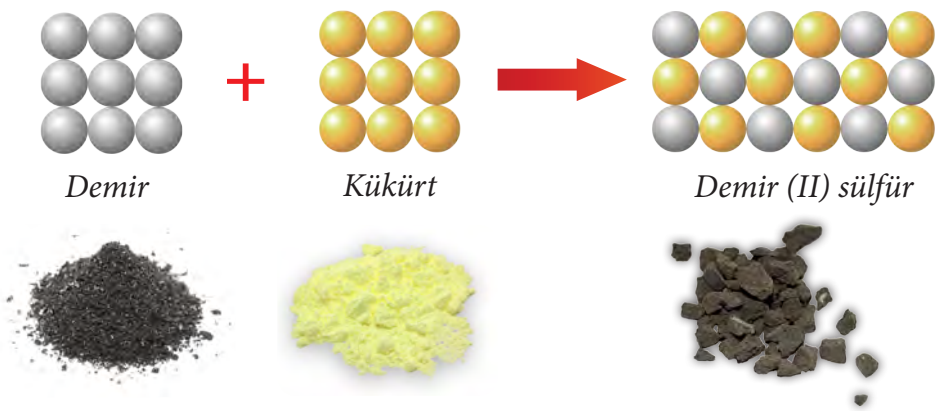
Madde	Renk
Demir	Metalik gri
Kükürt	Sarı
Demir (II) sülfür	Siyah

- 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:

Doğal gaz	+	Oksijen gazı	→	Karbon dioksit gazı + Su buharı
12 g		48 g		33 g ?

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;

a) 56 gram sönmemiş kireç ile kaç gram su karıştırılırsa 74 gram sönmüş kireç elde edilir?

b) 28 gram sönmemiş kireç 9 gram su ile karıştırılırsa kaç gram sönmüş kireç elde edilir?

Sönmemiş kireç + Su → Sönmüş kireç

Çözüm:

a) 74 g – 56 g = 18 g su harcanır.

b) 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, kaçar 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.

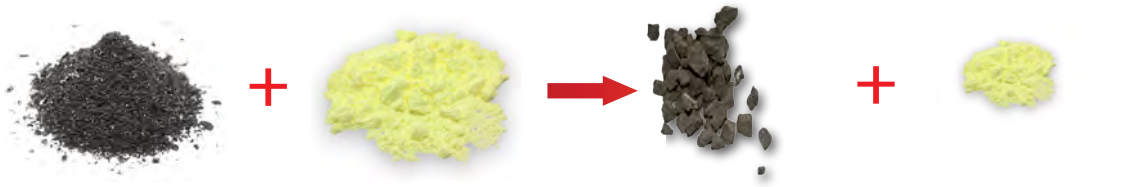
7 g Demir + 4 g Kükürt → 11 g Demir (II) sülfür

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

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

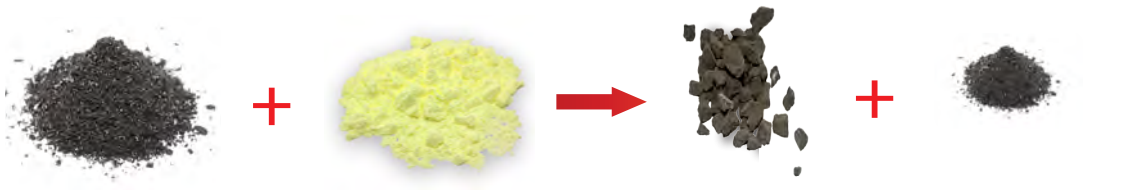
$m_{demir} / m_{kükürt} = 14\ g / 8\ g = \mathbf{7/4}$

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.



7 g Fe | 5 g S | 11 g FeS | 5 g – 4 g = 1 g S

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



12 g Fe | 4 g S | 11 g FeS | 12 g -7 g= 5 g Fe

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

Su bileşiğini oluşturan hidrojen ve oksijen elementlerinin kütleleri arasındaki sabit oran ise 1/8'dir. Buna göre, 9 gram suyun 1 gramı hidrojen, 8 gramı oksijen elementinden oluşurken; 18 gram suyun 2 gramını hidrojen, geriye kalanını da oksijen elementi oluşturmaktadır.

Hidrojen gazı	+	**Oksijen gazı**	⟶	**Su buharı**
1 g		8 g		9 g
				$m_H/m_O = 1\ g / 8\ g = 1/8$
2 g		16 g		18 g
				$m_H/m_O = 2\ g / 16\ g = 1/8$
3 g		24 g		27 g
				$m_H/m_O = 3\ g / 24\ g = 1/8$

Suyu oluşturan elementlerin kütlece yüzdesini hesaplarsak;

9 gram suyun ⟶ 1 gramı hidrojen ise

100 gram suyun ⟶ 11,1 gramı hidrojendir.

100 gram suyun 11,1 gramı hidrojen elementi ise geri kalanı yani 88,9 gramı oksijen elementidir. Buna göre, su bileşiğinin 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 bileşiği kütlece % 52,2 karbon (C), % 13 hidrojen (H) ve % 34,8 oksijen elementlerinden oluşmaktadır.

3. Uygulama

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

a) 15 gram kalsiyum elementi ile kaç gram oksijen elementi birleşir?

b) Toplam kaç gram kalsiyum oksit bileşiği oluşur?

Çözüm:

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

3 katı ↓ 3 katı ↓

15 gram kalsiyum elementi ile 3 X 2= 6 gram oksijen birleşir.

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

4. Uygulama

Karbon monoksit bileşiğinde karbon ve oksijen elementlerinin kütlece birleşme oranı ¾' tür. Eşit kütlelerde karbon ve oksijen elementleri bir araya getirildiğinde 14 gram karbon monoksit bileşiği oluşmaktadır. Buna göre;

a) 14 gram karbon monoksit bileşiğinin kaç gramı karbon, kaç gramı oksijen elementidir?

b) Hangi elementten kaç gram artmıştır?

Çözüm:

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

2 katı	2 katı	2 katı
6 gram karbon	8 gram oksijen	14 gram bileşik

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 kaçar gram harcanmıştır?

Çözüm:

AB_2 bileşiğinin kütlesi;

- 3 g A + 8 g B = 11 gramdır.
- 11 gram bileşiğin 3 gramı A ise

  44 gram bileşiğin ?

  ?= 3 × 44/11 ?= 12 gram

Yani 44 gram bileşikte 12 gram A bulunmaktadır.

- 44 g bileşik - 12 g A = 32 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 g Y + 15 g X = 50 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 Daltın) 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 kanunu**nda ifade edilmiştir. Bu kanuna göre;

Görsel 1.5 John Dalton

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

Örneğin karbon dioksit (CO_2) ve karbon monoksit (CO) bileşiklerinde, her iki bileşikteki karbonların veya oksijenlerin kütleleri arasındaki oran katlı orandır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 1.1) CO_2 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 CO_2 ve CO bileşiklerindeki elementlerin kütleleri

Tabloya göre CO_2 bileşiğindeki oksijen elementinin kütlesinin CO bileşiğindeki oksijen elementinin kütlesine oranı;

$$\mathbf{m_{O_1}/m_{O_2} = 32/16}$$

$$\mathbf{= 2/1}$$ **(oksijen elementleri arasındaki katlı oran)**

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 kütlesini 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;

$$m_{C_1}/m_{C_2} = 12/24$$

$$= 1/2 \text{ (karbonlar arasındaki katlı oran)}$$

Katlı oranlar kanunu sadece aynı elementlerden oluşan farklı bileşiklerde geçerlidir. Örneğin CH_2O ve CH_4 bileşikleri arasında katlı oran yoktur. Çünkü "C" ve "H" elementleri her iki bileşikte de bulunmasına rağmen "O" elementi CH_4 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;

a) Demir elementleri arasındaki katlı oran nedir?

b) Oksijen elementleri arasındaki katlı oran nedir?

Çözüm:

a) 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 g × 3 = 84 g	8 g × 3 = 24 g
2. Bileşik	56 g	24 g

$m_{Fe_1}/m_{Fe_2} = 84/56$
$= 3/2$

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 g × 2 = 56 g	8 g × 2 = 16 g
2. Bileşik	56 g	24 g

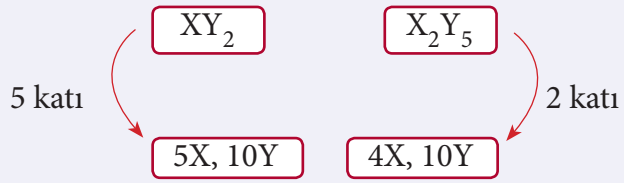
$m_{O_1}/m_{O_2} = 16/24$
$= 2/3$

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.



- $m_{X_1}/m_{X_2} = 5/4$

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) bileşiğinde hidrojen ve flor elementlerinin kütlece birleşme oranı deneysel olarak 1/19'dur. HF bileşiği 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 **bağıl atom kütlesi** denir. Buna göre oksijenin bağıl 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 kütlesinin 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 kütlesinin 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. Oksijenin16, 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 kütlesini 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:

Ortalama atom kütlesi = (1. İzotopun kütlesi × 1. izotopun yüzdesi)
+
(2. İzotopun kütlesi × 2. izotopun yüzdesi)
+
……..

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 x 98,90 / 100) + (13,00335 x 1,10/100) = 12,01 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

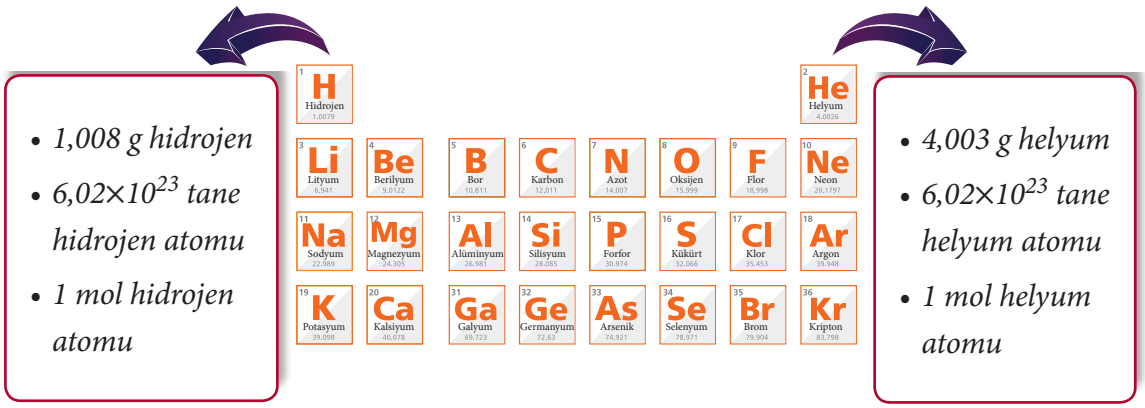
MOL KAVRAMI

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

Karbon-12'nin bağıl atom kütlesi kadar gram miktarında 1 mol karbon atomu bulunduğuna göre 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 kütlesine sayıca eşit gram miktarı kadardır.

Periyodik sistemde element sembolünün altında yer alan sayı hem o elementin 1 atomunun akb cinsinden bağıl atom kütlesini hem de o elementin gram cinsinden 1 molünün kütlesini temsil etmektedir (Görsel 1.9). Bu nedenle bir elementin kütlesi verilirken bağıl atom kütlesi 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 kütlesi** olarak adlandırılır. Örneğin helyum elementinin mol kütlesi 4,003 gram, karbon elementinin mol kütlesi 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 kütlesi 4,008 gram yerine hesaplamalarda 4 gram alınabilir.

BİLGİ NOTU

- Mol sayısı "n" harfi ile, Avogadro sayısı ise N_A sembolü ile, mol kütlesi 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 ilişkiden 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 x 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 sayısıyla 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)

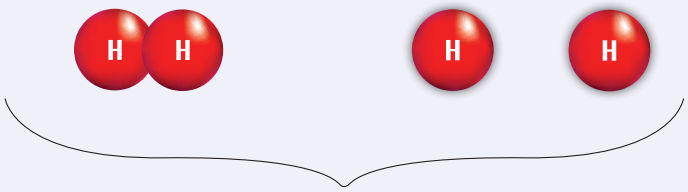
a) H_2 **b)** Cl_2

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

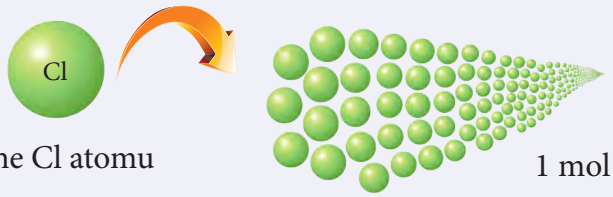


1 tane hidrojen molekülü 2 tane hidrojen atomu içerdiğinden, 1 mol hidrojen molekülü de 2 mol hidrojen atomu içerir.

- 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.

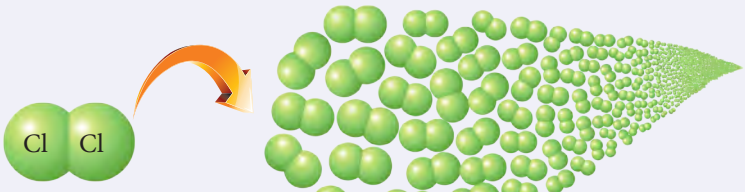
b)

- 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 x 35,5=71 g'dır.
- Buna göre klor elementinin mol kütlesi 71 g/mol'dür.



1 tane Cl atomu

1 mol Cl atomu = 35,5 g



1 tane Cl_2 molekülü

1 mol Cl_2 molekülü = 71 g

Element atomlarının mol kütleleri bilindiğinde elementlerin belirli oranlarda birleşerek oluşturdukları bileşiklerin mol kütleleri de hesaplanabilir. Örneğin hidrojen ve oksijen elementlerinin oluşturduğu su (H_2O) bileşiğinin mol kütlesini hesaplayalım. (H:1, O:16) :

★ 1 tane H_2O molekülü 1 tane oksijen atomu, 2 tane hidrojen atomu içerir.

★ 1 mol H_2O molekülü 1 mol oksijen atomu, 2 mol hidrojen atomu içerir.

H_2O

1 x 16 g= 16 g/mol

2 x 1 g= 2 g/mol

16 g O + 2 g H = 18 g/mol H_2O

Buna göre suyun mol kütlesi 18 g/mol'dür.

Elementlerin mol kütlelerinin gösteriminde olduğu gibi bileşiklerin mol kütleleri de bileşik formülünün yanında birimle veya birimsiz olarak verilir. Örneğin suyun mol kütlesi H_2O: 18 veya H_2O: 18 g/mol şeklinde gösterilir.

11. Uygulama

N_2O_4 bileşiğinin,

a) mol kütlesini

b) 0,5 molünün kaç gram olduğunu hesaplayınız.

Çözüm:

a) **N_2O_4**

4 x 16 g= 64 g

2 x 14 g= 28 g

64 g oksijen+ 28 g azot= 92 g N_2O_4 bileşiği

N_2O_4 bileşiğinin mol kütlesi: 92 g/mol'dür.

b) 1 mol N_2O_4 92 g ise;

0,5 mol N_2O_4 46 g'dır.

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;

a) Kaç mol olduğunu,

b) Kaç tane oksijen atomu içerdiğini hesaplayınız. (CO_2: 44 g/mol)

Çözüm:

a) 44 g CO_2 ⟶ 1 mol CO_2

22 g CO_2 ⟶ ?

? = 0,5 mol CO_2

b) 1 mol CO_2 ⟶ 2 mol oksijen atomu içerdiğinden

0,5 mol CO_2 ⟶ 1 mol oksijen atomu içerir.

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

13. Uygulama

C_2H_5OH bileşiğinin;

a) 1 molünde kaç mol hidrojen atomu bulunduğunu,

b) 1 molünde kaç tane karbon atomu bulunduğunu,

c) Mol kütlesini,

d) 92 gramının kaç mol olduğunu hesaplayınız (C:12, H:1, O:16).

Çözüm:

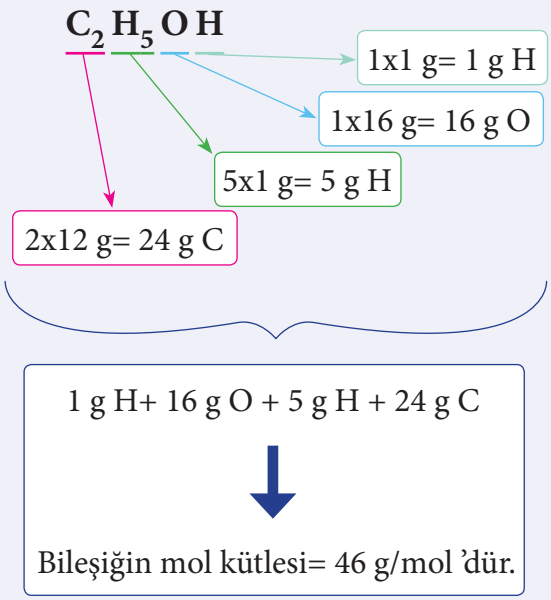
a) 1 mol C_2H_5OH bileşiğinde 5+1= 6 mol hidrojen atomu bulunmaktadır.

b) 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)



d) 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.

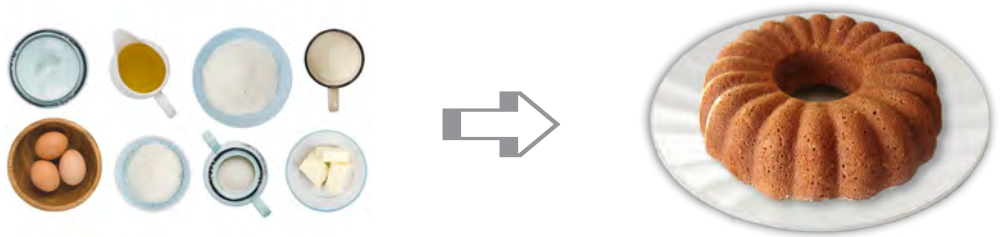
Örneğin;

> *“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.

$$\underbrace{\underset{\text{Hidrojen}}{2\,H_2} + \underset{\text{Oksijen}}{O_2}}_{\text{Tepkimeye giren maddeler}} \longrightarrow \underbrace{\underset{\text{Su}}{2\,H_2O}}_{\text{Ürünler}}$$

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).



Tepkimeye girenler Ürün

Görsel 1.8 *Kek ve içindeki malzemeler*

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

Denklemde 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 bulunduğundan 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 ⟶ (k)

Sıvı ⟶ (s)

Gaz ⟶ (g)

Örneğin karbonun yanma tepkimesi aşağıdaki gibi yazılır:

$$\mathbf{C\ (k) + O_2\ (g) \longrightarrow CO_2\ (g)}$$

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

$$Mg\,(k) + 2\,HCl\,(aq) \longrightarrow MgCl_2\,(aq) + H_2\,(g)$$

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 dönüşemez, 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:

$$2\,H_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,H_2O\,(s)$$

Hidrojen gazı — Oksijen gazı — Su

$$CaO\,(k) + CO_2\,(g) \rightarrow CaCO_3\,(k)$$

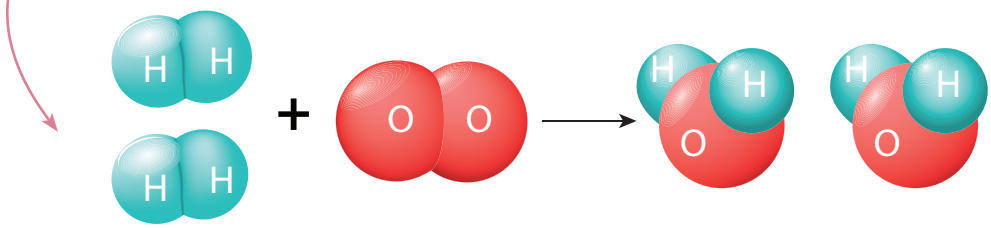
Sönmemiş kireç — Karbon dioksit gazı — Kireç taşı

N_2 (g)	+	3 H_2 (g)	→	2 NH_3 (g)
Azot gazı		Hidrojen gazı		Amonyak
C (k)	+	O_2 (g)	→	CO_2 (g)
Karbon		Oksijen gazı		Karbon dioksit gazı

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:

2 H_2 (g)	+	O_2 (g)	→	2 H_2O (s)
Hidrojen gazı		Oksijen gazı		Su



C (k)	+	O_2 (g)	→	CO_2 (g)
Karbon		Oksijen gazı		Karbon dioksit gazı
4 Fe (k)	+	3 O_2 (g)	→	2 Fe_2O_3 (k)
Demir		Oksijen gazı		Demir (III) oksit

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:

$$CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) + H_2O\,(g)$$

Metan gazı (Doğalgaz) | Oksijen gazı | Karbon dioksit gazı | Su

Solunum olayı da bir yanma tepkimesidir:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O$$

Glikoz | Oksijen | Karbon dioksit | Su

3. Analiz (ayrışma) tepkimesi

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

$$H_2O\,(s) \rightarrow H_2\,(g) + \tfrac{1}{2}\,O_2\,(g)$$

$$CaCO_3\,(k) \rightarrow CaO\,(k) + CO_2\,(g)$$

$$HgO(k) \rightarrow Hg\,(s) + \tfrac{1}{2}\,O_2\,(g)$$

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.

Asit + Baz → Tuz + Su

$$HCl\,(aq) + NaOH\,(aq) \rightarrow NaCl\,(aq) + H_2O\,(s)$$

Asit | Baz | Tuz | Su

$$H_2SO_4\,(aq) + 2\,KOH\,(aq) \rightarrow K_2SO_4\,(aq) + 2\,H_2O\,(s)$$

Asit | Baz | Tuz | Su

5. Çözünme - çökelme tepkimesi

İki farklı iyonik bileşiğin sulu çözeltileri karıştırıldığında, bileşiklerin bileşenleri tepkimeye girip suda çözünmeyen katı madde oluşturuyorsa bu tür tepkimelere **çözünme-çökelme 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.

$$\underset{\text{Çözelti}}{Na_2CO_3\,(aq)} + \underset{\text{Çözelti}}{CuCl_2\,(aq)} \rightarrow \underset{\text{Çözelti}}{2\,NaCl\,(aq)} + \underset{\text{Çökelti}}{CuCO_3\,(k)}$$

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

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

$$\underset{\text{Çözelti}}{NaCl\,(suda)} + \underset{\text{Çözelti}}{AgNO_3\,(suda)} \rightarrow \underset{\text{Çökelti}}{AgCl\,(k)} + \underset{\text{Çözelti}}{NaNO_3\,(suda)}$$

Aşağıdaki deneyde çözünme-çökelme tepkimesine bir örnek yer almaktadır:

2. Deney

Deneyin Adı : Kurşun (II) iyodürün çökmesi

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

Kullanılan Kimyasal Maddeler

- Potasyum iyodür (KI)
- Kurşun (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$)
- 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 dibe çökmesi beklenir.

Sonuç

- Potasyum iyodür (KI) çözeltisinde potasyum (K^+) ve iyot (I^-) iyonları suda çözünmüş hâlde bulunmaktadır.
- Kurşun (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) çözeltisinde ise kurşun (Pb^{2+}) ve nitrat (NO_3^-) iyonları suda çözünmüş 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 dibe çöker.
- Potasyum ve nitrat iyonları ise tepkimeye girmezler ve karışımda çözünmüş olarak bulunur.
- Tepkime denklemi aşağıdaki gibidir:

$$2\,KI\,(aq) + Pb(NO_3)_2\,(aq) \rightarrow PbI_2\,(k) + 2\,KNO_3\,(aq)$$

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.

a) SO_3 (g) + H_2O (s) → H_2SO_4 (suda)

b) 2 CO (g) + O_2 (g) → 2 CO_2 (g)

c) H_2O_2 (s) → H_2O (s) + ½ O_2 (g)

ç) $CaCl_2$ (suda) + K_2SO_4 (suda) → $CaSO_4$ (k) + 2 KCl (suda)

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.

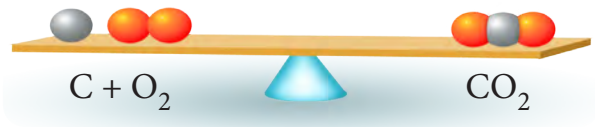
Kimyasal tepkime denklemleri sayesinde tepkimeye giren ve oluşan maddelerin miktarları hesaplanır. Bunun için tepkime denklemi kütlenin korunumu kanununa uygun olması gerekmektedir. Kütlenin korunumu kanununa göre kimyasal değişimlerde atom sayısı ve türü değişmediğinden tepkimeye giren maddelerin atom türü ve sayısı ile ürünlerdeki atom türü ve sayısı aynı olmalıdır. Denklemdeki 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.

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \text{(Denkleşmiş tepkime)}$$

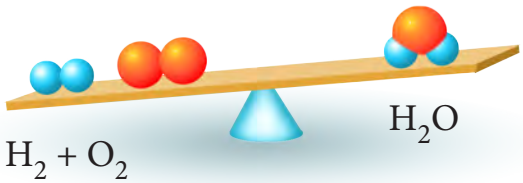
1 tane C atomu — 2 tane O atomu — 1 tane C atomu, 2 tane O atomu



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

$$H_2 + O_2 \not\rightarrow H_2O \quad \text{(Denkleşmemiş tepkime)}$$

2 H atomu — 2 O atomu — 2 H atomu, 1 O atomu



- Suyun oluşum tepkimesinde, girenler ve ürünlerdeki atomlar sayıldığında hidrojen atomlarının sayısının denk olduğu ancak oksijen atomlarının sayısının denk olmadığı görülür.

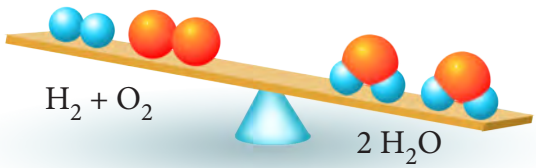
- Ürünlere 1 tane su molekülü eklenirse ürünlerdeki oksijen atomunun sayısı 2 olur. Bu durumda su molekülünden 2 tane olacağından, su moleküllerini ayrı ayrı yazmak yerine molekülün önüne 2 **katsayı**sı konulur. Katsayı, semboldeki veya formüldeki bütün atomları etkiler.

$$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O + H_2O$$

2 H atomu — 2 O atomu — 2 H atomu, 1 O atomu — 2 H atomu, 1 O atomu

$$H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$$

2 H atomu — 2 O atomu — 4 H atomu, 2 O atomu



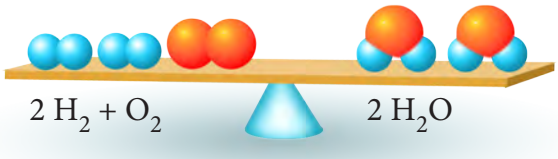
- Su molekülünün katsayısı 2 olduğunda atomların sayıları yukarıdaki gibi olur.

- Oksijenlerin sayısının eşitlenmesi hidrojenlerin denkliğini bozduğundan, hidrojenlerin sayısını eşitlemek için girenler kısmına bir tane hidrojen molekülü eklenir.

$$H_2 + H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$$

$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$$

4 H atomu — 2 O atomu — 4 H atomu, 2 O atomu



- 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, kütlenin 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.

$$H_2 + O_{\cancel{2}} \not\rightarrow H_2O$$

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:

$$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$$

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;

$$Fe_2O_3 + C \rightarrow CO_2 + Fe$$

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.

$$2\,Fe_2O_3 + C \rightarrow 3\,CO_2 + Fe$$

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

$$2\ Fe_2O_3 + 3\ C \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ Fe$$

15. Uygulama

Aşağıda verilen tepkimelerin denk olup olmadığını belirtiniz.

a) $Ca(OH)_2\ (k) \rightarrow CaO(k) + H_2O\ (s)$

b) $KClO_3\ (k) \rightarrow KCl\ (k) + 3\ O_2\ (g)$

Çözüm:

a) Denkleşmiş bir tepkimedir.

b) Girenler kısmında 3 tane oksijen, ürünler kısmında 3x2=6 tane oksijen atomu olduğundan tepkime denk değildir.

16. Uygulama

Aşağıdaki tepkimeleri denkleştiriniz.

a) $NCl_3\ (g) \rightarrow N_2\ (g) + Cl_2\ (g)$

b) $C_4H_{10} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

c) $CaO + H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + H_2O$

Çözüm:

a) $2\ NCl_3\ (g) \rightarrow N_2\ (g) + 3\ Cl_2\ (g)$

b) $C_4H_{10} + 13/2\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O$

c) $3\ CaO + 2\ H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3\ H_2O$

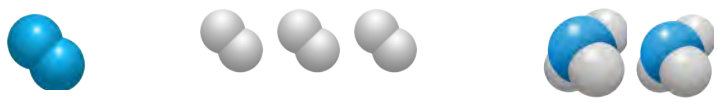
1.4. KİMYASAL TEPKİMELERDE HESAPLAMALAR

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 denkleminden yararlanarak hesaplanır.

$$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \rightarrow 2\,NH_3\,(g) \qquad \text{(N: 14, H:1)}$$



Azot gazı Hidrojen gazı Amonyak

- Tepkimedeki katsayılara 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.

	$N_2\,(g)$	+ $3\,H_2\,(g)$	$\rightarrow$ $2\,NH_3\,(g)$
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 x 22,4 L hacim kaplar.

BİLGİ NOTU

Normal şartlar; basıncın 1 atmosfer, sıcaklığın 0 °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 x 2 g H_2		2 x 17 g NH_3
22,4 L N_2		3 x 22,4 L H_2		2 x 22,4 L NH_3

17. Uygulama

$$CH_{4\,(g)} + 2\,O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2\,H_2O_{(g)}$$

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

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

a) Kaç gram oksijen gazına ihtiyaç vardır?

b) Kaç gram CO_2 gazı elde edilir?

c) Oluşan su buharı normal şartlar altında kaç L hacim kaplar?

Çözüm:

a) CH_4'ın mol kütlesi = 12 g + 4 g = 16 g/mol

→ 4 x 1 g = 4 g H

→ 12 g C

1 mol CH_4 16 g ise, 32 g CH_4 2 moldür. Buna göre;

	CH_4	+	$2\ O_2$	→	CO_2	+	$2\ H_2O$
Başlangıç:	**2 mol**		**?**		–		–

Katsayılara bakıldığında;

1 mol CH_4 için → 2 mol O_2 gerekiyorsa,

2 mol CH_4 için → **4 mol** O_2 gerekmektedir.

1 mol O_2 → 2 x 16= 32 gram olduğundan

4 mol O_2 → 4 x 32= **128** gramdır.

b) $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$

1 mol CH_4'ten → 1 mol CO_2 oluşuyorsa,

2 mol CH_4'ten → 2 mol CO_2 oluşur.

1 mol CO_2 → 12g C + 32 g O = 44 g ise

2 mol CO_2 → 2 × 44 = 88 g'dır.

c) 2 mol CH_4 molekülünden 4 mol H_2O elde edilir.

1 mol gaz NŞA'da → 22,4 L hacim kapladığından

4 mol gaz (H_2O) → 4 x 22,4= **89,6** L hacim kaplar.

Bu ünitede 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?

	$2\,H_2$	+	O_2	→	$2\,H_2O$
Başlangıç:	4 mol		3 mol		_
Tep. Sırasında:	- 4 mol		- 2 mol		+ 4 mol
Tep. Sonunda:	0 mol		1 mol		4 mol

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.

$$Mg\,(k) + 2\,HCl\,(aq) \rightarrow MgCl_2\,(aq) + H_2\,(g)$$

(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.

	$Mg\ (k)$	+	$2\ HCl\ (aq)$	$\rightarrow$	$MgCl_2\ (aq)$	+	$H_2\ (g)$
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.

	$Mg\ (k)$	+	$2\ HCl\ (aq)$	$\rightarrow$	$MgCl_2\ (aq)$	+	$H_2\ (g)$
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 × 36= 72 gramdır. Yani 72 g HCl artar.

b) Tepkimeye göre;

- 1 mol Mg' dan 1 mol H_2 oluştuğundan $\rightarrow$ 0,5 mol Mg'dan 0,5 mol H_2 oluşur.
- 1 mol H_2 2 gram ise $\rightarrow$ 0,5 mol H_2 1 gramdır.
- Tepkime sonucunda 1 g H_2 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.

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

Doğalgazın yanma tepkimesinin yüzde verimini hesaplayalım:

$$CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) + 2\,H_2O(g)$$

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

Başlangıçta 16 g (1 mol) CH_4 ile 64 g (2 mol) O_2 tepkimeye sokulduğunda teorik olarak 44 g (1 mol) CO_2 ve 36 g (2 mol) H_2O' yun oluşmasını bekleriz.

	$CH_4\,(g)$ +	$2\,O_2\,(g)$ →	$CO_2\,(g)$ +	$2\,H_2O(g)$
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

CO_2' e göre teorik verim= 44 g

Ölçümler sonucu 40 g CO_2 elde edildiğini varsayalım. Bu durumda;

CO_2' 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

$CaCO_3$ (k) → CaO (k) + CO_2 (g)

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 $CaCO_3$ bileşiğinden % 60 verimle, kaç gram CaO bileşiği elde edilmiştir?

Çözüm:

- $CaCO_3$ bileşiğinin mol kütlesi 100 gramdır. Buna göre 400 gram bileşik 4 moldür.
- Teorik olarak 1 mol $CaCO_3$'tan 1 mol CaO oluşması beklenmektedir. Buna göre 4 mol $CaCO_3$'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 türlerindendir.
  - 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)

$SO_3(g) + H_2O(g) \rightarrow H_2SO_4(s)$

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

2- Aşağıdaki tepkimelerden hangisi oluşum tepkimesidir?

A) $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

B) $KClO_3 \rightarrow 2\,KCl + 3\,O_2$

C) $CO + 2\,H_2 \rightarrow CH_3OH$

D) $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + 2\,H_2O$

3- 3 mol $CaCO_3$ katısı ile ilgili, aşağıda verilen ifadelerden hangisi <u>yanlıştır</u>? (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?

$P_4O_{10} + C \rightarrow P_4 + CO$

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) CH_2O – C_2H_4

B) NO_2 - N_2O_5

C) NaCl - KCl

D) H_2S - H_2O

8- Aşağıda verilen bilgilerden hangisi <u>yanlıştır?</u>

A) Bağıl atom kütlesi C-12 izotopu referans alınarak hesaplanmaktadır.

B) Proton sayıları aynı, nötron sayıları farklı atomlar izotop atomlardır.

C) Bağıl atom kütlesinin 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- **$CO + ½\ O_2 \rightarrow CO_2$ tepkimesiyle ilgili başlangıçta her iki maddeden de 2 mol olduğuna göre aşağıdaki ifadelerden hangisi <u>yanlıştır?</u>**

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 bileşikteki 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 <u>yanlıştır</u>?**

A) Asit-baz tepkimesidir.

B) Tepkime denk değildir.

C) 2 mol HCl harcandığında 2 mol su oluşur.

D) Ürün olarak sadece tuz oluşmuştur.

2. ÜNİTE

KARIŞIMLAR

2.1. HOMOJEN VE HETEROJEN KARIŞIMLAR

2.2. AYIRMA VE SAFLAŞTIRMA TEKNİKLERİ

Fotoğrafta görüldüğü gibi, neden bazı maddeler deniz suyunda çözünürken, bazıları çözünmez?

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

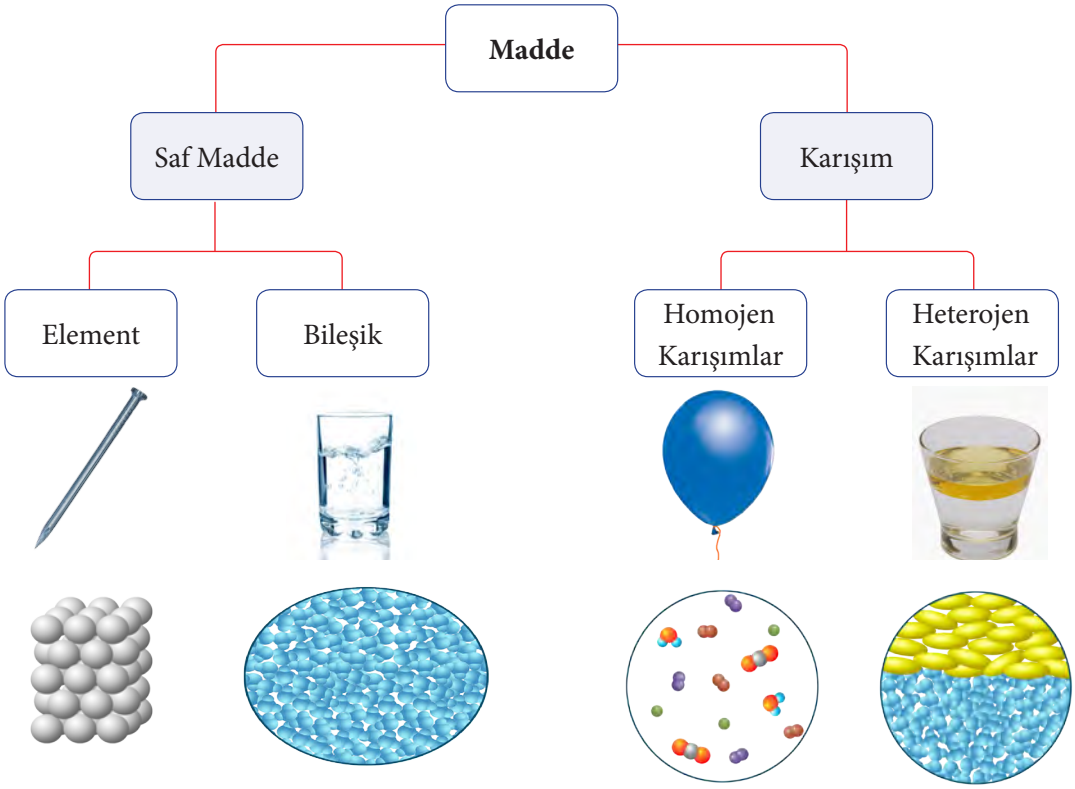
- Karışımları niteliklerine göre sınıflandırabilecek,
- Çözünme sürecini moleküler düzeyde açıklayabilecek,
- Çözünmüş madde oranını belirten ifadeleri yorumlayabilecek,
- Çözeltilerin özelliklerini günlük hayattan örneklerle açıklayabilecek,
- Endüstri ve sağlık alanlarında kullanılan karışım ayırma tekniklerini açıklayabileceksiniz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

✰ homojen karışım (çözelti)	✰ damıtma	✰ adi karışım
✰ heterojen karışım	✰ koloit	✰ çözünme
✰ koligatif özellik	✰ ppm	✰ süspansiyon
✰ kristallendirme	✰ derişim	✰ aerosol
✰ yüzdürme (flotasyon)	✰ çözücü	✰ süzme
✰ özütleme (ekstraksiyon)	✰ emülsiyon	✰ çözünen
✰ diyaliz		

2.1. HOMOJEN VE HETEROJEN KARIŞIMLAR

Önceki yıllardan hatırlayacağımız gibi maddeler saf madde ve karışım olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. Oksijen, altın gibi elementler ile su, asit, baz, tuz gibi bileşikler saf maddedir. Saf maddeler, aralarında kimyasal tepkime gerçekleştirmeden gelişigüzel oranlarda bir araya geldiklerinde **karışım** elde edilir. Buna göre şekerli su, hava gibi maddeler birden fazla sayıda saf madde içerdiğinden karışımdır.



Görsel 2.1 Maddelerin sınıflandırılması

Karışımların bazı temel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Karışımlar belirli bir kimyasal formülle ifade edilemez çünkü karışımı oluşturan bileşenlerin oranları sabit değildir, değişebilir. Örneğin birçok farklı tatta şekerli su karışımı oluşturulabilir.
- Karışımdaki her bir bileşen özelliğini yitirmez, kendi kimliğini korur. Çünkü karışımı oluşturan bileşenler arasında kimyasal tepkime gerçekleşmez. Örneğin şekerli su karışımında şekerle su arasında kimyasal bağ oluşmadığından şeker kendi kimliğini, su kendi kimliğini korur.
- Karışımlar bileşenlerine fiziksel yöntemlerle ayrılabilir.

Karışımlar, karışımı oluşturan bileşenlerin birbiri içinde dağılma şekline göre homojen ve heterojen karışım olmak üzere iki gruba ayrılır. Fen bilgisi dersinden de hatırlayacağınız gibi tek madde görünümünde olan yani her yerinde aynı özelliği gösteren karışımlara **homojen karışımlar** denir. Tuzlu su, hava homojen karışımlara örnektir. Homojen karışımlar **çözelti** olarak da adlandırılır. Her yerinde aynı özelliği göstermeyen karışımlar ise **heterojen karışımlar**dır. Çorba, Türk kahvesi gibi karışımlar heterojen karışımlara örnektir.

Karışımın homojen mi yoksa heterojen mi olduğunu, karışımı oluşturan bileşenlerin hangi boyuta kadar parçalara ayrıldığı belirler. Karışımı oluşturan bileşenler taneciklerine (atom, molekül, iyon) kadar ayrılmışsa karışım homojendir. Heterojen karışımlarda ise bileşenler birbiri içinde dağılırken çeşitli büyüklükteki parçalara ayrılırlar ancak taneciklerine (atom, iyon, molekül) kadar ayrılmazlar.

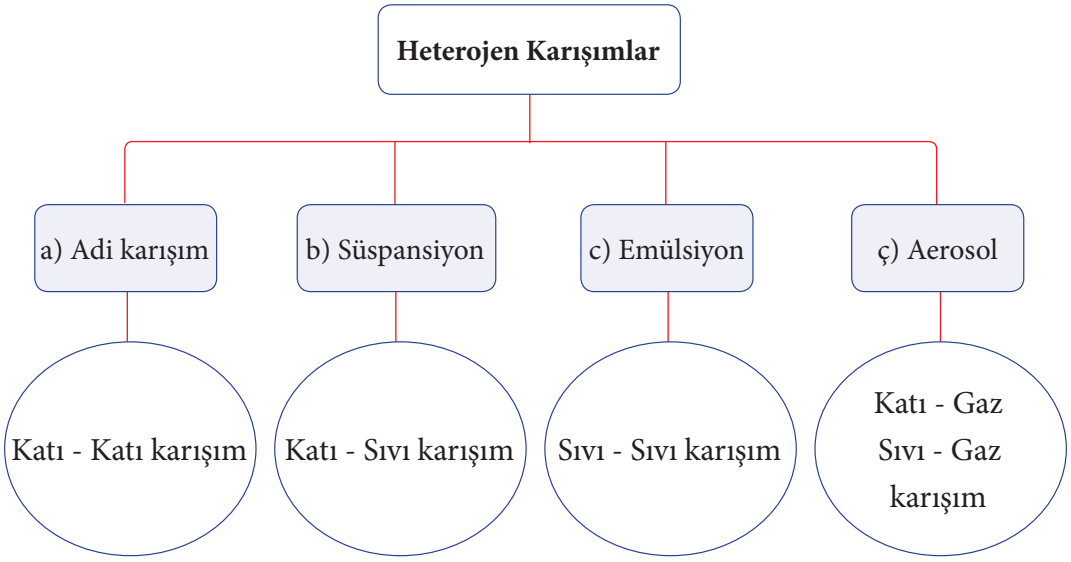
HETEROJEN KARIŞIMLAR

Karışımı oluşturan bileşenlerin karışımın her yerine eşit olarak dağılmadığı, dolayısıyla karışımın her yerinde aynı özelliğin bulunmadığı karışım türüdür. Örneğin heterojen bir karışım olan sıvı yağ-su karışımında karışımın üst tarafında yağ, dipte su bulunur. Yani karışımın üst tarafıyla dibi farklı özelliklere sahiptir.

Görsel 2.2 Sıvıyağ-Su karışımı

Bileşenler karışımın her yerine eşit olarak dağılmadığından heterojen karışımlarda farklı katmanlar oluşur. Birbirinden farklı özelliklere sahip bu katmanlara **faz** denir. Fazlar birbirinden çoğunlukla çıplak gözle görebileceğimiz sınırlarla ayrılır. Örneğin sıvı yağ-su karışımında su ve sıvı yağ olmak üzere iki faz görünür. Heterojen karışımları iki veya daha fazla faza sahip karışım olarak da tanımlayabiliriz.

Çamur, süt, meyve ve sebzeler, pişirdiğimiz yemekler, oturduğumuz ev, hayvanlar vb. heterojen karışımdır. Heterojen karışımlar dağılan maddenin ve dağılma ortamının fiziksel hâline göre sonraki sayfada yer alan şemada belirtildiği gibi çeşitli sınıflara ayrılır:



Görsel 2.2 Heterojen karışımların sınıflandırılması

a) Adi Karışım

Adi karışım, katı bileşenlerden oluşan heterojen karışımlardır. Kuruyemiş, toprak, salata, çöplük, hurdalık vb. karışımlar adi karışımlardır. Adi karışımlarda dağılan madde ve dağılma ortamı ayrımı yapılmaz çünkü karışımdaki bileşenler rastgele olacak şekilde bir aradadır, dağılma olayı görülmez.

Görsel 2.3 Adi karışım örnekleri (Kuruyemiş ve salata)

b) Süspansiyon

Katı hâldeki madde veya maddelerin sıvı hâldeki madde içinde asılı kalmasıyla veya çözünmeden dağılmasıyla oluşan heterojen karışımlara süspansiyon denir. Ayran, çamur, hoşaf, pişmiş Türk kahvesi vb. karışımlar süspansiyon karışımlara örnektir. Bu süspansiyon karışımlarda yeterince beklendiğinde katı maddenin dibe çöktüğünü gözlemleriz.

Görsel 2.4 Süspansiyon karışım örnekleri (Türk kahvesi ve Ayran)

Süspansiyon karışımlarda dağılan madde katı hâlde, dağılma ortamı ise sıvı hâldedir. Tablo 2.1'de bazı süspansiyon karışım örnekleri yer almaktadır:

Süspansiyon örnekleri	Dağılan madde/Fiziksel hâli	Dağılma ortamı/Fiziksel hâli
Ayran	Yoğurt / Katı	Su / Sıvı
Çamur	Toprak / Katı	Su / Sıvı
Hoşaf	Elma / Katı	Su / Sıvı
Pişmiş Türk kahvesi	Kahve / Katı	Su / Sıvı

Tablo 2.1 Süspansiyon karışımlarda dağılan madde ve dağılma ortamı

c) Emülsiyon

Sıvı hâldeki maddelerin birbiri içinde çözünmeden dağılmasıyla oluşan heterojen karışımlara **emülsiyon** denir. Sıvı yağ-su, benzin-su karışımları emülsiyondur. Bu tür emülsiyon karışımlarda fazları ayrı ayrı görebiliriz. Emülsiyon karışımlarda hem dağılan madde hem de dağılma ortamı sıvı hâldedir. Tablo 2.2'de bazı emülsiyon karışım örnekleri yer almaktadır.

Görsel 2.5 Emülsiyon karışım (Sıvı yağ- Su)

Emülsiyon örnekleri	Dağılan madde/Fiziksel hâli	Dağılma ortamı/Fiziksel hâli
Benzin-Su	Benzin / Sıvı	Su / Sıvı
Sıvı yağ-Su	Sıvı yağ / Sıvı	Su / Sıvı
Karbon tetraklorür - Su	Karbon tetraklorür / Sıvı	Su / Sıvı

Tablo 2.2 Emülsiyon karışımlarda dağılan madde ve dağılma ortamı

ç) Aerosol

Katı parçaçıklarının veya sıvı damlacıklarının gaz hâldeki madde boyunca dağılması ile oluşan karışımdır. Örneğin su damlacıklarının havada dağılması ile oluşan sis aerosol bir karışımdır. İs, kurum gibi parçaların havada dağılması sonucu oluşan duman da aerosoldür. Bulut, spreyler, deodorantlar da aerosol karışımlara örnektir.

Örneklerden de anlaşılacağı gibi aerosol karışımlarda dağılan madde katı veya sıvı hâlde, dağılma ortamı ise gaz hâldedir. Tablo 2.3'te bazı aerosol karşım örnekleri yer almaktadır:

Aerosol örnekleri	Dağılan madde/Fiziksel hâli	Dağılma ortamı/Fiziksel hâli
Sis	Su damlacıkları / Sıvı	Hava / Gaz
Duman	İs, Kurum / Katı	Hava / Gaz
Bulut	Su damlacıkları / Sıvı	Hava / Gaz

Tablo 2.3 Aerosol karışımlarda dağılan madde ve dağılma ortamı

1. Uygulama

Aşağıda verilen karışım örneklerinin genel olarak hangi bileşenlerden oluştuğunu ve karışımın türünü inceleyelim:

Karışım	Bileşenleri	Karışım türü
a) Demlenmiş çay	Çay yaprakları - Su	Süspansiyon (heterojen)
b) Kolonya	Etil alkol - Su	Çözelti (homojen)
c) Süt	Yağ - Su	Emülsiyon (heterojen)
ç) Tozlu hava	Toz - Hava	Aerosol (heterojen)

Heterojen karışımlarda fazları genellikle çıplak gözle ayırt edebiliriz. Örneğin emülsiyon karışım konusunda da belirtildiği gibi sıvı yağ ve suyu karıştırdığımızda yağ ve su fazlarını ayrı ayrı gözlemleriz. Eğer bu karışımı bir süre hızlı bir şekilde çalkalarsak yağ, damlacıklar hâlinde suya dağılır.

Yağ damlacıkları göremeyeceğimiz kadar küçük parçalara ayrılırsa bu durumda karışımı tek faz olarak görürüz ancak mikroskopla bakıldığında karışımın birden fazla faza sahip olduğu anlaşılır. Diğer bir ifadeyle, bazı heterojen karışımlarda dağılan maddenin tanelerinin boyutu o kadar küçüktür ki ancak mikroskopla bakıldığında fazlar görülebilir. Bu tür heterojen karışımlar **koloit** olarak adlandırılır.

Koloit karışımlarda dağılan madde diğer bileşen içinde çok küçük parçalar hâlinde askıda durmaktadır. Uzun süre geçse de dağılan madde dibe çökmez.

Bazı emülsiyon, süspansiyon ve aerosol karışımları koloittir. Örneğin yağ damlacıklarının sütteki suda dağılması ile oluşan homojenize sütler koloidal emülsiyondur. Süt, çıplak gözle bakıldığında homojen karışım gibi gözükse de mikroskopla bakıldığında sütteki yağ damlacıklarının karışımın üst tarafında daha yoğun olduğu görülür. Yine mayonez de yağ damlacıklarının suda dağılmasıyla oluşan bir emülsiyon karışımıdır. Benzer şekilde kan, sağlık sektöründe kullanılan şuruplar koloidal süspansiyondur. Duman, sis vb. aerosol karışımlar da eğer dağılan maddenin boyutu yeterince küçükse, koloidal aerosoldür. Deodorant, jeller, tıraş köpükleri, jöleler, duvar boyaları, spreyler vb. koloit karışımlara örnektir.

Görsel 2.6 Koloit karışım örnekleri (sprey boya, süt, saç jölesi)

Buna göre karışımlar, dağılan maddenin tane boyutu esas alınarak sınıflandırıldığında, dağılan maddenin boyutu;

- 10^{-9} metre (1 nanometre)'den küçükse karışım homojen,
- 10^{-9} metre ile 10^{-6} metre arasında ise koloit,
- 10^{-9} metreden büyükse karışım heterojendir.

Görsel 2.7 Çözelti, koloit ve heterojen karışımlarda dağılan maddenin tanecik boyutunun karşılaştırılması

Bu nedenle karışımın türüne çıplak gözle değil mikroskopla bakılarak karar verilir. Çünkü çıplak gözle homojen olarak algılanan birçok karışımın, mikroskobik boyutta incelendiğinde heterojen olduğu anlaşılır.

Koloit karışımlarda fazları birbirinden çıplak gözle ayıramadığımızdan koloitler de çözeltiler gibi tek madde görünümündedir. Koloitlerle çözeltilerin farkı aşağıdaki gibidir:

- Çözeltilerde, çözünen maddenin parçacıklarının boyutu moleküler düzeydedir çünkü her bir parçacık bireysel atom, iyon veya moleküldür.
- Koloitlerde, bileşenlerin parçacıkların her biri makromoleküllerden veya küçük moleküllerin oluşturduğu yığınlardan oluşmaktadır, bu nedenle bu parçaların büyüklüğü ancak mikroskopla görülecek kadar küçüktür.

HOMOJEN KARIŞIMLAR (ÇÖZELTİLER)

Homojen karışımlarda bileşenler, kendisini oluşturan taneciklere (atom, molekül, iyon) kadar ayrılıp karışımın her yerine eşit oranda dağılır. Bu nedenle homojen karışımlar tek faza sahiptir ve karışımın her yeri aynı özellikleri gösterir. Homojen karı-şımlar mikroskop altında bile tek madde görünümündedir.

Homojen karışımlar **çözelti** olarak adlandırılır. Çözeltiler hayatımızın birçok alanında karşımıza çıkar. Örneğin içtiğimiz su saf madde değil kalsiyum, magnezyum gibi birçok iyon içeren bir çözeltidir. Benzer şekilde soluduğumuz hava, meşrubatlar, sirke, kolonya, sıvı hâldeki bazı temizlik ürünleri, alaşımlar vb. birer çözeltidir. Çözeltilerde en yaygın olanı su içeren çözeltilerdir. Bu tür çözeltiler **sulu çözelti** olarak adlandırılır.

Çözeltiler bileşenlerin özelliklerine göre **çözünen** ve **çözücü** olarak iki sınıfa ayrılır. Çözeltilerde genellikle miktarı çok olan bileşen çözücü, miktarı az olan bileşen de çözünendir. Örneğin şekerli su çözeltisinde şeker çözünen, su çözücüdür.

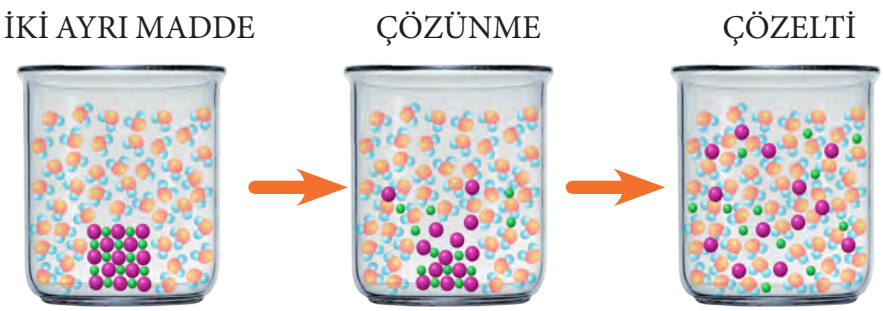
Su		Şeker		Şekerli su
Çözücü	+	**Çözünen**	=	**Çözelti**

Yine meşrubatlarda su çözücü; şeker, karbon dioksit gazı vb. çözünendir. Su aslında sıvı çözeltilerde doğal çözücüdür. Bazı çözeltilerde ise bileşenler birbiri içinde her oranda çözünür, bu tür çözeltilerde bileşenleri çözünen ve çözücü olarak ayırmak anlamlı değildir. Örneğin havayı oluşturan gazlar birbiri içinde her oranda karışırlar.

Çözeltiler bileşenlerin birbiri içinde çözünmesi ile oluşur. Peki, çözünme nedir? Nasıl gerçekleşir?

Çözünme

Bir maddenin başka bir madde içinde taneciklerine (atom, molekül, iyon) kadar ayrılıp dağılmasına **çözünme,** çözünme sonucu elde edilen karışıma da **çözelti** denir.



BİLGİ NOTU

Günlük hayatta bazı çözünme olayları erime olarak ifade edilmekte yani yanlış kullanılmaktadır. Örneğin "suda tuz eridi", "çayda şeker eridi" gibi ifadeler yanlış ifadelerdir. Erime ve çözünme farklı olaylardır. Erime olayında şeker veya tuz basınç veya ısının etkisiyle katı hâlden sıvı hâle geçer. Çözünme de ise şeker ve tuz tanecikleri su moleküllerinin etkisiyle birbirinden tamamen uzaklaşır. Sonuç olarak çayda şeker erimez, çözünür.

Peki, çözünme olayı nasıl gerçekleşir? Neden bütün karışımlarda çözünme olayı gerçekleşmez?

Bazı maddeler birbiri içinde çözünürken bazıları çözünmez. Örneğin sıvı yağın suda çözünmediğini; tuzun, şekerin ise çözündüğünü fark etmişsinizdir. Çözünme olayının gerçekleşip gerçekleşmeyeceği taneciklerin birbirine uyguladıkları çekim kuvvetinin büyüklüğü ile ilgilidir. Tanecikler arasındaki çekim kuvveti ise çözücü ve çözünen taneciklerin benzer yapıda olup olmaması, taneciklerin polar veya apolar olup olmaması gibi özelliklere bağlıdır. Tanecikler arasındaki çekim kuvveti 2.dönem kimya dersinde "Kimyasal Türler Arası Etkileşimler" ünitesinde işlenmiştir.

Çözünme olayının gerçekleşmesi için çözünen ve çözücü maddenin kendi tanecikleri arasındaki etkileşimlerin kopup çözünen-çözücü arasında yeni etkileşimlerin oluşması gerekmektedir. Bunun için çözücü ve çözünenin kendi tanecikleri arasındaki çekim kuvvetinin, çözücü ve çözünen tanecikleri arasındaki çekim kuvvetinden daha küçük olması gerekir.

Aşağıdaki deneyde bazı maddelerin neden suda çözündüğü, bazılarının neden çözünmediğini irdeleyelim:

1. Deney

Deneyin Adı: Farklı Maddelerin Suda Çözünmesi

Deneyin Amacı: Sodyum klorür, etil alkol ve karbon tetraklorürün suda çözünüp çözünmediğini irdelemek

Kullanılan Kimyasal Maddeler

- Sodyum klorür (yemek tuzu)
- Etil alkol
- Karbon tetraklorür

Deneyin Aşamaları

- Bir bardak suya kaşığın ucuyla yemek tuzu eklenip karıştırılır.
- Yarım bardak suya, bardak doluncaya kadar etil alkol eklenir.
- Bir bardak suya bir miktar karbon tetraklorür eklenir.
- Elde edilen karışımlarda çözünme olup olmadığı belirtilir.

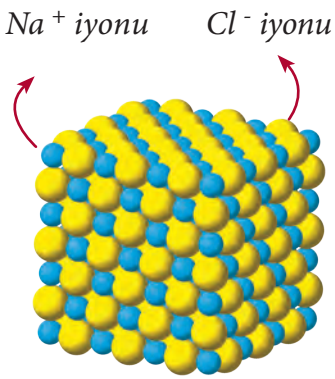
Sonuç

- Sodyum klorür suya eklendiğinde bir süre sonra tuz suda göremeyeceğimiz duruma gelir yani tuz suda çözünür.
- Etil alkol de suya eklendiğinde suyla tamamen karışır ve karışım tek faz olarak görünür. Dolayısıyla etil alkol de suda çözünür.
- Karbon tetraklorür suya eklendiğinde ise karışımda iki ayrı faz gözlenir yani karbon tetraklorür suda çözünmez.

Maddelerin birbiri içinde çözünmesine hangi etkileşimlerin ne şekilde katkı sağladığını bileşiklerin suda çözünmesi temelinde irdeleyelim:

1. İyonik Bileşiklerin Suda Çözünmesi

Bildiğiniz gibi iyonik bileşikler pozitif (+) ve negatif (-) yüklü iyonların birbirine uyguladıkları elektrostatik çekim kuvveti ile oluşur. Zıt yüklü iyonlar arasındaki güçlü çekim kuvvetinden dolayı iyonlar istiflenmiş şekilde bir arada durur. Örneğin iyonik bir bileşik olan sodyum klorür, Na^+ iyonlarıyla Cl^- iyonları arasındaki çekim kuvveti sayesinde oluşur.

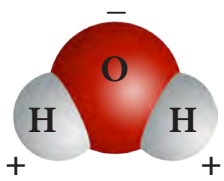


Görsel 2.8 NaCl iyonik bileşiği

BİLGİ NOTU

Bütün iyonik bileşikler oda sıcaklığında katı hâldedir.

İyonik bileşiklerin suda çözünmesi zayıf etkileşimler konusundan hatırlayacağınız iyon-dipol etkileşimleri sayesinde gerçekleşir. Su molekülleri bildiğiniz gibi polar yapıdadır. Polar moleküller çift kutupludur yani pozitif ve negatif uçlara sahiptir. Su molekülündeki oksijen atomları kısmî negatif yüklü, hidrojen atomları ise kısmî pozitif yüklüdür. İyonik bileşikler de iyonlardan yani yüklü taneciklerden oluştuğundan su ile bir araya geldiklerinde aralarında iyon-dipol etkileşimi gerçekleşir.



Görsel 2.9 Su molekülü

İyonik yapılı bir bileşik suya eklendiğinde çözünme olup olmayacağını, iyonik bileşiği oluşturan zıt yüklü iyonlar arasındaki ve iyonlar ile su tanecikleri arasındaki çekim kuvveti belirler. Eğer su ile iyonik bileşik tanecikleri arasındaki çekim kuvveti, iyonik bileşiğin kendi tanecikleri arasındaki çekim kuvvetinden daha fazlaysa bileşik suda çözünür. Aksi hâlde çözünme gerçekleşmez. Örneğin katı hâldeki sodyum klorür (NaCl) tuzu suya eklendiğinde, Na^+ ve Cl^- iyonlarıyla su molekülleri arasındaki çekim kuvveti, Na^+ ve Cl^- iyonları arasındaki çekim kuvvetinden daha fazla olduğundan, NaCl tuzu suda çözünür.

Görsel 2.10 NaCl' ün suda çözünmesi

Yemek tuzu (NaCl) suya eklendiğinde tuz kristalinin yüzeyindeki her bir iyon ile su molekülleri arasında çekim kuvveti oluşur. Çekim kuvveti su moleküllerinin negatif ucu ile iyonik bileşikteki pozitif yüklü iyonlar; su moleküllerinin pozitif ucu ile de bileşikteki negatif yüklü iyonlar arasında gerçekleşir. Diğer bir ifadeyle iyonik bileşikteki pozitif yüklü iyonların etrafı su moleküllerinin oksijen taraflarıyla, negatif yüklü iyonların etrafı ise su moleküllerinin hidrojen taraflarıyla sarılır. Böylece bir süre sonra tuz kristalini oluşturan iyonlar birbirinden ayrılır ve her iyonun etrafı da su molekülleriyle sarılır. Buna göre iyonik bileşiklerin suda çözünmesi iyonlarına ayrılma şeklinde gerçekleşir (Görsel 2.10).

$$\mathbf{NaCl\ (k) \rightarrow Na^+\ (suda) + Cl^-\ (suda)}$$

Peki, bütün iyonik bileşikler suda çözünür mü?

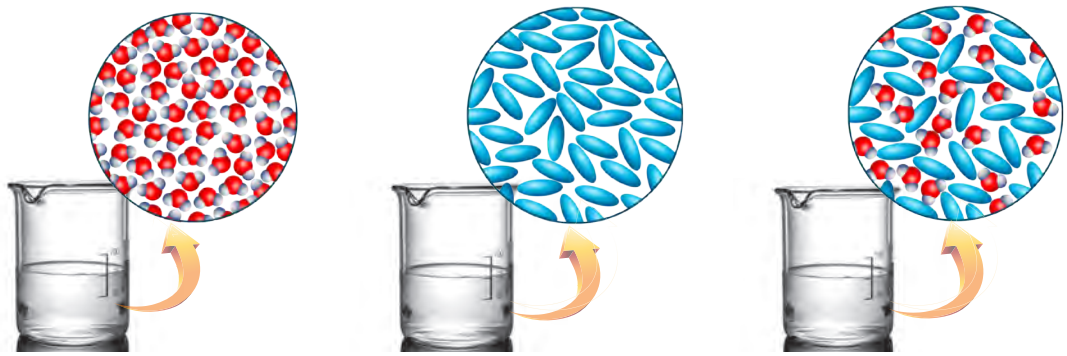
Su tanecikleri arasındaki etkileşim suya eklenen maddenin kendi tanecikleri arasındaki etkileşimden büyük olduğunda çözünme gerçekleşmez. Benzer şekilde su tanecikleri ile çözünen madde tanecikleri arasındaki etkileşim, bileşenlerin kendi tanecikleri arasındaki etkileşimden küçükse yine çözünme gerçekleşmez. Örneğin kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) tuzu suda çözünmez çünkü kalsiyum ve karbonat iyonları arasındaki çekim kuvveti, bu iyonlarla su molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden daha fazladır.

2. Kovalent Bileşiklerin Suda Çözünmesi

Kovalent bileşikler iyonik bileşiklerden farklı olarak moleküllerden oluşur. Oda koşullarında katı, sıvı veya gaz hâlde bulunabilir.

2. dönem kimya dersi "Kimyasal Türler Arası Etkileşim" ünitesinden hatırlayacağımız gibi bazı moleküller polar yapıda, bazıları ise apolar yapıdadır. Örneğin O_2, CH_4, CO_2 gibi moleküller apolar; HCl, H_2O gibi moleküller polar yapıdadır. Polar moleküller arasında dipol-dipol etkileşim gerçekleşir. Polar moleküller pozitif ve negatif uç olmak üzere iki kutupludur. Polar yapıdaki kovalent bileşikler suya eklendiklerinde bu moleküllerin pozitif ucu ile su moleküllerinin negatif ucu; negatif ucu ile de su moleküllerinin pozitif ucu arasında çekim kuvveti oluşur. Bu etkileşimlerden dolayı polar yapıdaki kovalent bileşikler, su polar yapıda olduğundan suda çözünür. Kovalent bileşiklerin suda çözünmesi bileşiğin moleküllerine kadar ayrılması ve karışımın her yerine dağılması şeklinde gerçekleşir.

Örneğin oda koşullarında sıvı hâlde olan polar yapıdaki etil alkol suya eklendiğinde, etil alkol ve su molekülleri arasında güçlü bir dipol-dipol etkileşim olan hidrojen bağı oluşur. Bu nedenle etil alkol suda çözünür. Kolonya, etil alkolün suda çözünmesi ile elde edilen bir çözeltidir.



Görsel 2.11 Etil alkolün suda çözünmesi

Benzer şekilde polar kovalent bir bileşik olan şeker suya eklendiğinde, su molekülleriyle şeker molekülleri arasında hidrojen bağı oluşur. Bu etkileşim sonucu şeker suda moleküllerine kadar ayrılır yani çözünür.

Su, hidrojen bağı oluşturma özelliğinden dolayı alkol, şeker, aminoasit gibi birçok organik maddeleri çözer. Ancak apolar yapıya sahip olan oksijen (O_2), karbon dioksit (CO_2), karbon tetraklorür (CCl_4) gibi maddeler suyla etkileştiklerinde su molekülleriyle aralarında dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi gerçekleşir. Bu etkileşim çok zayıf bir etkileşimdir. Bu nedenle apolar maddeler suda çözünmez veya çok az çözünür.

Özetle, polar ve iyonik yapıdaki maddeler polar çözücülerde, apolar maddeler ise apolar çözücülerde daha iyi çözünür. Diğer bir ifadeyle çözücü ve çözünen maddeler benzer yapıda ise çözünme olayı gerçekleşir. Bu olay benzer benzeri çözer olarak ifade edilir.

2. Uygulama

a) Oksijen (O_2)

b) Hidrojen klorür (HCl)

c) Amonyak (NH_3)

ç) Potasyum klorür (KCl)

Yukarıdaki bileşiklerle su arasında hangi tür etkileşimlerin olduğunu ve hangilerinin suda iyi çözündüğünü yazınız.

Çözüm:

a) Oksijen apolar bir moleküldür. Su polar yapıda olduğundan oksijen suda iyi çözünmez. Oksijen molekülleri ile su molekülleri arasında dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi görülür.

b) HCl polar bir moleküldür. Su molekülleri de polar olduğundan aralarında dipol-dipol etkileşim görülür. Bu nedenle HCl suda iyi çözünür.

c) NH_3 polar bir moleküldür. Yapısında azot (N) elementi olduğundan su ile aralarında hidrojen bağı oluşur. NH_3 suda iyi çözünür.

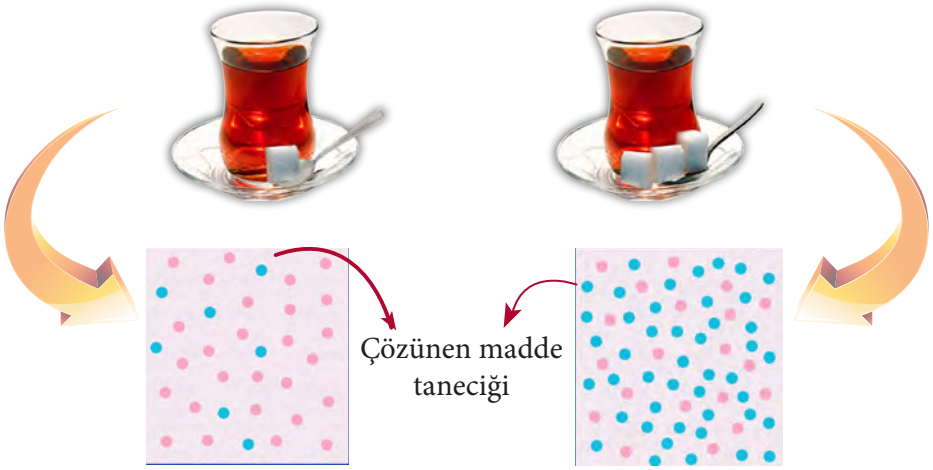
ç) KCl iyonik bir bileşiktir. Su molekülleriyle KCl tanecikleri arasında iyon-dipol etkileşimi görülür. Suda iyi çözünür.

ÇÖZÜNMÜŞ MADDE ORANINI BELİRTEN İFADELER

Çözeltilerde çözünmüş madde miktarını belirtmek için derişik, seyreltik, derişim, yüzde derişim, ppm derişim vb. çeşitli terimler kullanılmaktadır. Günlük hayatta birçok üründe bu kavramlarla karşılaşmaktayız. Örneğin meyve sularının ambalajlarının üzerinde, su şişelerinde, ilaçlarda vb. bu terimler kullanılmaktadır. Aşağıda, bu kavramlarla ilgili açıklamalar yer almaktadır:

1. Seyreltik/derişik çözeltiler

Çözeltiler; çözünen madde miktarı az olduğunda **seyreltik**, çok olduğunda ise **derişik** olarak ifade edilir. Örneğin 1 küp şeker ve 3 küp şeker atılmış çayları karşılaştırdığımızda; 1 küp şeker içeren çay seyreltik, 3 küp şeker içeren çay ise derişik bir çözeltidir.



Görsel 2.12 Seyreltik ve derişik şekerli çay çözeltisi

3 küp şeker içeren çay da 4 küp şeker içeren çaya göre seyreltik bir çözeltidir yani seyreltik ve derişik kavramları göreceli kavramlardır. Şekerli çay örneğinde olduğu gibi, seyreltik olarak ifade edilen bir çözelti aynı türdeki başka bir çözeltiyle karşılaştırıldığında derişik olabilir. Bu nedenle bir çözeltiden tek başına seyreltik veya derişik olarak bahsetmek her zaman anlamlı değildir.

BİLGİ NOTU

Akdeniz, Karadeniz'e göre daha derişiktir çünkü belirli miktarında daha fazla oranda tuz bulunur.

Günlük hayatta birçok çözelti seyreltik ve derişik olarak ifade edilmektedir. Örneğin baklava için hazırlanan şerbet derişik şekerli su çözeltisidir. Benzer şekilde konsantre meyve suları derişik çözeltilerdir. Bu tür meyve sularına su ilave edip seyrelterek içilebilir. Konsantre ibaresini içermeyen meyve suları ise konsantre meyve sularıyla karşılaştırıldığında seyreltik çözeltilerdir.

Görsel 2.13 Seyreltik çözelti (serum fizyolojik), derişik çözelti (konsantre meyve suyu ve çamaşır yumuşatıcı)

Maden suyundaki minerallerle içme suyundaki mineralleri karşılaştırdığımızda maden suyunun içme suyundan daha derişik olduğunu söyleyebiliriz. Hastalara takılan fizyolojik serum ise seyreltik bir tuzlu su çözeltisidir. Benzer şekilde mide asidi de seyreltik HCl (Hidroklorik asit) çözeltisidir.

3. Uygulama

Aşağıda belirtilen miktarlarda tuz ve su içeren çözeltileri derişik olandan seyreltik olana doğru sıralayınız.

a) 100 g tuz

b) 75 g tuz

c) 200 g tuz

Çözüm:

- a ve c çözeltilerinin her ikisi de 2 L su içermektedir. Aynı miktardaki çözücü için c çözeltisi daha fazla miktarda çözünen madde içerdiğinden a çözeltisine göre daha derişik bir çözeltidir.

- a çözeltisinin yarısını başka bir kaba aktardığımızı düşünelim. Bu durumda her iki kap da 1 L su, 50 g tuz içerir. Yani çözeltinin her 1 Litresi 50 gram tuz içerir. b çözeltisinin 1 litresi 75 g tuz içerdiğinden b çözeltisi de a çözeltisinden daha derişiktir.
- b ve c çözeltilerini karşılaştırdığımızda; b çözeltisinde 1 L su 75 g tuz içerdiğinden, aynı derişiklikte 2 L su 2 x 75 g= 150 g tuz içerir. Yani b çözeltisinde 2 L su 150 g tuz, c çözeltisinde 2 L su 200 g tuz bulunduğundan c çözeltisi b çözeltisinden daha derişiktir.
- Bu durumda c çözeltisi en derişik, a çözeltisi en seyreltiktir.

Günlük hayatta kullanılan birçok ürün, çözünmüş madde oranının derişik, seyreltik olarak ifade edilmesinden ziyade daha kesin ölçüm sonuçları gerektirmektedir. Örneğin meyve suları, gazlı içecekler, kolonya, parfüm vb. çözeltiler gelişigüzel değil, belirli oranlarda çözünmüş madde içerir. Bu nedenle çözünmüş madde oranı sayısal olarak derişim kavramıyla ifade edilir.

Derişim, belirli miktar çözücüde veya çözeltide çözünmüş hâlde bulunan madde miktarının ölçüsüdür. Diğer bir ifadeyle derişim, çözünen madde miktarının çözücü veya çözelti miktarına oranıdır.

Derişim = Çözünen madde miktarı / Çözücü veya çözelti miktarı

Çözünen ve çözücü miktarları kütle, hacim veya mol türünden belirtilebilir. Dolayısıyla bir çözeltinin derişimi birçok yolla ifade edilebilir. Derişim birimlerinden bir kaçı **yüzde derişim** ve **ppm** derişimdir. Yüzde derişim ve ppm derişimler ifade edilirken çözücü ve çözünen miktarları kütle veya hacim cinsinden belirtilir.

2. Yüzde Derişim

İçecekler, parfümler, ilaçlar vb. birçok tüketim maddesi hazırlanırken bu çözeltilerin derişimleri, pratik olması bakımından bileşenlerin yüzdesi alınarak ifade edilir.

Yüzde derişim, kütlece veya hacimce 100 birim çözeltinin kaç biriminin çözünen madde olduğunu gösterir. Yüzde derişim, çözücü veya çözünenin hacminin mi yoksa kütlesinin mi ölçüldüğüne bağlı olarak kütlece yüzde, hacimce yüzde ve hacim-kütlece yüzde şeklinde ifade edilir.

a) Kütlece yüzde derişim

Birçok ticari çözeltinin derişimi yüzde derişim olarak etiketlenmektedir. Örneğin akü asidi olarak bilinen sülfürik asidin piyasada kütlece % 78.93, % 98 vb. çözeltileri satılmaktadır. Benzer şekilde çamaşır suları da % 5 oranında ağartıcı madde içerir. Meyve sularındaki şeker veya diğer katkı maddelerinin oranı da kütlece yüzde derişim ile ifade edilir.

Kütlece yüzde derişim, çözücü ve çözünenin kütlesi kullanılarak hesaplanan değerdir. 100 gram çözeltide bulunan çözünen maddenin gram cinsinden miktarı **kütlece yüzde derişim** olarak ifade edilir. Örneğin kütlece % 30 derişime sahip bir çözeltiyle ilgili, 100 gram çözeltinin 30 gramının çözünen madde, geri kalanının da çözücü olduğu anlaşılmaktadır.

Kütlece yüzde derişim = (Çözünenin kütlesi / Çözelti kütlesi) × 100

Çözelti kütlesi = Çözücü kütlesi + Çözünen kütlesi

Kütlenin sembolü "m" olduğundan yukarıdaki formülü sembolik olarak aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

$$\%\ (m/m) = (m_{çözünen} / m_{çözelti}) \times 100$$

Çözeltilerdeki çözücü ve çözünen miktarları gram (g), kilogram (kg) gibi herhangi bir kütle birimiyle verilebilir ancak çözücü ve çözünenin kütle birimi aynı olmalıdır. Örneğin çözücünün kütlesi kg olarak ölçülmüşse çözünenin birimi de kg olarak ölçülmelidir.

4. Uygulama

Kütlece % 10'luk 200 gram şerbet (şekerli su çözeltisi) hazırlamak için kaç gram;

a) Şeker

b) Su kullanılmalıdır?

Çözüm:

a)

1. Yol

100 gram şerbetin — 10 gramı şeker ise

2 katı — 2 katı

200 gram şerbetin — **20 gramı şekerdir**.

2. Yol

% (m/m)= ($m_{çözünen}$ /$m_{çözelti}$) x 100

10 = ($m_{şeker}$ / 200 g) x 100

10 = $m_{şeker}$ / 2

$m_{şeker}$= 20 g

b)

200 g şerbetin 20 gramı şeker ise geriye kalanı da sudur.

200 g- 20 g = **180 g su**

5. Uygulama

Salatalık turşusu yapmak için 2 kg tuzlu su çözeltisi kullanılıyor. Bu tuzlu suyun 10 gramı tuz olduğuna göre, çözeltinin kütlece yüzde derişimi kaçtır?

Çözüm:

2 kg = 2000 g

% (m/m) = ($m_{çözünen}$ / $m_{çözelti}$) x 100

= (10 g / 2000 g) x 100

= 0,5

Çözelti, kütlece % 0,5'liktir.

b) Hacimce yüzde derişim

Hacimce yüzde derişim, 100 mililitre çözeltide çözünen maddenin mililitre cinsinden değeridir. Örneğin hacimce % 36'lık çözelti denildiğinde, 100 ml çözeltinin 36 mililitresinin çözünen, geriye kalan miktarın ise çözücü olduğu anlaşılır. Çözeltilerdeki çözücü ve çözünen miktarları mililitre (ml), litre (L), metreküp (m^3) gibi hacim birimleriyle verilebilir.

Hacimce yüzde derişim = (Çözünenin hacmi / Çözelti hacmi) × 100

Görsel 2.14
Hacimce % 80'lik kolonya

Genellikle çözücüsü ve çözüneni sıvı hâlde olan çözeltilerin derişimlerinin hesaplanmasında hacimce yüzde derişim kullanılır. Örneğin kolonya, etil alkol ve su bileşenlerinden oluşan bir çözeltidir. Piyasada satılan kolonyaların derişimi hacimce % 70 ile % 80 arasında değişmektedir. Buna göre %70'lik kolonyanın hacimce % 70'i etil alkol, % 30'u ise sudur. Yandaki görselde belirtildiği gibi etikette yazan "80°" kolonyadaki etil alkolün hacimce yüzdesini ifade eder.

Saç boyalarının rengini açmak için kullanılan hidrojen peroksidin (oksijenli su) derişimi de hacimce ifade edilir. Oksijenli suyun piyasada %3' lük, % 6 'lık vb. çözeltileri bulunmaktadır.

6. Uygulama

Sirke, hacimce % 5 oranında asetik asit içeren bir sulu çözeltidir. Buna göre 1 L asetik asit ile kaç L sirke hazırlanır?

Çözüm:

$$\%\,(V/V) = (V_{çözünen} \,/\, V_{çözelti}) \times 100$$

$$5 = 1\text{ L asetik asit} / (1\text{ L asetik asit} + V_{su}) \times 100$$

$$5 / 100 = 1\text{ L} / (1\text{ L} + V_{su})$$

$$5\text{ L} + 5\,V_{su} = 100\text{ L}$$

$$5\,V_{su} = 95\text{ L} \qquad V_{su} = 19\text{ L} \qquad V_{sirke} = 19\text{ L su} + 1\text{ L asetik asit} = 20\text{ L}$$

c) Hacim-kütlece yüzde derişim

Hacim-kütlece yüzde derişimde ise çözeltideki çözücü miktarı hacim cinsinden, çözünen miktarı kütle cinsinden ifade edilir. Tanım olarak, 100 ml çözeltide çözünmüş maddenin gram cinsinden değeridir. Bu tür çözeltilerde çözünen madde miktarı çok küçüktür. Bu nedenle çözünenin hacmi, çözücü hacminde bir değişikliğe yol açmaz yani çözücü hacmi ile çözelti hacmi aynıdır.

Hacim-kütlece yüzde derişim = (Çözünenin kütlesi / Çözelti hacmi) × 100

$$\% (m / V) = (m_{çözünen} / V_{çözelti}) \times 100$$

Hacim-kütlece derişim birimi daha çok tıp ve eczacılıkta kullanılır. Örneğin günlük yaşantımızda küçük rahatsızlıklar için verilen serum fizyolojik, hacimce-kütlece %0.9'luk tuzlu su çözeltisidir. Yani çözeltinin her 100 mililitresi 0,9 gram sodyum klorür (NaCl) içerir.

Deniz sularındaki tuzluluk oranı ve içme sularındaki iyonların, minerallerin oranı da bu derişim birimiyle ifade edilir. Örneğin Karadeniz suyundaki tuz oranı %1,8; Akdeniz'deki ise % 4,3 civarındadır. Yani Karadeniz'de her 100 ml deniz suyunda çözünmüş hâlde 1,8 gram tuz bulunurken, Akdeniz'de 4,3 gram tuz bulunur.

7. Uygulama

200 gram şeker ve 4 li tre su kullanarak limonata yapılıyor. Bu limonata hacim-kütlece yüzde kaçlıktır?

Çözüm:

$$\% (m/V) = (m_{çözünen} / V_{çözelti}) \times 100$$

$$\% = (200 \text{ g} / 4000 \text{ mL}) \times 100$$

$$\% = 5$$

$m_{çözünen} = 200$ g;

$V_{çözelti} = V_{çözücü} = 4$ L $= 4000$ ml

Çözelti derişimi hacim-kütlece % 5'tir.

3. ppm Derişim

Bir çözeltideki çözünen madde oranı çok küçük olduğu durumlarda çözelti derişimi ppm birimiyle ifade edilir. Ppm milyonda bir oranında derişimi ifade eder. Yani ppm, 1 milyon (10^6) gram çözeltideki çözünen maddenin gram cinsinden değeridir.

$$\textbf{ppm derişim} = (\textbf{Çözünenin kütlesi} \ / \ \textbf{Çözelti kütlesi}) \times 10^6$$

Sembolik olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\text{ppm} = (m_{\text{çözünen}} / m_{\text{çözelti}}) \times 10^6$$

veya

$$\text{ppm} = (m_{\text{çözünen}} / V_{\text{çözelti}}) \times 10^6$$

BİLGİ NOTU

ppm, İngilizcede "milyonda bir kısım" anlamına gelen "parts per million" ifadesindeki kelimelerin baş harflerinden oluşmaktadır.

Çözünenin kütlesi miligram (mg) cinsinden, çözelti kütlesi ise kilogram cinsinden hesaplandığında aşağıdaki bağıntı elde edilir;

1 ppm= 1 mg çözünen / 1 kg çözelti

Yani 1 kg veya 1 litre çözeltide çözünmüş maddenin miligram (mg) cinsinden kütlesi de **ppm** derişimi verir. Bu tür çözeltiler çok seyreltik olduğundan çözeltinin kütlesi çözücünün kütlesine yaklaşık olarak eşittir.

Çeşme sularındaki klor, sodyum, kalsiyum vb. iyonların oranı ppm ile ifade edilir. Örneğin belirli bir bölgedeki çeşme suyunda sodyum iyonları (Na^+) derişimi 5,4 ppm; kalsiyum iyonları (Ca^{2+}) derişimi 32 ppm olduğunda; 1 L suda 5,4 mg Na^+, 32 mg Ca^{2+} iyonu bulunduğu anlamına gelir. Atık sulardaki yağ oranı, kandaki maddelerin oranı da ppm cinsinden ifade edilir. Deterjanlar, ilaçlar, meyve suları, su, tuz gibi bazı tüketim maddelerinin etiketlerinde derişime ilişkin verilere rastlamaktayız.

Görsel 2.15 Su, meyve suyu, yemek tuzu ve etiketleri

ÇÖZELTİLERİN DERİŞİME BAĞLI ÖZELLİKLERİ (KOLİGATİF ÖZELLİKLER)

Saf çözücüye çözünen bir madde eklendiğinde çözücünün kaynama noktası, donma noktası gibi bazı fiziksel özellikleri değişir. Çözücünün fiziksel özelliklerinin ne kadar değişeceğini ise çözünen maddenin miktarı belirler. Diğer bir ifadeyle çözeltilerin bazı fiziksel özellikleri çözücünün fiziksel özelliklerinden farklıdır.

Çözeltideki çözünmüş maddenin miktarına bağlı olan ancak çözünmüş maddenin türüne yani kimyasal özelliğine bağlı olmayan çözelti özelliklerine **koligatif özellikler** denir. Diğer bir ifadeyle koligatif özellikler derişime bağlı çözelti özellikleridir. Bu özelliklerden en önemlileri;

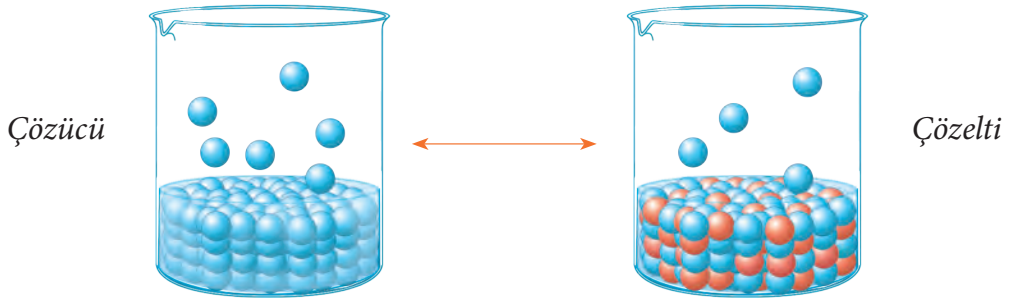
- Kaynama noktası yükselmesi,
- Donma noktası düşmesidir.

a) Kaynama noktası yükselmesi

Bildiğiniz gibi kaynama noktası sıvının buhar basıncının dış basınca eşit olduğu sıcaklıktır. Sıvı maddelere, içinde çözünen ve uçucu olmayan maddeler eklendiğinde, kaynama noktası yükselir. Örneğin saf su normal koşullarda 100 °C' ta kaynarken, içine tuz, şeker gibi uçucu olmayan maddeler eklendiğinde daha yüksek sıcaklıklarda kaynar. (Oda sıcaklığında çok fazla buharlaşan veya süblimleşen maddeler uçucu; çok az buharlaşan veya süblimleşmeyen maddeler ise uçucu olmayan maddelerdir. İyot, naftalin, etil alkol gibi maddeler uçucu maddelerdir. Tuz, şeker, antifriz sıvısı olan etilen glikol, uçucu olmayan maddelerdir.)

Çözeltinin kaynama noktasının saf çözücüye göre yüksek olmasının sebebi ne olabilir?

Çözücüye çözünen madde eklendiğinde, çözünen tanecikleri çözücü tanecikleri arasına girer. Dolayısıyla sıvının yüzeyinde çözücü taneciklerinin bir kısmının yerinde çözünen tanecikleri bulunur. Yani saf çözücüye göre, çözelti yüzeyinde daha az sayıda çözücü tanecikleri yer alır. Buharlaşma yüzeyde gerçekleştiğinden, çözeltideki çözücünün buharlaşma miktarı saf çözücüye göre daha az olur (Görsel 2.14). Bu durumda kaynama için gerekli olan buhar miktarı ancak daha yüksek sıcaklıklarda sağlanır. Çözünen maddenin miktarı arttıkça çözeltinin kaynama noktası daha da artar.



Görsel 2.16 Aynı sıcaklıkta saf çözücü ile çözeltinin buharlaşma miktarının karşılaştırılması

Görsel 2.17 Makarnanın pişmesi

Bu özellikten dolayı makarna suyuna tuz eklendiğinde makarna daha çabuk pişer. Çünkü tuzlu su, saf suya göre daha yüksek sıcaklıklarda kaynayacağından, makarnaya daha yüksek miktarda ısı aktarılmış olacak, böylece makarna daha kısa sürede pişecektir.

b) Donma noktası düşmesi

Donma noktası ise sıvının katı hâle geçtiği sıcaklıktır. Sıvı maddeye içinde çözünen bir madde eklendiğinde, sıvının donma noktası düşer. Örneğin normal koşullarda saf su 0 °C' ta donarken suya tuz, şeker vb. çözünen maddeler eklendiğinde su daha düşük sıcaklıklarda donar. Donma sıcaklığının kaç derece düşeceği suya eklenen maddenin miktarına bağlıdır ancak türüne bağlı değildir. Çözeltideki çözünen maddenin derişimi arttıkça çözeltinin donma noktası daha da düşer.

Peki, çözeltinin donma noktasının saf çözücüye göre daha düşük olmasının sebebi ne olabilir?

Sıvı maddenin tanecikleri düzenli bir dizilime sahip olduğunda, madde katı hâle geçmiş olur. Ancak sıvı maddeye, içinde çözünen bir madde eklendiğinde çözünen tanecikleri çözücü tanecikleri arasına girerek, çözücünün taneciklerinin düzenli hâle geçmesini zorlaştırır. Bu nedenle çözeltinin donması ancak daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşir.

Çözeltinin donma noktasının saf çözücüye göre daha düşük olması birçok alanda hayatımızı kolaylaştırmaktadır. Örneğin otomobillerde araç radyatörlerindeki ve cam suyu haznesindeki suya, donma noktasını düşürecek maddeler eklenerek kışın meydana gelebilecek donma olaylarının önüne geçilebilmektedir. Bu tür maddelere genel olarak **antifiriz** denir. En yaygın kullanılan antifiriz etilen glikoldür.

Görsel 2.18 Arabaya antifriz konulması

Kış aylarında yolların buzlanmasını önlemek için de donma noktası düşme özelliğinden faydalanılır. Bunun için karlı yollara tuz atılır. Yollar tuzlandığında erimiş kar daha düşük sıcaklıklarda donar ve buzlanma olayı belirli bir sıcaklığa kadar engellenmiş olur.

Görsel 2.19 Kış aylarında yolların tuzlanması

2.2. KARIŞIMLARI BİLEŞENLERİNE AYIRMA TEKNİKLERİ

Maddelerin çoğu doğada karışım hâlinde bulunmaktadır ancak birçok madde bu hâliyle kullanılamamaktadır. Örneğin yer altı sularını veya deniz suyunu olduğu gibi içme suyu olarak kullanamayız. Yine metaller, sanayide, madenlerden çıkarıldığı hâliyle kullanılamamaktadır.

Karışımdaki istenilen maddeyi kullanabilmek için diğer bileşenlerden ayırmak gerekmektedir. Bunun için birçok yöntem geliştirilmiştir.

Karışımlar bileşenlerine fiziksel yöntemlerle ayrılır. Bu yöntemler karışımın türüne (homojen mi, heterojen mi), bileşenlerin fiziksel hâline ve karışımı oluşturan bileşenlerin özelliklerine bağlıdır. Aşağıdaki çizelgede bileşenlerin bazı özellikleri ve bu özelliklere göre uygulanan ayırma yöntemleri yer almaktadır.

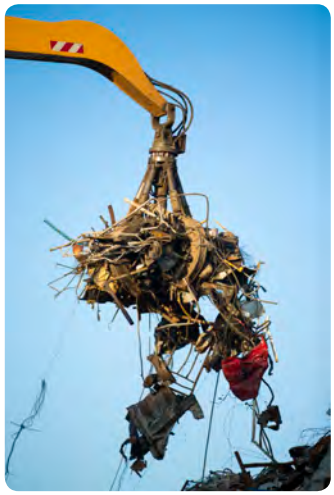
KARIŞIMLARI AYIRMA YÖNTEMLERİ

- 1. Mıknatıs ile Ayırma
- 2. Tane Boyutu Farkı ile Ayırma
  - a) Eleme
  - b) Süzme
  - c) Diyaliz
- 3. Yoğunluk Farkı ile Ayırma
  - a) Ayırma Hunisi
  - b) Yüzdürme
- 4. Çözünürlük Farkı ile Ayırma
  - a) Özütleme
  - b) Kristallendirme
  - c) Ayrımsal Kristallendirme
- 5. Kaynama Noktası Farkı ile Ayırma
  - a) Basit Damıtma
  - b) Ayrımsal Damıtma
- 6. Erime Noktası Farkı ile Ayırma

1. MIKNATIS ILE AYIRMA

Bu yöntem bazı katı-katı heterojen karışımlarda yani adi karışımlarda mıknatıstan etkilenen maddeleri, mıknatıstan etkilenmeyen diğer maddelerden ayırmak için kullanılır. Demir, nikel ve kobalt metalleri mıknatıs tarafından çekilirken, altın, gümüş, alüminyum vb. diğer metaller mıknatıstan etkilenmez.

Bu yöntem ile endüstride, belediye çöplüklerinde veya hurdalıklarda demir içeren malzemeler diğerlerinden ayrılır. Bunun için dev mıknatıslar kullanılmaktadır. Bu malzemeler daha sonra geri dönüşüme gönderilir ve farklı malzeme olarak karşımıza çıkar.



Görsel 2.20 Mıknatısın demir maddeleri çekmesi

2. TANE BOYUTU FARKINDAN YARARLANARAK AYIRMA

Karışımı oluşturan bileşenlerin tane boyutu birbirinden farklı olduğunda bu farktan yararlanarak karışım bileşenlerine ayrılabilir. Tane boyutu farkından yararlanarak ayırma yöntemlerinden bazıları eleme, süzme ve diyalizdir.

a) Eleme

Tane boyutları farklı katı maddeleri birbirinden ayırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem bazı adi heterojen karışımları bileşenlerine ayırır. Örneğin inşaat yapımında, bahçe yapımında istenilen incelikte kum veya toprak elde etmek için çeşitli gözenekteki elekler kullanılarak eleme yapılır. Böylece ince toprak kalın topraktan veya ince kum kalın taneli kumdan ayrılmış olur. Öğütülmüş undaki istenmeyen maddeler de eleme yöntemiyle ayıklanmaktadır.

Görsel 2.21 Un eleme yöntemi

b) Süzme

Bir sıvıda çözünmeyip o sıvıda yüzen, batan veya askıda kalan katı maddeleri sıvısından ayırmak için süzme yöntemi kullanılır. Benzer şekilde gaz maddelerdeki toz, kurum gibi katı maddeleri süzmek için de süzme yönteminden yararlanılır. Diğer bir ifadeyle süzme yönteminde katı-sıvı (süspansiyon) ve katı-gaz (aerosol) heterojen karışımlar bileşenlerine ayrılır. Süzme yönteminde süzgeç, kevgir, filtre, filtre kâğıdı, gaz maskesi vb. araçlar kullanılır.

Günlük yaşantımızda birçok alanda süzme yöntemini kullanmaktayız. Örneğin makarnayı suyundan, çay yapraklarını deminden, yıkanmış pirinci suyundan süzme yöntemiyle ayırırız.

Benzer şekilde içme sularındaki katı parçacıklar da su arıtma tesislerinde süzme yöntemiyle ayrılmaktadır. Yüzme havuzlarındaki filtreler de süzme yöntemi ile havuzu temizlemektedir. Benzer şekilde otomobillerdeki hava filtreleri havayı toz zerreleri, kurum vb. katı maddelerden; yağ filtreleri ise motorun çalışması esnasında oluşan küçük metal parçalarını süzmektedir.

Aşağıdaki deneyle verilen karışımı süzme yöntemiyle bileşenlerine ayıralım:

2. Deney

Deneyin Adı: Süzme ile ayırma

Deneyin Amacı: Süzme yöntemini kullanarak karışımı bileşenlerine ayırmak

Kullanılan Maddeler

- Filtre kağıdı
- Huni
- Toprak
- Su

Deneyin Aşamaları

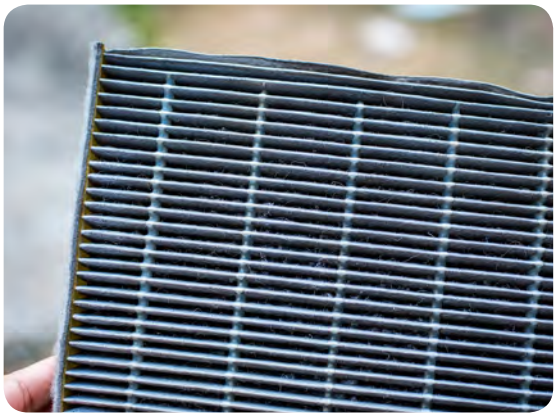
- Beher, yarıya kadar su ile doldurulup içine bir miktar toprak konulur.
- Karışım karıştırılarak sulu çamur elde edilir.
- Filtre kâğıdı huniye yerleştirilerek, boş bir erlenin içine konulur.
- Karışımı bileşenlerine ayırmak için, karışım filtre kâğıdına dökülür.
- Bir süre sonra filtre kâğıdında kalan kısım kurumaya bırakılır.

Sonuç

- Su, filtre kâğıdından geçerken, toprak geçemez.
- Su ve toprak karışımı süzme yöntemiyle ayrılabilir.

Sıra sizde: Süzme yöntemini kullanacağınız bir karışım hazırlayınız. Ardından bu karışımı, uygun süzme aletiyle bileşenlerine ayırınız.

Süzme yönteminde sıvı ve gaz tanecikleri süzme aletlerinden geçerken, katı taneleri bu aletlerden geçemeyecek kadar büyüktür. Bu nedenle süzme yöntemiyle ayırmada bileşenlerin tane boyutunun farklı olmasından yararlanılır.



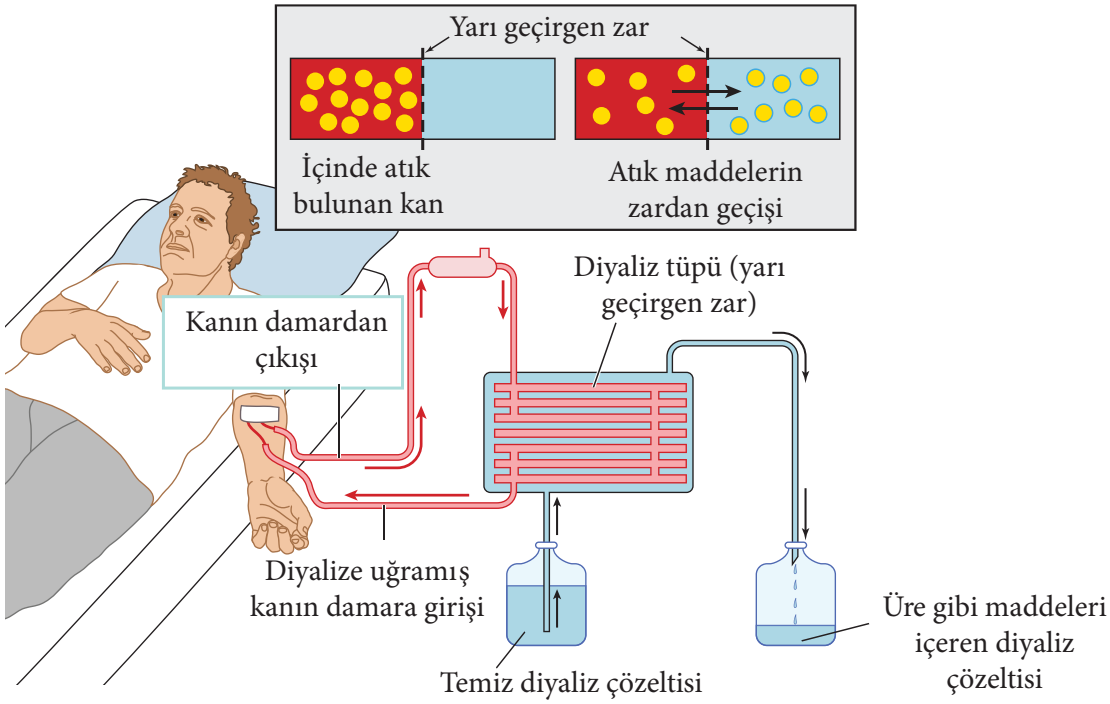
Görsel 2.22 Hava filtresi ve süzülmüş çay

c) Diyaliz

Süzme yöntemiyle ayrılamayacak kadar küçük taneler içeren karışımları ayırmak için kullanılan yöntemlerden birisi **diyaliz**dir. Koloit karışımlar diyaliz yöntemiyle bileşenlerine ayrılır çünkü koloit karışımlarda bütün bileşenler süzme aletlerinin gözeneklerinden geçer.

Diyaliz yönteminde, gözenekleri süzme aletlerinin gözeneklerinden çok daha küçük olan zar kullanılır. Yarı geçirgen özelliğe sahip olan bu zar, diyaliz zarı olarak adlandırılır. Bu yöntem koloit karışımlardaki küçük moleküllerin diyaliz zarından geçip, büyük moleküllerin geçememesi esasına dayanır.

Diyaliz yöntemi sağlık alanında, örneğin kanın zararlı maddelerden arındırılmasında kullanılır. Kan koloit bir karışımdır ve böbreklerde diyalize uğrar. Yani böbreklere gelen kan böbrek zarından süzülürken kanın bileşeni olan protein, yağ gibi büyük moleküller zardan geçemezken metabolik atık olan su, üre vb. küçük moleküller zardan geçer. Böylece istenmeyen maddeler kandan diyaliz yöntemiyle süzülmüş olur. Böbrekleri çalışmayan kişilerin kanı da diyaliz makinasında, böbrek zarına benzer bir zarla yani diyaliz yöntemiyle süzülür.



Görsel 2.23 Diyaliz yöntemiyle kanın süzülmesi

Diyaliz yöntemiyle ayırma endüstride de atık suların büyük moleküllü organik maddelerden arındırılmasında kullanılır.

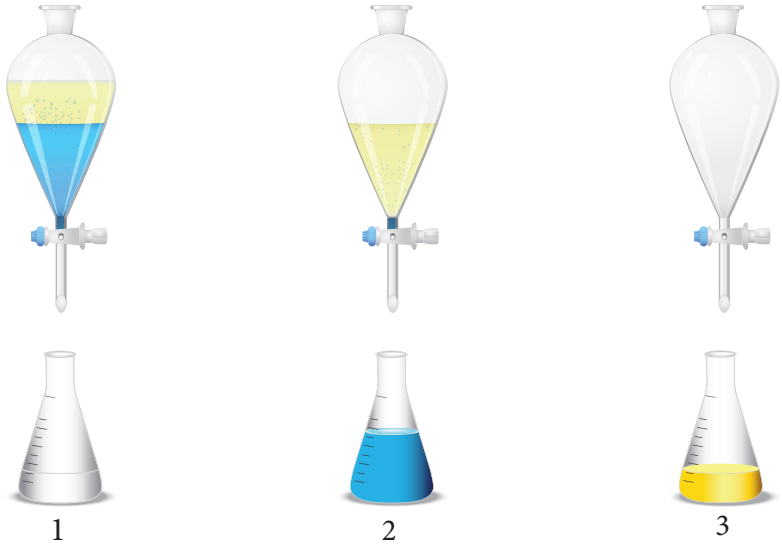
3. YOĞUNLUK FARKINDAN YARARLANARAK AYIRMA

Birbiri içinde çözünmeyen maddeler, yoğunluklarının farklı olmasından yararlanılarak ayrılabilir. Bunun için uygulanan yöntemlerden ikisi ayırma hunisi ve yüzdürmedir:

a) Ayırma Hunisi

Birbiri içinde çözünmeyen sıvı maddelerden oluşan karışım yani emülsiyon karışım, bileşenlerine ayırma hunisi ile ayrılabilir. Karışım ayırma hunisine dökülür. Yoğunluğu büyük olan sıvı ayırma hunisinin alt kısmında bulunurken, yoğunluğu düşük olan sıvı ise üst kısımda bulunur. Altta kalan bileşen, huninin musluğu açılarak başka bir kaba aktarılır (Görsel 2.22) .

Su ve karbon tetraklorür (CCl_4) karışımı, yine su-yağ ve su- benzin karışımları bu yöntemle birbirinden ayrılabilir.



Görsel 2.24 Sıvı karışımların ayırma hunisi ile ayrılması

b) Yüzdürme

Yüzdürme, genellikle katı-katı heterojen karışımların ayrılmasında kullanılan bir yöntemdir. Yüzdürme yönteminde karışımı bileşenlerine ayırmak için bileşenlerle tepkimeye girmeyen bir sıvı eklenir. Eklenen sıvının yoğunluğu bileşenlerden birisinin yoğunluğundan büyük, diğerinin yoğunluğundan küçük olmalıdır. Böylece yoğunluğu düşük olan bileşen sıvının üst kısmında, diğeri ise dipte toplanır. Sıvının üstünde biriken bileşen başka bir kaba aktarıldığında, bileşenler birbirinden ayrılmış olur. Yani yoğunluğu düşük olan bileşen yüzdürülerek diğer bileşenden ayrılmış olur.

Yüzdürme yöntemi endüstride kâğıt ve plastiklerin geri dönüşümünde, maden cevherlerinin kalıntılardan ayrılmasında vb. kullanılmaktadır.

Kullanılmış kâğıt, defter, kitap vb. kırtasiye malzemelerin üzerindeki yazılar, görselleri oluşturan boyar maddeleri çıkarmak için karışıma uygun bir sıvı eklenir. Boyar madde sıvının üstünde yüzerken, yazı ve renklerden arınmış kâğıt dipte toplanır. Maden cevherlerinin kum, toprak gibi kalıntılardan ayrılmasında ise karışım önce toz hâle getirilir. Ardından karışım suya eklenir. Çeşitli işlemler sonucunda cevher suyun üstünde, kum, toprak vb. ise dipte toplanır. Çöplerdeki plastiklerin geri dönüşümünde de çöpe su eklendiğinde plastikten yapılmış malzemeler suyun üstünde, cam, toprak vb. maddeler suyun dibinde toplanır. Böylece plastik malzemeler diğerlerinden ayrılmış olur.

4. ÇÖZÜNÜRLÜK FARKINDAN YARARLANARAK AYIRMA

Bir karışım, bir sıvıya eklendiğinde, bileşenlerin sıvıdaki çözünürlükleri farklı ise veya farklı sıcaklıklarda çözünüyorlarsa karışım bileşenlerine ayrılabilir. Bileşenlerin çözünürlüklerinin farklı olması özelliğinden yararlanarak karışımların ayrılmasında özütleme, kristallendirme ve ayrımsal kristallendirme yöntemleri kullanılmaktadır.

a) Özütleme

Herhangi bir karışımdaki istenilen maddenin uygun çözücü kullanarak karışımdan ayrılması işlemine özütleme denir. Örneğin çayın demlenmesinde çay yapraklarının renginin suya geçmesi özütlemedir. Çiçeklerden parfümün, bitkilerden ilaçların elde edilmesi de özütleme yöntemiyle gerçekleştirilir. Yine çok tuzlu peynir veya zeytinleri az tuzlu hâle getirmek için de özütleme yönteminden yararlanılır. Karışım suda bekletildiğinde, tuz suya geçer, böylece az tuzlu peynir veya zeytin elde edilir.

Görsel 2.25 Özütleme ile çayın renginin suya geçmesi

Kullanılan çözücü, karışımdaki bileşenlerle tepkimeye girmemeli ancak istenilen bileşeni çözmelidir. Böylece bileşen karışımdan, çözücüye aktarılmış olur. Örneğin şeker kamışından şeker elde etmek için, ezilmiş şeker kamışına su eklenir. Su, kamıştaki şekeri çözerken diğer maddeler çözünmez. Böylece şeker, kamıştan ayrılarak suya geçer. Daha sonra karışımın suyu buharlaştırıldığında şeker elde edilmiş olur.

Aşağıdaki deneyde verilen karışım örneğini çözünürlük farkından yararlanarak bi-leşenlerine ayıralım.

3. Deney

Deneyin Adı : Çözünürlük farkı ile ayırma

Deneyin Amacı : Özütleme yöntemini kullanarak karışımı bileşenlerine ayırmak

Kullanılan Kimyasal Maddeler

- Yemek tuzu
- Şeker
- Etil alkol

Deneyin Aşamaları

- Birer tatlı kaşığı tuz ve toz şeker bir kapta karıştırılır.
- Bir bardak yarısına kadar etil alkol ile doldurulur.
- Tuz-şeker karışımı etil alkole dökülür ve karışım karıştırılır.
- Dibe çöken tuzu, etil alkol-şeker çözeltisinden ayırmak için çözelti başka kaba aktarılır. İlk kapta tuz kalır.
- Etil alkol-şeker çözeltisinden şekeri ayırmak için ise çözelti ısıtılır. Isınma sonucunda etil alkol buharlaşır ve kapta şeker kalır.

Sonuç

- Tuz ve şekerin etil alkoldeki çözünürlüklerinin farklı olmasından yararlanarak karışım bileşenlerine ayrılır.
- Tuz etil alkolde çözünmezken, şeker çözünür. Bu nedenle tuz-şeker karışımı etil alkole eklendiğinde tuz dibe çöker, şeker ise çözeltide kalır. Böylece tuz ve şeker birbirinden ayrılır.

b) Kristallendirme

Sıvı çözeltilerde çözünmüş katı maddelerin sıcaklığı değiştirilerek, katı parçalar hâlinde dibe çökmesi yani çözeltiden ayrılmasına **kristallendirme** denir. Örneğin sıcak çayda fazla miktarda çözünmüş şeker, çay soğuduğunda dibe çöker yani kristallenir. Çay başka kaba aktarıldığında şeker kristallendirme yöntemiyle ayrılmış olur. Tuz da bu yöntemle kristallendirilebilir (Görsel 2.24).

Görsel 2.26 Tuzun kristallendirilmesi

Bu yöntem, bazı katıların belirli çözücülerde yüksek sıcaklıkta iyi çözünmeleri ancak düşük sıcaklıklarda dibe çökmeleri esasına dayanmaktadır.

c) Ayrımsal kristallendirme

Bir sıvıdaki çözünmüş katı maddelerin, farklı sıcaklıklarda kristalleşmelerinden yararlanarak ayrı ayrı elde edilmelerine **ayrımsal kristallendirme** denir. Örneğin deniz suyunda NaCl, $MgCl_2$ gibi çok farklı tuzlar bulunmaktadır. Bu tuzlardan yemek tuzunu ayırmak için karışım önce ısıtılır, ardından soğumaya bırakılır.

Soğuma esnasında her tuz farklı sıcaklıklarda dibe çöker. Böylece tuzlar birbirinden ayrımsal kristallenme ile ayrılmış olur.

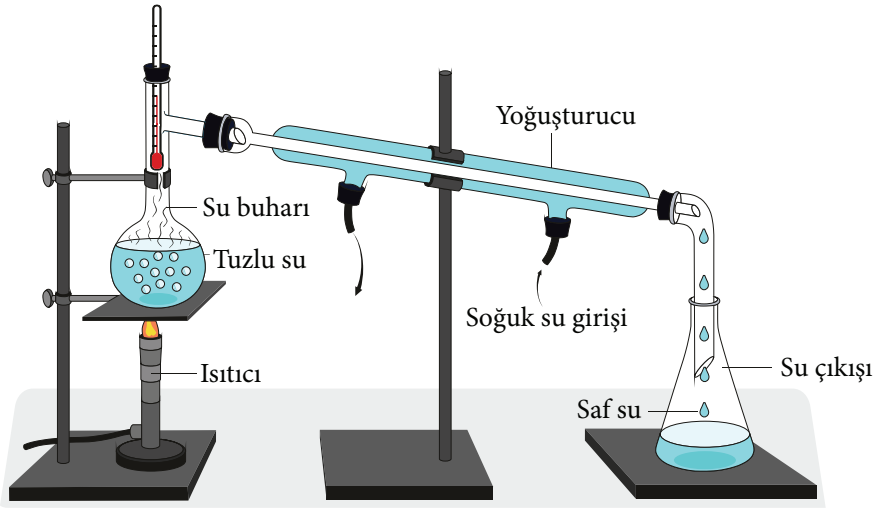
5. KAYNAMA NOKTASI FARKINDAN YARARLANARAK AYIRMA

Çözeltiler bileşenlerine, çözücü ve çözünenin kaynama noktalarının farklı olmasından yararlanılarak ayrılır. Bu işlem damıtma yöntemi ile gerçekleştirilir. **Damıtma**, bir sıvının önce buharlaştırılıp ardından yoğuşturulması işlemine denir. Damıtma yöntemi **basit damıtma** ve **ayrımsal damıtma** olmak üzere ikiye ayrılır:

a) Basit damıtma

İçinde katı madde çözünmüş sıvı çözeltilerin bileşenleri basit damıtma ile elde edilir. Örneğin tuzlu su çözeltisindeki su ve tuz ayrı ayrı bu yöntemle ile aşağıda belirtildiği gibi elde edilir:

- Tuzlu su çözeltisi damıtma kabına konulur ve ısıtılır. (Görsel 2.27)
- Bir süre sonra çözelti kaynamaya başlar. Suyun tamamı buharlaştığında, tuz bu sıcaklıkta buharlaşamayacağından, kapta yalnızca tuz kalır.
- Buharlaşan su yoğuşturucuya gelir. Yoğuşturucu içi içe 2 cam borudan oluşmaktadır. İçteki boruya sıvının buharı gelir, dıştaki boruda ise su buharını soğutması amacıyla soğuk su bulunur.
- Yoğuşturucudaki su buharı, soğutucunun etkisiyle yoğuşur ve damlalar hâlinde toplama kabında birikir. Elde edilen su, saf sudur. Bu şekilde su ve tuz birbirinden ayrı olarak elde edilir.



Görsel 2.27 Basit damıtma düzeneği

Arabistan gibi sıcak ve kurak bölgelerde basit damıtma yöntemi ile deniz suyundan içme suyu elde edilmektedir.

BİLGİ NOTU

İçinde katı madde çözünmüş sıvı çözeltilerde, sıvıyı buharlaştırılıp sadece katı maddeyi elde etme işlemine **buharlaştırma** denir. Örneğin tuzlu su çözeltisinde sadece tuzu elde etmek için buharlaştırma; hem tuz hem suyu elde etmek için basit damıtma yöntemi kullanılır.

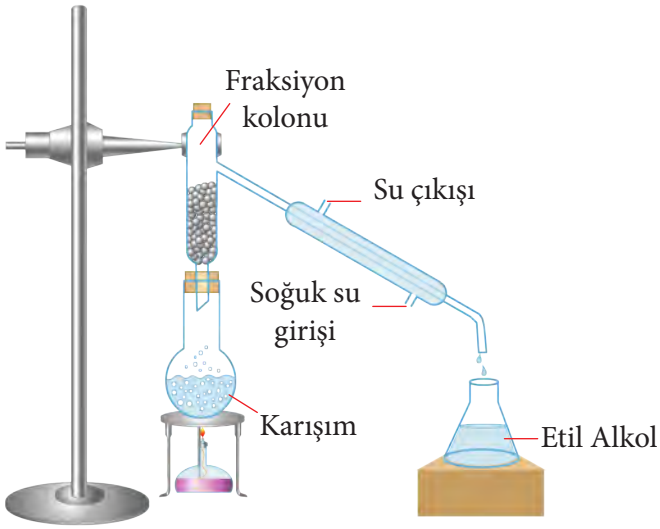
b) Ayrımsal damıtma

Birbiri içinde çözünen sıvılar ise birbirinden kaynama sıcaklıkları farkından yararlanarak ayrılır. Bunun için kullanılan yöntem ise ayrımsal damıtmadır. Ayrımsal damıtma için kullanılan alet basit damıtma aletine benzer yapıdadır ancak ek olarak fraksiyon kolonu bulunur. Fraksiyon kolonu kırık cam parçaları içeren bir cam tüptür. Çözeltideki sıvılar farklı sıcaklıklarda kaynayacağından fraksiyon kolonu sayesinde farklı zamanlarda yoğuşturulup, ayrı kaplarda toplanmaktadır.

Örneğin etil alkol-su karışımı, bileşenlerine ayrımsal damıtma yöntemiyle aşağıdaki gibi ayrılır:

(Etil alkolün kaynama sıcaklığı 78 ^{o}C, suyun kaynama sıcaklığı 100 ^{o}C'tur.)

- Karışım ayrımsal damıtma aletinde ısıtılır (Görsel 2.26). Karışımın sıcaklığı 78 ^{o}C civarında olunca, oluşan buhar çoğunlukla etil alkol, çok az oranda ise su içerir.
- Karışım ısıtılmaya devam edilir. Etil alkol ve su buharı karışımı fraksiyon kolonunda yükselir. Cam parçalarına çarpan su buharı yoğuşarak tekrar aynı kaba döner.
- Ancak alkol buharı kaynama sıcaklığına ulaştığından cam parçalarına çarptığında yoğuşmaz ve fraksiyon kolonundan geçerek soğutma kolonuna ulaşır. Soğutma kolonunda yoğuşan alkol ayrı bir kapta toplanır.
- Karışımın sıcaklığı 78 ^{o}C'u geçtiğinde bütün etil alkolün buharlaştığını, kapta sadece su kaldığını söyleyebiliriz. Bu durumda ısıtma işlemi sonlandırılır, böylece kapların birinde etil alkol, diğerinde ise su toplanmış olur.



Görsel 2.26 Ayrımsal damıtma aleti

Ham petrolden mazot, benzin, gaz yağı vb. yakıtlar ayrımsal damıtma yöntemiyle elde edilir. Ayrıca metil alkol ve etil alkol karışımı da ayrımsal damıtma yöntemiyle birbirinden ayrılır. Havadan azot, oksijen gibi gazların elde edilmesi de ayrımsal damıtma yöntemiyle gerçekleştirilir. Hava önce soğutularak sıvı hâle getirilir. Sıvılaştırılmış hava ardından ayrımsal damıtma ile bileşenlerine ayrılır.

6. ERİME NOKTASI FARKI İLE AYIRMA

Katı maddelerden oluşan karışımlar bileşenlerine erime noktaları farkından yararlanarak ayrılabilir. Karışım yeterince ısıtıldığında erime noktası düşük olan katı önce erir. Eriyen madde, başka bir kaba aktarıldığında bileşenler birbirinden ayrılmış olur.

Bu yöntem genellikle alaşımların ayrılmasında kullanılır. Örneğin altın takılar; altın, bakır, gümüş vb. metallerin homojen karışımıdır. Kullanılmış takılardaki bu metalleri ayırmak için erime noktaları farkından yararlanılır. Örneğin altın ve bakırdan oluşan bir takıyı bileşenlerine ayırmak için karışım ısıtılır. Altının erime sıcaklığı bakırınkinden daha düşüktür. Bu nedenle önce altın eriyerek sıvı hâle geçer, bakır ise altının erime sıcaklığında katı hâldedir. Sıvı altın, başka bir kaba aktarılarak bakırdan ayrılır.

Görsel 2.27 Metalin erimesi

Lehim (kalay-kurşun) alaşımı da bileşenlerine erime noktaları farklıyla ayrılır. Karışım ısıtıldığında önce kalay eriyerek karışımdan ayrılır.

8. Uygulama

- A karışımı bileşenlerine ayrımsal damıtma ile ayrılıyor.
- B karışımının ayrılması için ayırma hunisi kullanılıyor.
- C karışımı katı ve sıvı bileşenlerden oluşuyor, ayrılmasında süzme yöntemi uygulanıyor.

Buna göre verilen karışımların türlerini yazınız.

Çözüm:

- Ayrımsal damıtma birbiri içinde çözünen sıvıları ayırmak için kullanılmaktadır. Bu nedenle A karışımı sıvı bileşenlerden oluşan bir çözeltidir.
- Ayırma hunisi birbiri içinde çözünmeyen sıvıları ayırmak için kullanılır. B karışımı emülsiyondur.
- Karışıma süzme yöntemi uygulandığından bileşenler birbiri içinde çözünmemişlerdir. Bileşenler katı-sıvı olduğundan karışım süspansiyondur.

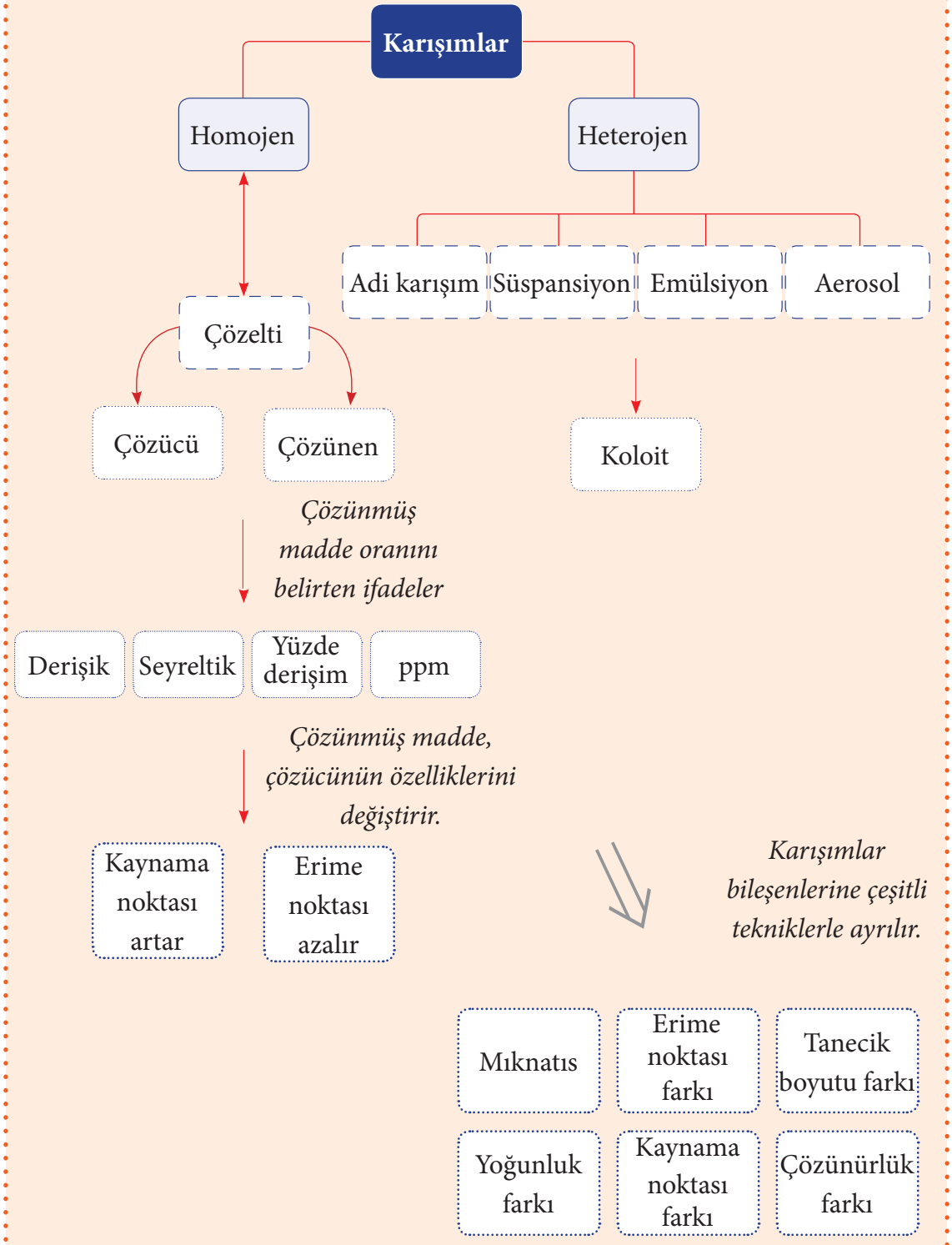
9. Uygulama

Kum, tuz ve demir tozundan oluşan bir karışım bileşenlerine hangi yöntemlerle ayrılır?

Çözüm:

- Karışıma mıknatıs tutulur. Mıknatıs demir tozunu çekerken kum ve tuz karışımda kalır.
- Kum-tuz karışımına su eklenir. Suda tuz çözünür, kum çözünmez. Karışım süzülür. Böylece kum da karışımdan ayrılmış olur.
- Son olarak tuzlu su karışımı ısıtılır. Isıtma işlemi sonucunda su buharlaşır, tuz kapta kalır.

ÖZET


Karışımlar
Homojen
Heterojen
Adi karışım
Süspansiyon
Emülsiyon
Aerosol
Çözelti
Çözücü
Çözünen
Koloit
Çözünmüş madde oranını belirten ifadeler
Derişik
Seyreltik
Yüzde derişim
ppm
Çözünmüş madde, çözücünün özelliklerini değiştirir.
Kaynama noktası artar
Erime noktası azalır
Karışımlar bileşenlerine çeşitli tekniklerle ayrılır.
Mıknatıs
Erime noktası farkı
Tanecik boyutu farkı
Yoğunluk farkı
Kaynama noktası farkı
Çözünürlük farkı

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1- Aşağıdaki ifadelerden hangileri doğrudur?

I. Koloitlerde, bileşenler taneciklerine kadar ayrılır.

II. Heterojen karışımlara çözelti de denir.

III. Homojen karışımlar tek faza sahiptir.

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

2- Karışımların sınıflandırılması ile ilgili hangi seçenek yanlıştır?

	Karışım	Sınıfı
A)	Deodorant	Koloit
B)	Çamur	Adi karışım
C)	Benzin-su	Emülsiyon
D)	Sis	Aerosol

3- Aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Hidrojen bağından dolayı etil alkol ve su birbiri içinde çözünür.

B) Polar maddeler suda çözünmez.

C) İyonik bileşikler suda çözünürken iyonlarına ayrılır.

D) Kovalent bileşiklerin suda çözünmesi moleküllerine ayrılma şeklinde gerçekleşir.

4- Aşağıdaki maddelerden hangisi suda çözünmez?

A) Etil alkol

B) Sodyum klorür

C) Şeker

D) Karbon tetraklorür

5- 300 g şeker içeren 2 L meyve suyu için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) Şeker çözücüdür.

B) Su çözünendir.

C) Çözelti derişimi hacimce-kütlece (g) / (mL) % 15'tir.

D) Süspansiyon karışımdır.

6- Kütlece % 25'lik, 8 kg tuzlu su çözeltisinin kaç litresi sudur?

A) 2 B) 4 C) 6 D) 8

7- Aşağıdaki çözeltilerden hangileri derişiktir?

I. Konsantre meyve suyu
II. Serum fizyolojik
III. İçme suyu
IV. Şerbet

A) I ve IV B) II ve III C) Yalnız I D) Hepsi

8- Aşağıdaki maddelerden hangisi heterojen karışımdır?

A) Limonata B) Hava C) Kahve D) Alaşım

9- Aşağıda, hangi seçenekte verilen maddeler karıştırıldığında çözelti elde edilir?

A) Su- karbon tetraklorür

B) Toz şeker- yemek tuzu

C) Su- toprak

D) Oksijen gazı-hidrojen gazı

10- Bir bardak suya bir çay kaşığı yemek tuzu (NaCl) eklendiğinde aşağıdaki olaylardan hangisi gerçekleşmez?

A) Su molekülleri, Na^+ ve Cl^- iyonlarının etrafını sarar.

B) NaCl, iyonlarına ayrışır.

C) Çözelti elde edilir.

D) Tuz ve su olmak üzere iki farklı faz oluşur.

11- Aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Çözünen madde miktarı arttıkça çözeltinin kaynama noktası yükselir.

B) Çözünen madde miktarı artıkça çözeltinin donma noktası düşer.

C) Suya tuz eklendiğinde kaynama sıcaklığında bir değişiklik olmaz.

D) Seyreltik çözelti derişik hâle getirildiğinde daha yüksek sıcaklıkta kaynamaya başlar.

12- Karışımların bileşenlerine ayrılmasıyla ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Etil alkol-su karışımı ayırma hunisiyle birbirinden ayrılır.

B) Bronzu oluşturan bakır ve kalay metalleri birbirinden erime noktası farkı ile ayrılır.

C) Çiçeklerin kokusundan parfüm elde edilmesi özütleme yöntemi ile gerçekleştirilir.

D) Ham petrolden benzin elde edilmesi ayrımsal damıtma ile gerçekleşir.

13- Aşağıdaki karışımlardan hangisi bileşenlerine süzme yöntemiyle ayrılamaz?

A) Şeker-su

B) Kaymak-süt

C) Portakal suyu-posası

D) Kurum-hava

CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE

1 C	2 C	3 B	4 A	5 A	6 B	7 B	8 C
9 B	10 B	11 C	12 A	13 B			

2. ÜNİTE

1 B	2 B	3 B	4 D	5 C	6 C	7 A	8 C
9 D	10 D	11 C	12 A	13 A			

SÖZLÜK

- A -

alaşım: İki ya da daha çok metalden, bazı durumda da metallerle karbon, fosfor, tellür gibi elementlerden oluşan metal görünümünde homojen karışım.

analiz: Bir madde içerisindeki bileşiklerin hepsinin veya bir kaçının miktarını ve neler olduğunu ortaya koyma.

ayrışma: Maddelerin çeşitli etkenler nedeniyle daha yalın atom ya da moleküllere bölünmesi.

- B -

bağıl: Özdeş türden başka bir şeyle karşılaştırılarak ölçülen ya da değerlendirilen (nicelik).

bileşen: Karışımı oluşturan maddelerden her biri.

- D -

denkleştirme: Kimyasal tepkimede, tepkimeye giren ve tepkimeden çıkan atomların sayılarını birbirine eşitlemek için yapılan işlem.

dipol: Çevresinde eşit olmayan bir biçimde dağılmış elektrik yükü bulunan, hem pozitif hem de negatif yüke sahip olan su gibi moleküller.

- E -

etkileşim: Atom, molekül veya iyonların sahip oldukları elektrik yükünden dolayı birbirlerine uyguladıkları kuvvet.

- F -

faz: Her tarafı aynı homojenlikte olan, sınırları tanımlanabilen bölgeler.

formül: Molekül yapılı bileşikler için meleküldeki atomların cinsini ve sayısını, iyonik veya örgü yapılı katılar içinde bileşime giren atomların sayıca en basit oranlarını gösteren element sembollerinden ve sayılarından oluşan küme.

- İ -

izotop bolluğu: Bir elementin bir izotopunun sayısının, o elementin atomlarının toplam sayısına veya belirlenmiş izotopun atomlarının sayısına oranı.

- K -

kanun: Doğa olaylarının oluş nedenlerini ortaya koyan ve gelecekteki olayları önceden tahmin etme olanağı veren bağıntı.

kireç: Kireç taşının ısıtılmasıyla elde edilen beyaz renkli madde.

koloidal: Koloit durum gösteren, koloit niteliğinde, yapısında olan.

kütle spektrometresi: C-12 izotopunun standart alınarak element atomlarının kütlelerini tayin etmeye yarayan cihaz. Gaz halindeki iyon demeti düzenekten geçerken elektrik ve magnetik alanlar yardımıyla ayrılır. Bunlar bir ölçü aletine gönderilerek iyonların varlığı ve miktarı belirlenir.

- M -

makroskobik boyut: Mikroskop kullanmadan çıplak gözle görebildiğimiz boyut.

moleküler düzey: Atom, molekül, iyon boyutunda olan.

- S -

serum fizyolojik: Belirli bir derişimi olan tuzlu su çözeltisi.

stokiyometri: Kimyasal tepkimelerde madde denkliğini sağlamak için madde miktarları ile ilgili yapılan hesaplamalar.

- T -

tepkime: Bir ya da daha çok iyon, atom ve molekülün başka iyon, atom ve moleküllere dönüşmesi olayı.

- V -

verim: Elde edilen ürün miktarının teorik olarak elde edilebilecek ürün miktarına oranı.

- KAYNAKÇA -

1. BYLİKİN, Sergey; HORNER, Gary; BRİAN Murphy vd., Chemistry, IB Diploma Programme, Oxford University Press, 2014.

2. CLUGSTEN, Michael; ROSALİND, Flemming; Advanced Chemistry (Updated for the 2008 specifications), Oxford University Press, 2011.

3. CORWIN, Charles H.; Introductory Chemistry: Concepts and Critical Thinking (sixth edition), Pearson prentice Hall, 2011.

4. EBBING, Darrel D.; General Chemistry (Fith edition), Houghton Mifflin, 1996.

5. GREEN, John; DAMJİ, Sadru; Chemistry (3 rd edition), International Baccalaureate, IBID Press, 2008.

6. HILL, John W.; KOLB, Doris K.; Chemistry for Changing Times (Tenth edition), Pearson Prentice Hall, 2004.

7. HILL, John W.; McCREARY, Terry W.; KOLB, Doris K.; Chemistry for Changing Times (Twelfth edition), Pearson International Edition, 2010.

8. NEUSS, Geoffrey; Chemistry (2 nd edition), IB Diploma Programme, Oxford University Press, 2010.

9. SAUNDERS, Angela; SAUNDERS, Nigel; GCSE Chemistry, OCR Gateway, Oxford University Press, 2011.

10. SUCHOCKI, John; Conceptual Chemistry (4 th edition), Pearson Prentice Hall, 2011.

11. WILBRAHAM, C. Antony; STALEY, D. Dennis; MATTA, S.Michael, Chemistry 11, Pearson, 2017.

- GÖRSEL KAYNAKÇA -

1. 1.Ünite kapak görseli- 410136694 (Shutterstock)
2. Demir tozu - 310449722 (Shutterstock)
3. Hidrojen molekülü ve atomları- 53517163 (Shutterstock)
4. Kek malzemeleri- 526368250 (Shutterstock)
5. 2. Ünite kapak görseli- 27676573 (123rf)
6. Heterojen karışım (yağ-su karışımı)- 10240175 (123rf)
7. Bileşik (bardakta su)- 37492648 (123rf)
8. Sıvı yağ- su karışımı- 349248 (123rf)
9. Adi karışım (Salata)- 10453253 (123rf)
10. Adi karışım (Kuruyemiş) - 43991558 (123rf)
11. Süspansiyon karışım (Türk kahvesi)- 52944145 (123rf)
12. Süspansiyon karışım (Ayran)- 57824263 (123rf)
13. Emülsiyon karışım (sıvı yağ-su)- 70049467 (shutterstock)
14. Koloit karışım (Süt) - 31874593 (123rf
15. Beherde etil alkol- 30608434 (123rf)
16. Seyreltik çözelti (serum fizyolojik)- 66975043 (123rf)
17. Makarnanın pişmesi- 33214329 (123rf)
18. Antifriz- 32779375 (123rf)

19. Yolların tuzlanması- 61193031(123rf)

20. Mıknatısın demiri çekmesi- 37621841 (123rf)

21. Un eleme- 31284698 (123rf)

22. Hava filtresi- 85262016 (123rf)

23. Diyaliz-215394079 (Shutterstock)

24. Ayırma hunisi- 39635921 (123rf)

25. Erlen- 52237104 (123rf)

26. Çayın özütlenmesi- 32354657 (123rf)

27. Basit damıtma- 80631818 (123rf)

28. Metalin erimesi- 34029362 (123rf)