



**HEYDƏR ƏLİYEV**  
**AZƏRBAYCAN XALQININ ÜMUMMİLLİ LİDERİ**



Elşad Abdullayev  
Elmar İmanov  
Fətəli Hüseynov

# Kimya

Ümumi təhsil müəssisələrinin 9-cu sinifləri üçün  
kimya fənni üzrə dərslik (1-ci hissə)

9

1-ci hissə

DƏRSLİK

©Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi




**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0International  
(CC BY-NC-SA 4.0)**

Bu nəşr Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International  
lisenziyası (CC BY-NC-SA 4.0) ilə [www.trims.edu.az](http://www.trims.edu.az) saytında əlçatandır. Bu nəşrin  
məzmunundan istifadə edərkən sözügedən lisenziyanın şərtlərini qəbul etmiş olursunuz:

İstinad zamanı nəşrin müəllif(lər)inin adı göstərilməlidir. 

Nəşrdən kommersiya məqsədilə istifadə qadağandır. 

Tərəmə nəşrlər orijinal nəşrin lisenziya şərtlərilə yayılmalıdır. 

Bu nəşrlə bağlı irad və təkliflərinizi [trm@arti.edu.az](mailto:trm@arti.edu.az) və [derslik@edu.gov.az](mailto:derslik@edu.gov.az)  
elektron ünvanlarına göndərməyiniz xahiş olunur.  
Əməkdaşlığınız üçün əvvəlcədən təşəkkür edirik!

# Dərsliliyinizlə tanış olun

## Bölmənin ilk səhifəsi

Elm tarixindən, təbiətdən və ya texnologiya sahəsindən maraqlı məlumatlar təqdim olunur. Səhifədəki suallar əvvəlki bilikləri yada salmağa və onları bölmənin mövzuları ilə əlaqələndirməyə kömək edir. Bu hissədəki material bölmədə öyrədilən mövzular haqqında ilkin təsəvvür formalaşdırır.

## 1 Maddə miqdarı

XIX əsrin avallılarında ingilis alimi Con Dalton kimyanın inkişafı üçün qazların kütləsi üzərində böyük əhəmiyyət kəsb edən ardıcıl araşdırmalar apardı. O, hidrogen, azot, oksigen və karbon qazı üzərində aparıldığı təcrübələrin nəticələrini diqqətlə analiz edən zaman maddələrin tamal quruluşunda ciddi bir nizam olduğunu gördü.



Daltona görə, bütün maddələr kiçik, bölünməz zərəciklərdən – atomlardan ibarət idi. Yəni hər bir elementin atomları eyni kütləyə malik olsa da, müxtəlif elementlərin atomları bir-birindən kütləsinə görə fərqlənir.

- Dalton həm də kimya elminin inkişafında mühüm addım olan "nisbi atom kütləsi" anlayışını elmə daxil etdi. O an yüngül element olan hidrogenin atom kütləsini 1 qəbul etdi və bütün digər elementlərin atom kütləsini hidrogenlə müqayisə etməyə başladı. Nəticədə ilk dəfə elementlərin atom kütlələrinin cədvəli tərtib olundu. Onun işləri dənizə riyazi qanunauyğunluqlara əsaslanaraq kimyanın inkişafına imkan yaradı və "maddə miqdarı" anlayışının formalaşmasına yol açdı.
- 1. Müxtəlif elementlərin atomlarının kütləsi bir-birindən seçilir. Maddələrin kütləsini müqayisə etmək biza nə üçün vacibdir?
- 2. Sızca, maddələri riyazi qanunauyğunluqlarla öyrənmək biza hansı imkanları verir?
- 3. "Maddənin miqdarı" dedikdə nə başa düşürsünüz?

### Bölmədə öyrəniləcək

- Nisbi atom kütləsi elementin atomunun kütləsinin  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin  $\frac{1}{12}$  hissəsinə olan nisbətidir.
- Maddələrin nisbi molekullar kütləsi onun indekslər nəzərə alınmaqla tərkibinə daxil olan atomların nisbi atom kütlələri cəmiyyəti bərabərdir.
- Molyar kütlə maddənin 1 molunun kütləsidir və vahid qüvvədədir.
- Yəni temperatur və təzyiqlə müxtəlif qazların bərabər həcmində eyni sayda molekullar eyni qapıda məhsul qalması onların mol sayına olan nisbətə bərabərdir.
- Nisbi sətir verilmə şəraitində həcmi bərabər olan bir qazın digərindən neçə dəfə ağır olduğunu göstərir.

**Bölmədə öyrəniləcək**  
Bölmədəki mövzular əsasında qazanılan bilik və bacarıqlar sadalanır.

1 hissə

## 1.1 Nisbi atom kütləsi və nisbi molekullar kütləsi

Təsəvvür edin ki, sinifdə tərəzi yoxdur, lakin müxtəlif ölçülu daşların kütləsini müqayisə etmək lazımdır. Müqayisə üçün bir daş "nümünə vahidi" kimi seçilir və qalan daşların kütləsi bu "nümünə vahidi"na əsasən (məsələn, 0,5 vahid, 1 vahid, 3 vahid və s.) müqayisə edilir.



- Müqayisə üçün "nümünə vahidi" seçməyin üstünlüyü nədir?
- "Nümünə vahidi"ni dəyişsək, müqayisə etdiyimiz ədədlər də dəyişərmisə?
- Atomların kütləsinin hesablanması bu üsuldən istifadə etmək olarmı?
- Bunun üçün nə təklif edirsiniz?

**Açıq sözlər** nisbi atom kütləsi, nisbi molekullar kütləsi, nisbi formul kütləsi

### Nisbi atom kütləsi

Atomların kütləsinin çox kiçik olduğunu bilirsiniz. Hesablamalarda atomların haqiqi kütlələrindən istifadə etmək praktik olaraq əlverişli deyil. Buna görə müxtəlif atomların kütlələri standart bir atomun kütləsi ilə müqayisə edilir. Standart kimi karbonun izotopu olan  $^{12}\text{C}$  (karbon-12) atomunun kütləsi

seçilir və digər bütün atomların kütləsi  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin  $\frac{1}{12}$  hissəsi ilə müqayisə olunur. Müqayisədən alınan kəmiyyət **nisbi atom kütləsi** adlanır və **A<sub>r</sub>** ilə işarə olunur (A – atom kütləsi, r – "relative" (nisbi) sözünü bildirir).

## Maraqoyatma

Bu hissədə tanış situasiya və ona aid suallar təqdim olunur. Dərsin fəaliyyət və izah mərhələlərinə hazırlıq məqsədi daşıyır. Situasiya təhlil olunur, suallara cavab verməklə mövzuya dair ilkin biliklər yada salınır.

## İzahetmə

Yeni mövzu izah edilir.

### Fəaliyyət "Standart" dəyişdikdə nisbi kütlələr necə hesablanır?

**Addım 1.** Müxtəlif "standart"lar seçilir.

**Addım 2.**  $k = \frac{A_r(\text{karbon-12})}{A_r(\text{standart})}$  düsturuna əsasən çevrilmə əmsali müəyyən edilir.

**Addım 3.** Çevrilmə əmsali ilə elementlərin yeni "standart"ə əsasən nisbi atom kütlələri hesablanır.

a. Helium-4 standartına görə:

Element	Dövri cədvəldəki A <sub>r</sub> -i	Yeni standartla görə A <sub>r</sub> -i	Element	Dövri cədvəldəki A <sub>r</sub> -i	Yeni standartla görə A <sub>r</sub> -i
H	1		S	32	
C	12		Cl	35,5	
N	14		K	39	
O	16		Ca	40	
Na	23		Fe	56	
Mg	24		Br	80	

b. Oksigen-16 standartına görə:

Element	Dövri cədvəldəki A <sub>r</sub> -i	Yeni standartla görə A <sub>r</sub> -i	Element	Dövri cədvəldəki A <sub>r</sub> -i	Yeni standartla görə A <sub>r</sub> -i
H	1		S	32	
C	12		Cl	35,5	
N	14		K	39	
O	16		Ca	40	
Na	23		Fe	56	
Mg	24		Br	80	

## Fəaliyyət

Qoyulmuş suala cavab tapmaq üçün yerinə yetirilən praktik tapşırıqdır. Bu fəaliyyət nəticəsində diqqət yeni mövzunun əsas anlayışlarına yönəldilir və proses bacarıqları inkişaf etdirilir.

## Düşün – müzakirə et – paylaş

Təqdim olunan sual düşünmək və cavabları sinifdə müzakirə etmək üçün nəzərdə tutulur. Bu zaman fərziyyələri əsaslandırmaq, müstəqil düşünmək və kommunikasiya bacarıqları inkişaf etdirilir.

### DÜŞÜN – MÜZAKİRƏ ET – PAYLAŞ

Havanın həcmə 78% azot, 21% oksigen və 1%  $\text{CO}_2$  -dən ibarət olduğunu nəzərə alaraq onun orta molyar kütləsini ( $M_r$ ) hesablayın.



## Bölmə 1 Maddə miqdarı

1.1	Nisbi atom kütləsi və nisbi molekul kütləsi . . . . .	8
1.2	Maddə miqdarı . . . . .	13
1.3	Molyar kütlə . . . . .	19
1.4	Molyar həcm. Avoqadro qanunu . . . . .	23
1.5	Qazların sıxlığı və nisbi sıxlıq . . . . .	27
	Elm, texnologiya, həyat . . . . .	31
	Layihə . . . . .	32
	Xülasə . . . . .	34
	Ümumiləşdirici tapşırıqlar . . . . .	35

## Bölmə 2 Kimyəvi formul və tənliklər üzrə hesablamalar

2.1	Kütlə payı və kütlə nisbəti . . . . .	38
2.2	Sadə və həqiqi formulların çıxarılması . . . . .	41
2.3	Kimyəvi tənliklər üzrə hesablamalar . . . . .	44
2.4	Kimyəvi reaksiyaların çıxımı. . . . .	48
	Elm, texnologiya, həyat . . . . .	51
	Layihə . . . . .	53
	Xülasə . . . . .	54
	Ümumiləşdirici tapşırıqlar . . . . .	55

## Bölmə 3 Termokimya

3.1	Entalpiya . . . . .	58
3.2	İstiliyin ölçülməsi . . . . .	64
3.3	Standart entalpiya dəyişməsi. Hess qanunu . . . . .	69
3.4	Rabitə enerjisi . . . . .	78
3.5	Qıdanın enerji dəyərinin hesablanması . . . . .	84
	Elm, texnologiya, həyat . . . . .	88
	Layihə . . . . .	90
	Xülasə . . . . .	92
	Ümumiləşdirici tapşırıqlar . . . . .	93
	Lüğət. . . . .	95

# bölmə 1

## Maddə miqdarı

XIX əsrin əvvəllərində ingilis alimi Con Dalton kimyanın inkişafı üçün qazların kütləsi üzərində böyük əhəmiyyət kəsb edən ardıcıl araşdırmalar aparırdı. O, hidrogen, azot, oksigen və karbon qazı üzərində apardığı təcrübələrin nəticələrini diqqətlə analiz edən zaman maddələrin təməl quruluşunda ciddi bir nizam olduğunu gördü.

Daltona görə, bütün maddələr kiçik, bölünməz zərrəciklərdən – atomlardan ibarət idi. Yəni hər bir elementin atomları eyni kütləyə malik olsa da, müxtəlif elementlərin atomları bir-birindən kütləsinə görə fərqlənir.



- Dalton həm də kimya elminin inkişafında mühüm addım olan “nisbi atom kütləsi” anlayışını elmə daxil etdi. O ən yüngül element olan hidrogenin atom kütləsini 1 qəbul etdi və bütün digər elementlərin atom kütləsini hidrogenlə müqayisə etməyə başladı. Nəticədə ilk dəfə elementlərin atom kütlələrinin cədvəli tərtib olundu. Onun işləri dəqiq riyazi qanunauyğunluqlara əsaslanaraq kimyanın inkişafına imkan yaratdı və “maddə miqdarı” anlayışının formalaşmasına yol açdı.
- 1. Müxtəlif elementlərin atomlarının kütləsi bir-birindən seçilir. Maddələrin kütləsini müqayisə etmək bizə nə üçün vacibdir?
- 2. Sizcə, maddələri riyazi qanunauyğunluqlarla öyrənmək bizə hansı imkanları verir?
- 3. “Maddənin miqdarı” dedikdə nə başa düşürsünüz?

### Bölmədə öyrənəcəksiniz

- Nisbi atom kütləsi elementin atomunun kütləsinin  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin  $\frac{1}{12}$  hissəsinə olan nisbətidir
- Maddənin nisbi molekulyar kütləsi indekslər nəzərə alınmaqla onun molekulyar tərkibinə daxil olan atomların nisbi atom kütlələri cəminə bərabərdir
- Mol –  $6,02 \cdot 10^{23}$  sayda zərrəcikdən (molekul, atom və ya ionlardan) təşkil olunmuş maddə miqdarıdır
- Molyar kütlə maddənin 1 molunun kütləsidir və vahidi q/mol-dur
- Eyni temperatur və təzyiqdə müxtəlif qazların bərabər həcmələrində eyni sayda molekulyar olur
- Eyni şəraitdə müxtəlif qazların həcmi onların mol sayına olan nisbəti sabit kəmiyyət olub molyar həcm adlanır
- Nisbi sıxlıq verilmiş şəraitdə həcmi bərabər olan bir qazın digərindən neçə dəfə ağır olduğunu göstərir

## 1.1 Nisbi atom kütləsi və nisbi molekul kütləsi

Təsəvvür edin ki, sinifdə tərəzi yoxdur, lakin müxtəlif ölçülü daşların kütləsini müqayisə etmək lazımdır. Müqayisə üçün bir daş "nümunə vahidi" kimi seçilir və qalan daşların kütləsi bu "nümunə vahidi" nə əsasən (məsələn, 0,5 vahid, 1 vahid, 3 vahid və s.) müqayisə edilir.



- Müqayisə üçün "nümunə vahidi" seçməyin üstünlüyü nədir?
- "Nümunə vahidi"ni dəyişsək, müəyyən etdiyimiz ədədlər də dəyişərmə?
- Atomların kütlələrinin müqayisə edilməsində bu üsuldən istifadə etmək olarmı?
- Bunun üçün nə təklif edərdiniz?

### Açar sözlər

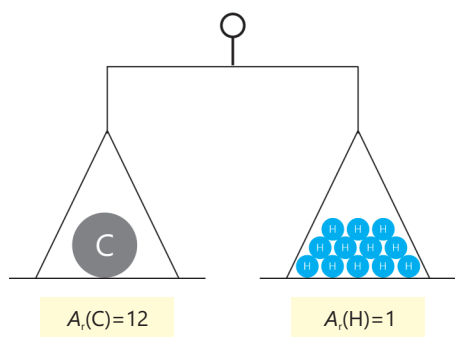
nisbi atom kütləsi, nisbi molekul kütləsi, nisbi formul kütləsi

### Nisbi atom kütləsi

Atomların kütləsinin çox kiçik olduğunu bilirsiniz. Hesablamalarda atomların həqiqi kütlələrindən istifadə etmək praktik olaraq əlverişli deyil. Buna görə müxtəlif atomların kütlələri standart bir atomun kütləsi ilə müqayisə edilir. Standart kimi karbonun izotopu olan  $^{12}\text{C}$  (karbon-12) atomunun kütləsi seçilir və digər bütün atomların kütləsi  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin  $\frac{1}{12}$  hissəsi ilə müqayisə olunur. Müqayisədən alınan kəmiyyət **nisbi atom kütləsi** adlanır və **A<sub>r</sub>** ilə işarə olunur (A – atom kütləsi, r – "relative" (nisbi) sözünü bildirir).

### Bilirsinizmi?

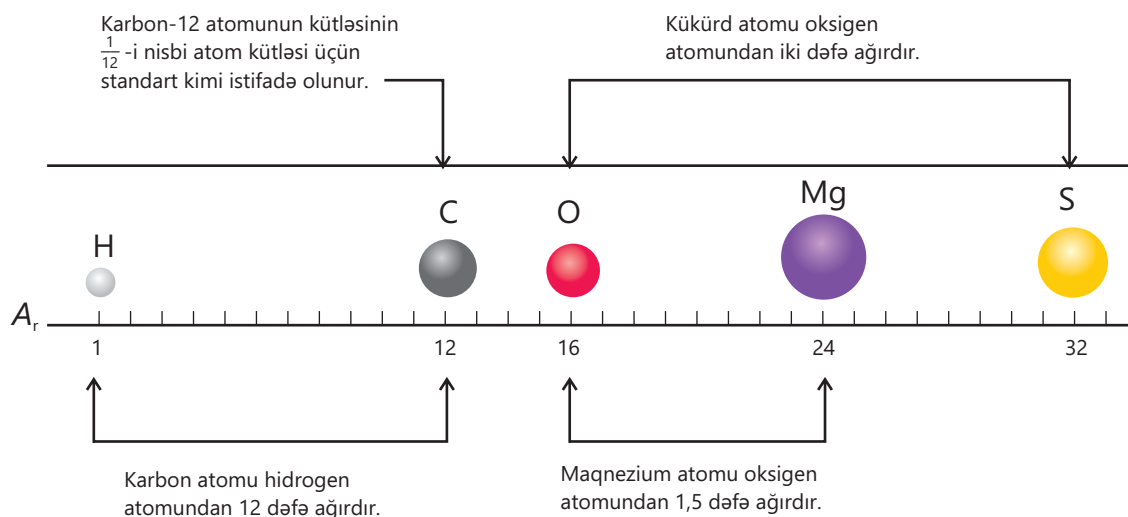
Bir karbon atomunun həqiqi kütləsi təxminən 0,000 000 000 000 000 000 0199, yəni  $1,99 \cdot 10^{-23}$  qramdır.



**Nisbi atom kütləsi** bir elementin atomunun kütləsinin  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin  $\frac{1}{12}$  hissəsinə olan nisbətidir.

Məsələn, hidrogen atomunun kütləsi  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin  $\frac{1}{12}$  hissəsinə bərabər olduğundan onun nisbi atom kütləsi 1 ( $A_r(\text{H})=1$ ), oksigen atomunun kütləsi isə 16 dəfə böyük olduğu üçün onun nisbi atom kütləsi 16-dır ( $A_r(\text{O})=16$ ).

Nisbi atom kütləsi kütlələr nisbəti olduğundan ölçü vahidi yoxdur. Hər bir elementin nisbi atom kütləsi elementlərin dövrü cədvəlində verilir. Aşağıdakı sxemdə nisbətlərə əsasən bəzi atomların kütlələrinin müqayisəsi verilib.



Təbiətdə tapılan elementlərin bir çoxunun izotoplar qarışığından ibarət olduğunu bilirsiniz. Bu elementlərin nisbi atom kütləsi onların izotoplarının təbiətdə miqdarı nəzərə alınmaqla kütlə ədədlərinin orta qiyməti ilə ifadə olunur. Məsələn, A və B izotopları olan elementin nisbi atom kütləsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$A_r = \frac{(A \text{ izotopunun \% -i} \cdot A \text{ izotopunun kütlə ədədi}) + (B \text{ izotopunun \% -i} \cdot B \text{ izotopunun kütlə ədədi})}{100}$$

**NÜMUNƏ** Xlorun iki təbii izotopu var: xlor-35 və xlor-37.

Adı	Proton sayı	Neytron sayı	Kütlə ədədi	Təbiətdə tapılması, %
xlor-35	17	18	35	75
xlor-37	17	20	37	25

Xlorun nisbi atom kütləsini hesablayın.

$$A_r = \frac{35 \cdot 75 + 37 \cdot 25}{100} = 35,5$$

Qeyd olunanları nəzərə aldıqda nisbi atom kütləsi üçün daha düzgün tərif aşağıdakı kimi olar:

**Nisbi atom kütləsi** elementin izotoplarının orta atom kütləsinin  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin  $\frac{1}{12}$  hissəsinə nisbətidir.

Kütlə ədədi ( $A_r$ ) bir atoma aid olduğu halda nisbi atom kütləsi təbii izotopların qarışığına aid olur. Cədvəldə bəzi elementlərin nisbi atom kütləsi verilmişdir.

Element	Simvol	$A_r$	Element	Simvol	$A_r$
Hidrogen	H	1	Xlor	Cl	35,5
Karbon	C	12	Kalium	K	39
Azot	N	14	Kalsium	Ca	40
Oksigen	O	16	Dəmir	Fe	56
Natrium	Na	23	Mis	Cu	64
Maqnezium	Mg	24	Sink	Zn	65
Kükürd	S	32	Yod	I	127

## Fəaliyyət

### “Standart” dəyişdikdə nisbi kütlələr necə hesablanır?

**Addım 1.** Müxtəlif “standart”lar seçilir.

**Addım 2.**  $k = \frac{A_r(\text{karbon-12})}{A_r(\text{standart})}$  düsturuna əsasən çevrilmə əmsalı müəyyən edilir.

**Addım 3.** Çevrilmə əmsalı ilə elementlərin yeni “standart”a əsasən nisbi atom kütlələri hesablanır.

a. Helium-4 standartına görə:

Element	Dövri cədvəldəki $A_r$ -i	Yeni standartta görə $A_r$ -i	Element	Dövri cədvəldəki $A_r$ -i	Yeni standartta görə $A_r$ -i
H	1		S	32	
C	12		Cl	35,5	
N	14		K	39	
O	16		Ca	40	
Na	23		Fe	56	
Mg	24		Br	80	

b. Oksigen-16 standartına görə:

Element	Dövri cədvəldəki $A_r$ -i	Yeni standartta görə $A_r$ -i	Element	Dövri cədvəldəki $A_r$ -i	Yeni standartta görə $A_r$ -i
H	1		S	32	
C	12		Cl	35,5	
N	14		K	39	
O	16		Ca	40	
Na	23		Fe	56	
Mg	24		Br	80	

c. Kalsium-40 standartına görə:

Element	Dövri cədvəldəki $A_r$ -i	Yeni standartla görə $A_r$ -i	Element	Dövri cədvəldəki $A_r$ -i	Yeni standartla görə $A_r$ -i
H	1		S	32	
C	12		Cl	35,5	
N	14		K	39	
O	16		Ca	40	
Na	23		Fe	56	
Mg	24		Br	80	

### Müzakirə edin:

1. Hansı "standart"ı seçsək, elementlərin mövcud nisbi atom kütlələri 2 dəfə azalar?

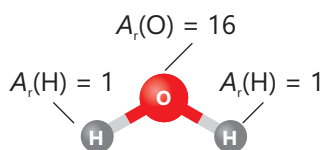
2. "Standart" kimi azot atomunun kütləsinin  $\frac{1}{14}$ -i götürülsə, elementlərin nisbi atom kütlələri necə olar? Cavabınızı əsaslandırın.

3. Atom kimi molekulların da nisbi molekul kütləsi  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin  $\frac{1}{12}$  hissəsinə nisbətə hesablanarsa, bu ədəd  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  və  $\text{H}_2\text{SO}_4$  üçün neçə olar?

4. "Standart" kimi  $^4\text{He}$  götürməklə  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  və  $\text{H}_3\text{PO}_4$  üçün bu ədədi hesablayın.

### Nisbi molekul kütləsi

Bir çox element ( $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{P}_4$ ,  $\text{S}_8$  və s.) və kimyəvi birləşmələr ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  və s.) molekullardan təşkil olunur. Bu molekulların kütləsi **nisbi molekul kütləsi** ilə ifadə edilir. Nisbi molekul kütləsinin simvolu  $M_r$ -dir. Maddənin nisbi molekul kütləsi indekslər nəzərə alınmaqla onun molekuluğunun tərkibinə daxil olan atomların nisbi atom kütlələri cəminə bərabərdir.



$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 1 + 1 + 16 = 18$$

Nisbi atom kütləsi kimi nisbi molekul kütləsinin vahidi yoxdur. Cədvəldə bəzi maddələrin nisbi molekul kütlələrinin hesablanması verilmişdir.

Maddə	Formulu	Bir molekulunda atom sayı	Nisbi molekul kütləsinin hesablanması	Nisbi molekul kütləsi ( $M_r$ )
Xlor	$\text{Cl}_2$	2 Cl	$2 \cdot 35,5$	71
Azot(IV) oksid	$\text{NO}_2$	1 N, 2 O	$1 \cdot 14 + 2 \cdot 16$	46
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	2 C, 6 H, 1 O	$2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 1 \cdot 16$	46

İon rabitəli kimyəvi birləşmələr molekul şəklində mövcud olmur. Belə birləşmələr üçün “nisbi molekul kütləsi” ifadəsi əvəzinə **nisbi formul kütləsi** anlayışından istifadə olunur. Nisbi formul kütləsi də  $M_r$  ilə işarə edilir, vahidi yoxdur və nisbi molekul kütləsi ilə eyni qaydada hesablanır.

Maddə	Formulu	Formula görə atom sayı	Nisbi formul kütləsinin hesablanması	Nisbi formul kütləsi ( $M_r$ )
Natrium xlorid	NaCl	1 Na, 1 Cl	$1 \cdot 23 + 1 \cdot 35,5$	58,5
Kalsium nitrat	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1 Ca, 2 N, 6 O	$1 \cdot 40 + 2 \cdot 14 + 6 \cdot 16$	164
Mis(II) sulfat pentahidrat	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	1 Cu, 1 S, 9 O, 10 H	$1 \cdot 64 + 1 \cdot 32 + 9 \cdot 16 + 10 \cdot 1$	250

### Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1. Aşağıdakı izotoplardan istifadə edərək elementlərin nisbi atom kütləsini hesablayın.

a) Bor: 20% B-10 və 80% B-11

b) Mis: 69% Cu-63 və 31% Cu-65

2. Xlor elementi Cl-35 və Cl-37 izotoplarından ibarətdir. Xlorun nisbi atom kütləsi 35,5 olarsa, təbii qarışıqda izotopların faizini hesablayın.

3. I. H<sub>2</sub>O    II. CO<sub>2</sub>    III. NaCl    IV. Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>    V. C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>

a. Verilmiş maddələrdən hansının nisbi molekul kütləsi, hansının nisbi formul kütləsi hesablanır?

b. Hər bir maddənin  $M_r$ -ni hesablayın.

### Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. “Nisbi atom kütləsi” nədir? Nə üçün “nisbi” sözü istifadə edilir?

2. Nisbi molekul kütləsi və nisbi formul kütləsi – hər ikisi qısa şəkildə  $M_r$  kimi yazılır. Onların fərqi nədir?

3. H<sub>2</sub>S və NH<sub>3</sub> molekullarından hansı nisbi molekul kütləsinə görə və neçə dəfə böyükdür? Cavabınızı hesablama ilə əsaslandırın.

4. Maddələrdən hər birinin nisbi formul kütləsini hesablayın.

a. NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

b. CaCO<sub>3</sub>

c. Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

d. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

## 1.2 Maddə miqdarı

Gündəlik həyatda əşyaların miqdarını bildirərkən onların sayından istifadə edirik.



3 ədəd avtomobil

15 ədəd parta

100 butulka su

Maddələrin miqdarını ölçmək üçün isə, əsasən, onların həcmi və ya kütləsindən istifadə olunur.



500 millilitr su



1 kiloqram bal



40 litr oksigen

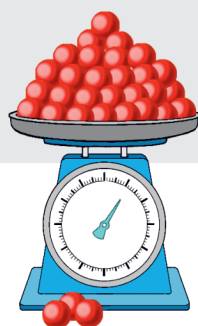


500 qram xörək duzu

- Maddələrin də miqdarı say ilə ifadə oluna bilərmi?
- Bunun üçün nə təklif edərdiniz?

Maddənin miqdarını ifadə etmək üçün onun kütləsi və həcmindən əlavə, **maddə miqdarı** kəmiyyətindən də istifadə olunur. Maddə miqdarı **n** hərfi ilə işarə olunur və vahidi moldur. Molekulyar maddələr üçün 1 mol tərkibində  $6,02 \cdot 10^{23}$  molekul olan maddənin miqdarıdır.  $6,02 \cdot 10^{23}$  ədədi italyan alimi Amedeo Avoqadronun şərəfinə **Avoqadro ədədi** adlandırılmışdır və  $N_A$  ilə işarə olunur. Avoqadro ədədi 12 qram karbon-12 izotopunda ( $^{12}\text{C}$ ) olan atomların sayının eksperimental yolla müəyyən edilməsindən əldə olunmuşdur.

$6,02 \cdot 10^{23}$  karbon atomu = 12 q



Açar sözlər

maddə miqdarı (n), mol, Avoqadro ədədi ( $N_A$ )



Amedeo Avoqadro (1776 – 1856)

$6,02 \cdot 10^{23}$   $\text{O}_2$  molekulu

1 mol oksigen qazı

$6,02 \cdot 10^{23}$   $\text{H}_2\text{O}$  molekulu

1 mol su

$6,02 \cdot 10^{23}$   $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  molekulu

1 mol qlükoza

Bilirsinizmi?

Kimyaçılar Avoqadro ədədinin şərəfinə 23 oktyabr saat 6 : 02-dən

18 : 02-yə qədər qeyri-rəsmi olaraq "Mol Günü"nü qeyd edirlər.

Qeyri-molekulyar quruluşlu maddələr molekulardan təşkil olunmadığı üçün Avogadro ədədi maddənin təşkil olunduğu zərrəciklərə (atom, ion) aid edilir. Məsələn, atomlardan təşkil olunan maddələrin 1 molunda  $6,02 \cdot 10^{23}$  atom olur.

$6,02 \cdot 10^{23}$  He atomu



1 mol helium

$6,02 \cdot 10^{23}$  Fe atomu



1 mol dəmir

İon kristal qəfəslı maddələrdə isə  $6,02 \cdot 10^{23}$  ədədi ionların sayına aid edilir.

$6,02 \cdot 10^{23}$  Na<sup>+</sup> və  $6,02 \cdot 10^{23}$  Cl<sup>-</sup> ionu



1 mol xörək duzu

$6,02 \cdot 10^{23}$  Mg<sup>2+</sup> və  $6,02 \cdot 10^{23}$  SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>



1 mol maqnezium sulfat

Ümumi olaraq molun tərifi aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

**Mol** –  $6,02 \cdot 10^{23}$  sayda zərrəcikdən (molekul, atom və ya ionlardan) təşkil olunmuş maddə miqdarıdır.

1

Fəaliyyət

### Maddə miqdarı və molekul sayına əsasən hansı hesablamaları aparmaq olar?

Aşağıdakı cədvəli dəftərinizə köçürün və tamamlayın.

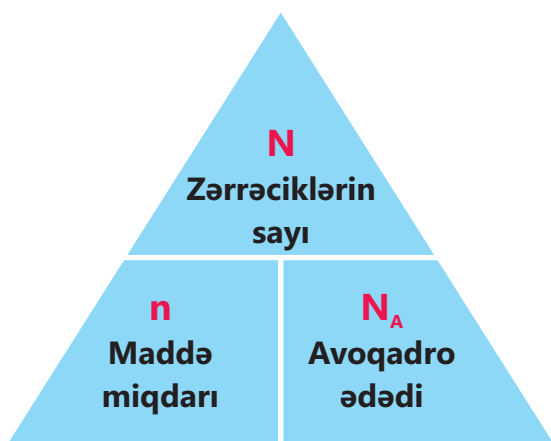
Maddə	Maddə miqdarı (mol)	Molekul sayı
O <sub>2</sub>	0,2	
N <sub>2</sub>	1,5	
H <sub>2</sub>	2	
H <sub>2</sub> O	0,1	
CO <sub>2</sub>	0,05	

Maddə	Maddə miqdarı (mol)	Molekul sayı
NH <sub>3</sub>	10	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,25	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5	
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,5	
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	2,5	

#### Müzakirə edin:

- 2 mol helium, 0,5 mol qrafit və 0,1 mol misdə olan atomların sayını müəyyən edin.
- 3 mol NaNO<sub>3</sub>, 0,25 mol KCl və 1,5 mol ZnSO<sub>4</sub>-də olan kation və anionların hər birinin sayını hesablayın.

Maddə miqdarı ( $n$ ), Avoqadro ədədi ( $N_A$ ) və maddənin təşkil olunduğu zərrəcik sayı ( $N$ ) (molekul və ya atom) arasında aşağıdakı əlaqə vardır:



$$N = n \cdot N_A$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$N_A = \frac{N}{n}$$

Maddə miqdarını bilməklə maddənin təşkil olunduğu zərrəcik sayını hesablamaq üçün mol sayını Avoqadro ədədinə vurmaq lazımdır.

### NÜMUNƏ 1

1. 2 mol oksigenin molekul sayını hesablayın.

$$N = 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,204 \cdot 10^{24} \text{ O}_2 \text{ molekulu (} 2N_A \text{)}$$

2. 5 mol suyun molekul sayını hesablayın.

$$N = 5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{24} \text{ H}_2\text{O molekulu (} 5N_A \text{)}$$

3. 0,1 mol karbon qazının molekul sayını hesablayın.

$$N = 0,1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{22} \text{ CO}_2 \text{ molekulu (} 0,1N_A \text{)}$$

4. 0,25 mol heliumun atom sayını hesablayın.

$$N = 0,25 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,505 \cdot 10^{23} \text{ He atomu (} 0,25N_A \text{)}$$

5. 0,2 mol xörək duzunda olan ionların hər birinin sayını hesablayın.

$$N(\text{Na}^+) = 0,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,204 \cdot 10^{23} \text{ (} 0,2N_A \text{)}$$

$$N(\text{Cl}^-) = 0,2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,204 \cdot 10^{23} \text{ (} 0,2N_A \text{)}$$

Maddənin zərrəcik sayını bilməklə onun maddə miqdarını hesabladıqda zərrəcik sayı ( $N$ ) Avoqadro ədədinə ( $N_A$ ) bölünür.

## NÜMUNƏ 2

1.  $6,02 \cdot 10^{24}$  O<sub>2</sub> molekulu neçə moldur?

$$n = 6,02 \cdot 10^{24} : 6,02 \cdot 10^{23} = 10 \text{ mol oksigen qazı}$$

2.  $3,01 \cdot 10^{23}$  H<sub>2</sub>O molekulu neçə moldur?

$$n = 3,01 \cdot 10^{23} : 6,02 \cdot 10^{23} = 0,5 \text{ mol su}$$

3.  $1,204 \cdot 10^{23}$  CO<sub>2</sub> molekulu neçə moldur?

$$n = 1,204 \cdot 10^{23} : 6,02 \cdot 10^{23} = 0,2 \text{ mol karbon qazı}$$

4.  $9,03 \cdot 10^{23}$  He atomu neçə moldur?

$$n = 9,03 \cdot 10^{23} : 6,02 \cdot 10^{23} = 1,5 \text{ mol helium}$$

Asan hesablama üçün:

$$1 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{23}$$

$$0,1 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{22}$$

$$1,5 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 9,03 \cdot 10^{23}$$

$$0,15 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 9,03 \cdot 10^{22}$$

$$2 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,204 \cdot 10^{24}$$

$$0,2 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,204 \cdot 10^{23}$$

$$3 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,806 \cdot 10^{24}$$

$$0,3 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,806 \cdot 10^{23}$$

$$4 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2,408 \cdot 10^{24}$$

$$0,4 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2,408 \cdot 10^{23}$$

$$5 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{24}$$

$$0,5 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{23}$$

$$10 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{24}$$

2

**Maddə miqdarına əsasən molekulların tərkibində olan atomların sayını və əksinə necə hesablamaq olar?**

Aşağıdakı sxemləri dəftərinizə köçürün və atomların sayını boşluqlara yazmaqla tamamlayın.

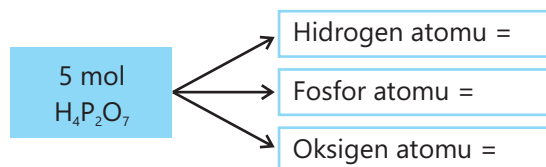
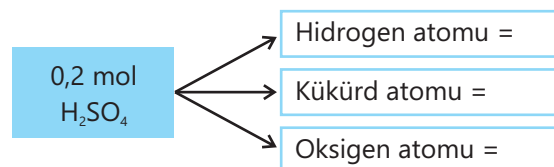
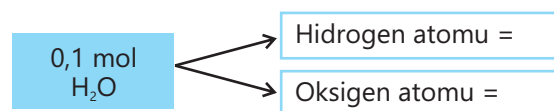
2 mol O<sub>2</sub>

Oksigen atomu =

0,5 mol N<sub>2</sub>

Azot atomu =

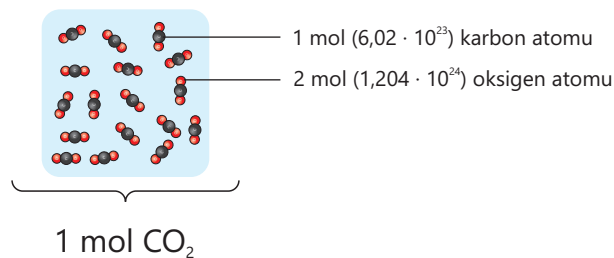
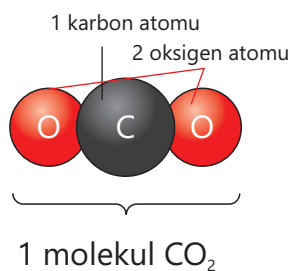


**Müzakirə edin:**

1. 2 mol natrium sulfat, 0,1 mol kalsium nitrat və 0,5 mol alüminium sulfatda kation və anionların hər birinin sayı neçə olar?

2. Tərkibində 3 mol oksigen atomu olan suyun, karbon dioksidin, difosfor trioksidin və diazot pentaoksidin mol sayını hesablayın.

Maddənin molekul sayını bilməklə onun tərkibində olan atom sayını da hesablamaq olar. Məsələn, 1 mol karbon qazının tərkibində 1 mol karbon və 2 mol oksigen atomu var.

**NÜMUNƏ 3**

1. 2 mol sulfat turşusunda olan hidrogen, kükürd və oksigen atomlarının sayını hesablayın.

$$N(H) = 2 \cdot 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,408 \cdot 10^{24}$$

$$N(S) = 2 \cdot 1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,204 \cdot 10^{24}$$

$$N(O) = 2 \cdot 4 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,816 \cdot 10^{24}$$

2. Tərkibində  $6,02 \cdot 10^{23}$  oksigen atomu olan karbon qazının mol sayını hesablayın.

$$1 \text{ mol karbon qazı} \quad \text{—} \quad 1,204 \cdot 10^{24} \text{ oksigen atomu}$$

$$x \text{ mol karbon qazı} \quad \text{—} \quad 6,02 \cdot 10^{23} \text{ oksigen atomu}$$

$$x = 0,5$$

**Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**

- 2 mol  $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  kristalhidratında  $18N_A$  oksigen atomu var.  $n$ -i müəyyən edin.
- Qablarda ümumi atom sayı bərabər olarsa,  $x$ -i hesablayın.

5 mol $\text{CH}_4$	2 mol $\text{O}_2$ 1 mol $\text{NH}_3$ 3 mol $\text{CO}_2$ x mol $\text{N}_2$
---------------------	--

- $\text{C}_2\text{H}_4$  və  $\text{CO}_2$ -də olan atomların say nisbəti 5 : 2 olarsa, hesablayın:
  - qazların mol nisbətini;
  - karbon atomlarının sayının oksigen atomlarının sayına olan nisbətini.

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

- Maddələrin mol sayını hesablayın.
  - $1,204 \cdot 10^{23}$   $\text{N}_2$  molekulu
  - $3,01 \cdot 10^{23}$   $\text{CO}_2$  molekulu
  - $6,02 \cdot 10^{22}$  He atomu
  - $1,505 \cdot 10^{24}$   $\text{H}_2\text{O}$  molekulu
- Maddənin tərkibində olan molekul sayını hesablayın.
  - 0,25 mol  $\text{O}_2$
  - 0,2 mol  $\text{NH}_3$
  - 0,05 mol CO
  - 1,5 mol  $\text{N}_2$
  - 0,1 mol  $\text{CO}_2$
- Hesablayın.
  - 0,1 mol  $\text{CO}_2$ -də olan oksigen atomlarının sayını
  - 0,5 mol  $\text{N}_2$ -də olan azot atomlarının sayını
  - 2,5 mol  $\text{NH}_3$ -də olan atomların ümumi sayını
  - 0,02 mol  $\text{P}_2\text{S}_5$ -də kükürd atomlarının sayını
  - 2 mol  $\text{K}_3\text{PO}_4$ -də qeyri-metal atomlarının ümumi sayını
- Maddələrin mol sayını hesablayın.
  - Tərkibində 0,6 mol oksigen atomu olan karbon qazının
  - Tərkibində 3 mol hidrogen atomu olan etil spirtinin
  - Tərkibində atomların ümumi sayı  $6,02 \cdot 10^{23}$  olan metanın
  - Tərkibində  $3,01 \cdot 10^{24}$  oksigen atomu olan difosfor pentaoksidin

## 1.3 Molyar kütlə

6,02 · 10<sup>23</sup> atom

Karbon  
12 q  
1 mol

Mis  
64 q  
1 mol

- Karbon və misin nisbi atom kütlələri ilə onların 1 molunun kütlələri arasında hansı əlaqə var?
- Karbon qazı və metanın hər birinin 1 molunun kütləsi neçə qram olar? Fikrinizi əsaslandırın.

Hər bir maddənin 1 molunun kütləsi ədədi qiymətcə bu maddənin nisbi molekul kütləsinə (ion rabitəli birləşmələr üçün nisbi formül kütləsinə) bərabər olur.

Açar  
sözlər

molyar kütlə (M), q/mol,  
orta molyar kütlə

$$M_r(\text{O}_2) = 32$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$$

$$M_r(\text{CO}_2) = 44$$

$$M_r(\text{CaBr}_2) = 200$$

$$M_r(\text{NaNO}_3) = 85$$

$$1 \text{ mol O}_2 = 32 \text{ q}$$

$$1 \text{ mol H}_2\text{O} = 18 \text{ q}$$

$$1 \text{ mol CO}_2 = 44 \text{ q}$$

$$1 \text{ mol CaBr}_2 = 200 \text{ q}$$

$$1 \text{ mol NaNO}_3 = 85 \text{ q}$$

Maddənin 1 molunun kütləsi onun **molyar kütləsi** adlanır. Molyar kütlə **M** hərfi ilə işarə olunur və onun ölçü vahidi **q/mol**-dur.

$$M_r(\text{O}_2) = 32$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$$

$$M_r(\text{CO}_2) = 44$$

$$M_r(\text{CaBr}_2) = 200$$

$$M_r(\text{NaNO}_3) = 85$$

$$M(\text{O}_2) = 32 \text{ q/mol}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ q/mol}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ q/mol}$$

$$M(\text{CaBr}_2) = 200 \text{ q/mol}$$

$$M(\text{NaNO}_3) = 85 \text{ q/mol}$$

Atomlardan təşkil olunmuş maddələrdə maddənin 1 molunun kütləsi onun nisbi atom kütləsinə bərabər olur.

Məsələn:

$$A_r(\text{He}) = 4$$

$$A_r(\text{Fe}) = 56$$

$$1 \text{ mol heliumun kütləsi} = 4 \text{ q}$$

$$1 \text{ mol dəmirin kütləsi} = 56 \text{ q}$$

$$M(\text{He}) = 4 \text{ q/mol}$$

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ q/mol}$$

### Fealiyyət

#### Molyar kütləyə əsasən hesablamaları necə aparmaq olar?

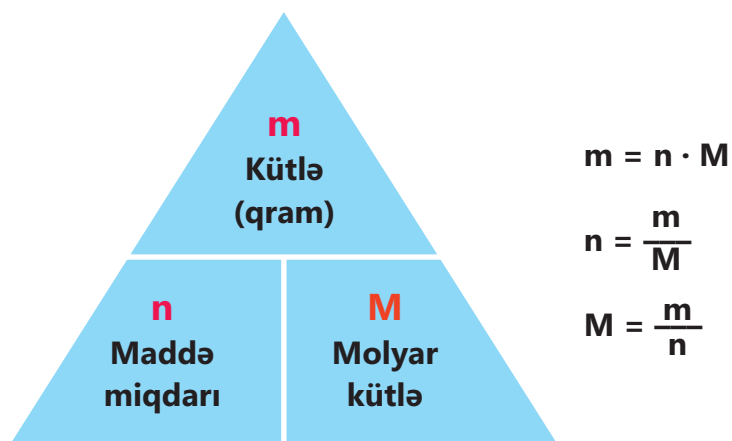
- 2 mol kalsium oksid neçə qramdır?
- 0,5 mol karbon qazı neçə qramdır?
- 1,5 mol oksigen qazının kütləsi 4 mol heliumun kütləsindən neçə dəfə böyükdür?
- 20 qram mis(II) oksid neçə moldur?
- 84 q azot qazı neçə moldur?
- 10 q hidrogen qazının mol sayı 8 q metanın mol sayından neçə dəfə çoxdur?

#### Müzakirə edin:

1. 2 mol xörək duzunun tərkibində olan xlorun kütləsi neçə qramdır?

2. Tərkibində 6 mol oksigen olan natrium nitratın kütləsi tərkibində 12 q hidrogen olan ammoniyakın kütləsindən neçə dəfə çoxdur?

Maddə miqdarı ( $n$ ), molyar kütlə ( $M$ ) və maddənin kütləsi ( $m$ ) arasında aşağıdakı əlaqə vardır:



Maddə miqdarını bilməklə maddənin kütləsini hesablamaq üçün onun mol sayını molyar kütləsinə vurmaq lazımdır.

**NÜMUNƏ 1**

1. 2 mol oksigen qazının kütləsini (q) hesablayın.

$$m = 2 \cdot 32 = 64 \text{ q}$$

2. 5 mol suyun kütləsini (q) hesablayın.

$$m = 5 \cdot 18 = 90 \text{ q}$$

3. 0,1 mol karbon qazının kütləsini (q) hesablayın.

$$m = 0,1 \cdot 44 = 4,4 \text{ q}$$

4. 0,25 mol helium qazının kütləsini (q) hesablayın.

$$m = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ q}$$

Maddənin mol sayını hesabladıqda onun kütləsini molyar kütləyə bölmək lazımdır.

**NÜMUNƏ 2**

1. 320 q oksigen qazı neçə moldur?

$$n = 320 : 32 = 10 \text{ mol}$$

2. 9 q su neçə moldur?

$$n = 9 : 18 = 0,5 \text{ mol}$$

3. 8,8 q karbon qazı neçə moldur?

$$n = 8,8 : 44 = 0,2 \text{ mol}$$

4. 6 q helium qazı neçə moldur?

$$n = 6 : 4 = 1,5 \text{ mol}$$

İki və daha çox qazı qarışdırdıqda alınan qaz qarışığı üçün **orta molyar kütlə** anlayışından istifadə olunur. Orta molyar kütlə 1 mol qaz qarışığının kütləsinə bərabərdir və aşağıdakı kimi hesablanır:

$$M_{\text{orta}} = \frac{m_1 + m_2}{n_1 + n_2} = \frac{n_1 \cdot M_1 + n_2 \cdot M_2}{n_1 + n_2}.$$

Burada n – qazın maddə miqdarı (mol), M – qazın molyar kütləsidir (q/mol).

## NÜMUNƏ 3

1. 2 mol CO<sub>2</sub> və 1 mol O<sub>2</sub>-dən ibarət qaz qarışığının orta molyar kütləsini (q/mol) hesablayın.

$$M_{\text{orta}} = \frac{2 \cdot 44 + 1 \cdot 32}{2 + 1} = \frac{120}{3} = 40 \frac{\text{q}}{\text{mol}}$$

2. CO<sub>2</sub> və CO-dan ibarət qaz qarışığının orta molyar kütləsi 40 q/mol olarsa, qarışıqda qazların mol nisbətini [n(CO<sub>2</sub>) : n(CO)] hesablayın.

$$40 = \frac{44 n_1 + 28 n_2}{n_1 + n_2}$$

$$40 n_1 + 40 n_2 = 44 n_1 + 28 n_2$$

$$4 n_1 = 12 n_2$$

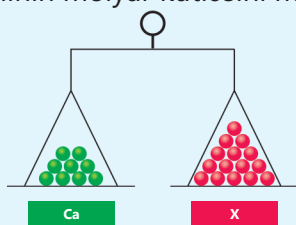
$$n_1 : n_2 = 3$$

## DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ

Müəyyən həcm havada 78 mol azot, 21 mol oksigen və 1 mol arqon olduğunu nəzərə alaraq havanın orta molyar kütləsini (q/mol) hesablayın.

## Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1. X metalının molyar kütləsini müəyyən edin.



2. Atom sayı 8 qram metanda, yoxsa 32 qram oksigendə daha çoxdur? Cavabınızı hesablama ilə əsaslandırın.

3. Tərkibində 2,4 q karbon olan metanın mol sayını (I) və kütləsini qramla (II) hesablayın.

4. Qarışıqda karbonun kütləsini və kükürdün mol sayını hesablayın.

Qarışığa daxil olan maddələr	Mol sayı	Kütləsi, q
Karbon	0,5	12
Kükürd		

## Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Molyar kütlə nədir və hansı vahidlə ifadə olunur?  
2. Cədvəli dəftərinizə köçürün və tamamlayın.

Maddə	Mol sayı	Kütləsi, q
O <sub>2</sub>	2	
H <sub>2</sub> O	5	
CH <sub>4</sub>	0,5	
KHCO <sub>3</sub>	0,25	

3. Maddələri mol saylarının artma ardıcılığı ilə düzün. Cavabınızı hesablama ilə əsaslandırın.

- 84 q CaO
- 40 q CuO
- 100 q CaCO<sub>3</sub>
- 80 q MgO

4. 32 q O<sub>2</sub> və 42 q N<sub>2</sub>-dən ibarət qaz qarışığının orta molyar kütləsini (q/mol) hesablayın.

## 1.4 Molyar həcm. Avoqadro qanunu

Otaq temperaturunda və təzyiqində basketbol topunda təqribən  $7,5 \text{ dm}^3$ , futbol topunda isə  $4,4 \text{ dm}^3$  qaz olur.



- Bu qazların molekul sayları arasında necə əlaqə var?
- Qazların kütlələrini necə hesablamaq olar?

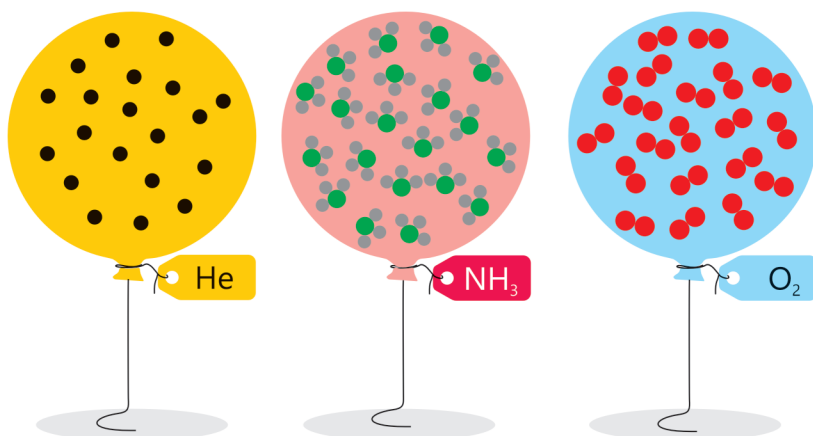
İtalyan alimi Amedeo Avoqadro qazlar arasında baş verən reaksiyaları tədqiq edərək müxtəlif qazların bərabər həcmində (V) eyni sayda molekul olduğu fikrini irəli sürmüşdür. Hazırda Avoqadro qanunu aşağıdakı kimi ifadə olunur:

Açar  
sözlər

Avoqadro qanunu, molyar həcm,  $20^\circ\text{C}$  və  $1 \text{ atm}$ ,  $\text{dm}^3/\text{mol}$

Eyni temperatur və təzyiqdə müxtəlif qazların bərabər həcmlərində eyni sayda molekul olur.

Maddələrdə molekul sayı (N) bərabər olduqda mol sayının (n) da bərabər olduğunu bilirsiniz. Bu səbəbdən Avoqadro qanunundan belə nəticəyə gəlmək olar ki, eyni temperatur və təzyiqdə müxtəlif qazların bərabər həcmələrində mol sayı da eynidir.

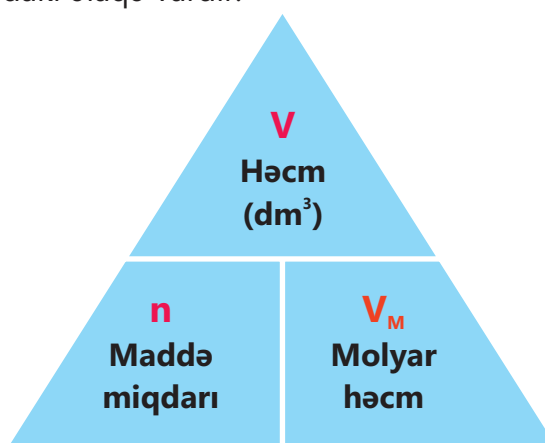


$$N(\text{He}) = N(\text{NH}_3) = N(\text{O}_2) \Rightarrow n(\text{He}) = n(\text{NH}_3) = n(\text{O}_2)$$

Eyni şəraitdə müxtəlif qazların həcmnin onların mol sayına olan nisbəti sabit kəmiyyət olub **molyar həcm** adlanır.

Molyar həcm  $V_M$  ilə işarə olunur və  $\text{dm}^3/\text{mol}$  ( $l/\text{mol}$ ) vahidi ilə ölçülür. Qazların molyar həcmnin qiyməti təzyiq və temperaturdan asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, otaq temperaturu ( $20^\circ\text{C}$ ) və 1 atm təzyiqində bütün qazların 1 molu  $24 \text{ dm}^3$  ( $24 l$ ) həcm tutur.

Maddə miqdarı ( $n$ ), molyar həcm ( $V_M$ ) və qazın həcmi ( $V$ ) arasında aşağıdakı əlaqə vardır:



$$V = n \cdot V_M$$

$$n = \frac{V}{V_M}$$

$$V_M = \frac{V}{n}$$

### NÜMUNƏ 1

1.  $48 \text{ dm}^3$  ( $20^\circ\text{C}$  və 1 atm) oksigen qazı neçə moldur?

$$n = 48 : 24 = 2 \text{ mol}$$

2. 0,5 mol karbon qazının həcmi ( $20^\circ\text{C}$  və 1 atm) hesablayın.

$$V = 0,5 \cdot 24 = 12 \text{ dm}^3$$

### Fəaliyyət

**Qazların ( $20^\circ\text{C}$  və 1 atm) həcmələrinə əsasən hansı hesablamaları aparmaq olar?**

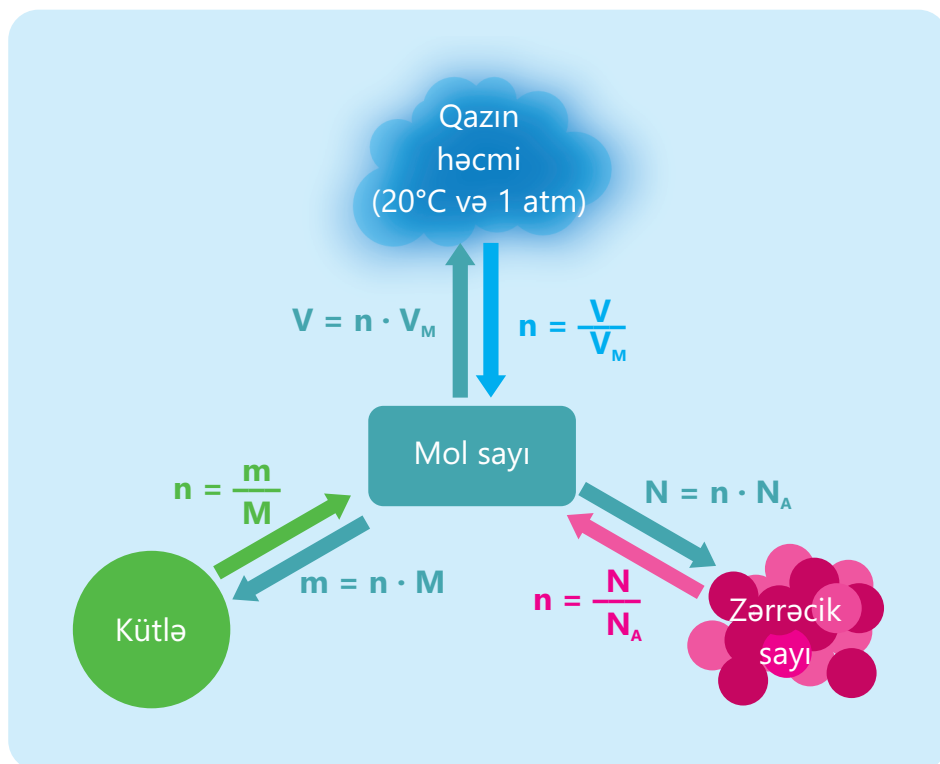
Aşağıdakı cədvəli dəftərinizə köçürün və tamamlayın.

Qazlar	Həcmi, $\text{dm}^3$ ( $20^\circ\text{C}$ və 1 atm)	Molekul sayı	Atom sayı	Kütləsi, q
$\text{N}_2$		$3,01 \cdot 10^{23}$		
He	12			
$\text{CO}_2$				88
$\text{CH}_4$			$6,02 \cdot 10^{24}$	

**Müzakirə edin:**

1. Bərabər həcmdə (20°C və 1 atm) olan oksigen və hidrogen qazlarından hansının kütləsi daha çoxdur? Cavabınızı əsaslandırın.
2. Bərabər kütləli (20°C və 1 atm) oksigen və azot qazlarından hansının həcmi daha çox olar? Cavabınızı əsaslandırın.

Maddə miqdarı ( $n$ ), həcm ( $V$ ), kütlə ( $m$ ) və zərrəcik sayı ( $N$ ) (molekul və ya atom) arasında əlaqəni aşağıdakı sxem formasında göstərmək və bu sxemdən istifadə etməklə müxtəlif hesablamalar aparmaq mümkündür.

**NÜMUNƏ 2**

1. 4,8 dm<sup>3</sup> (20°C və 1 atm) hidrogen qazı neçə qramdır?  
 $n = 4,8 : 24 = 0,2$  mol  
 $m = 0,2 \cdot 2 = 0,4$  qram
2. Həcmi 12 dm<sup>3</sup> (20°C və 1 atm) olan azot qazında molekulların sayını hesablayın.  
 $n = 12 : 24 = 0,5$  mol  
 $N = 0,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{23}$  molekul



3. Kütləsi 64 qram olan oksigen qazının həcmi ( $\text{dm}^3$ ,  $20^\circ\text{C}$  və  $1 \text{ atm}$ ) hesablayın.

$$n = 64 : 32 = 2 \text{ mol}$$

$$V = 2 \cdot 24 = 48 \text{ dm}^3$$

4. 11 qram karbon qazında olan molekulların sayını hesablayın.

$$n = 11 : 44 = 0,25 \text{ mol}$$

$$N = 0,25 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,505 \cdot 10^{23} \text{ molekul}$$

5.  $1,204 \cdot 10^{24}$  sayda atomdan ibarət helium qazı neçə  $\text{dm}^3$  ( $20^\circ\text{C}$  və  $1 \text{ atm}$ ) həcm tutar?

$$n = 1,204 \cdot 10^{24} : 6,02 \cdot 10^{23} = 2 \text{ mol}$$

$$V = 2 \cdot 24 = 48 \text{ dm}^3$$

6.  $3,01 \cdot 10^{24}$  sayda molekuldan ibarət dəm qazının kütləsi neçə qram təşkil edər?

$$n = 3,01 \cdot 10^{24} : 6,02 \cdot 10^{23} = 5 \text{ mol}$$

$$m = 5 \cdot 28 = 140 \text{ qram}$$

• DÜŞÜN  
• MÜZAKİRƏ ET  
• PAYLAŞ

Eyni şəraitdə  $40 \text{ dm}^3 \text{ NH}_3$  və  $10 \text{ dm}^3 \text{ O}_2$ -də olan molekullar ilə atomların sayını müqayisə edin. Atom saylarının eyni olması üçün hansı qazdan neçə  $\text{dm}^3$  əlavə olunmalıdır?

### Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

- Həcmi  $1,2 \text{ dm}^3$  ( $20^\circ\text{C}$  və  $1 \text{ atm}$ ) olan rezin şar heliumla doldurulmuşdur. Əgər helium qazı azotla əvəz olunarsa, kütlə və atomların sayı necə dəyişər?
- İnsan tənəffüs edərkən sutka ərzində atmosferə  $240 \text{ dm}^3$  ( $20^\circ\text{C}$  və  $1 \text{ atm}$ ) karbon qazı buraxır. Karbon qazının bu həcmi kütləsini ( $q$ ) hesablayın.

### Öyrəndiklərinizi yoxlayın

- $0,25 \text{ mol}$  karbon qazının həcmi ( $\text{dm}^3$ ,  $20^\circ\text{C}$  və  $1 \text{ atm}$ ) hesablayın.
- Hansı halda molekulların sayı daha çoxdur? Cavabınızı hesablama ilə əsaslandırın.
  - $480 \text{ q CH}_4$
  - $480 \text{ dm}^3 \text{ CH}_4$  ( $20^\circ\text{C}$  və  $1 \text{ atm}$ )
  - $48 \text{ mol CH}_4$
- $6 \text{ dm}^3$  oksigen və  $12 \text{ dm}^3$  hidrogendən ibarət qaz qarışığındakı ( $20^\circ\text{C}$  və  $1 \text{ atm}$ ) molekulların ümumi sayını hesablayın.
- $14 \text{ q}$  azot qazındakı molekulların sayının  $8 \text{ q}$  heliumda olan atomların sayına olan nisbətini hesablayın.

## 1.5 Qazların sıxlığı və nisbi sıxlıq

Müasir dövrümüzdə hava şarları ilə səyahət əksər insanlar üçün maraq kəsb edir.



- Sizcə, hava şarları hansı qazla doldurulur?
- Nə üçün hava şarları asanlıqla yuxarıya doğru hərəkət edir?
- Hava şarlarının təhlükəsizliyi üçün istifadə edilən qazların hansı xüsusiyyəti olmalıdır?

### Qazların sıxlığı

"Təbiət" dərsliyindən bərk maddələrin və mayelərin sıxlığının ölçülməsi ilə tanışsınız. Qazların sıxlığını isə hesablama aparmaqla müəyyən etmək olar.

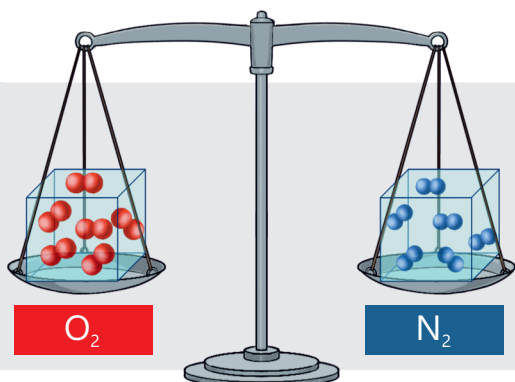
Açar  
sözlər

qazların sıxlığı,  $q/dm^3$ ,  
nisbi sıxlıq

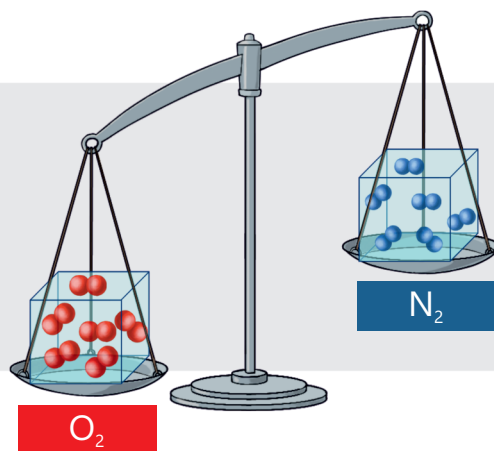
Fəaliyyət

Eyni həcmli müxtəlif qazların kütlələri bir-birindən necə fərqlənir?

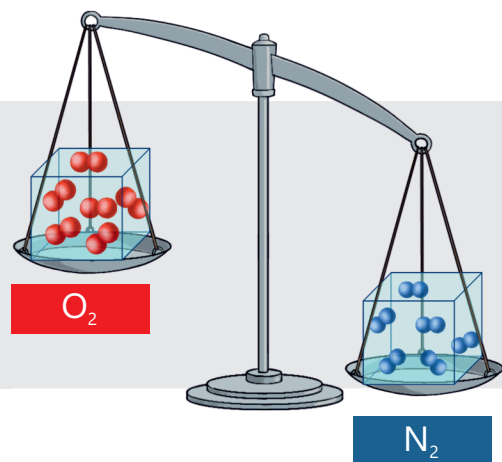
I



II



III



Müzakirə edin:

1. Eyni şəraitdə bərabər sayda götürülmüş oksigen və azot qazlarının kütlələrinə uyğun hansı şəkil doğrudur?
2. Oksigen qazının növü ilə CO, H<sub>2</sub> və SO<sub>2</sub> qazları ilə əvəzlənməsi hansı şəkillərə uyğun olar?
3. Oksigen və azot qazlarını hansı say nisbətində götürmək lazımdır ki, onların kütlələri bərabər olsun?

Sıxlığın  $\rho = \frac{m}{V}$  düsturu ilə hesablandığını nəzərə alaraq  $20^{\circ}\text{C}$  və  $1\text{ atm}$  təzyiqi üçün qazların sıxlığını hesablayaq.

1 mol qaz üçün  
( $20^{\circ}\text{C}$  və  $1\text{ atm}$ )



kütlə = molyar kütlə

həcm = molyar həcm

$$\rho = \frac{M}{V_m}; \quad \frac{q}{\text{mol}} : \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} = \frac{q}{\text{dm}^3}$$

Göründüyü kimi, hər hansı **qazın sıxlığı** ( $20^{\circ}\text{C}$  və  $1\text{ atm}$ ) qazın molyar kütləsinin molyar həcmə olan nisbətində bərabərdir və vahidi  $\text{q/dm}^3$ -dir.

### NÜMUNƏ 1

1.  $\text{C}_4\text{H}_6$  qazının ( $20^{\circ}\text{C}$  və  $1\text{ atm}$ ) sıxlığını ( $\text{q/dm}^3$ ) hesablayın.

$$M(\text{C}_4\text{H}_6) = 54\text{ q/mol}$$

$$\rho = 54\text{ q/mol} : 24\text{ dm}^3/\text{mol} = 2,25\text{ q/dm}^3$$

2. Sıxlığı  $1,25\text{ q/dm}^3$  olan qazın ( $20^{\circ}\text{C}$  və  $1\text{ atm}$ ) molyar kütləsini ( $\text{q/mol}$ ) hesablayın.

$$M = \rho V_m = 1,25\text{ q/dm}^3 \cdot 24\text{ dm}^3/\text{mol} = 30\text{ q/mol}$$

### • DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ •

2 mol oksigen və 1 mol karbon qazından ibarət qarışığın ( $20^{\circ}\text{C}$  və  $1\text{ atm}$ ) sıxlığını ( $\text{q/dm}^3$ ) hesablayın.

### Nisbi sıxlıq

Nisbi sıxlıq verilmiş şəraitdə həcmələri bərabər olan bir qazın digərindən neçə dəfə ağır olduğunu göstərir və  $D$  hərfi ilə işarə olunur.

### NÜMUNƏ 2

Eyni şəraitdə  $1\text{ dm}^3$  karbon qazının kütləsi  $1,98\text{ qram}$ ,  $1\text{ dm}^3$  hidrogen qazının kütləsi isə  $0,09\text{ qram}$ dır. Karbon qazının hidrogenə görə nisbi sıxlığını hesablayın.

$$D = \frac{m(\text{CO}_2)}{m(\text{H}_2)} = \frac{1,98}{0,09} = 22$$

A qazının B qazına görə nisbi sıxlığını hesablamaq üçün eyni həcmli (20°C və 1 atm) A qazının kütləsini B qazının kütləsinə bölək:

$$D = \frac{m(A)}{m(B)} = \frac{\rho(A) \cdot V}{\rho(B) \cdot V} = \frac{\rho(A)}{\rho(B)}$$

Göründüyü kimi, nisbi sıxlığı hesablamaq üçün eyni şəraitdə olan qazlardan birincinin sıxlığını ikincinin sıxlığına bölmək lazımdır. 20°C və 1 atm təzyiqində

$$\rho(A) = \frac{M(A)}{V_m} \quad \text{və} \quad \rho(B) = \frac{M(B)}{V_m}$$

olduğundan

$$\frac{\rho(A)}{\rho(B)} = \frac{M(A)}{V_m} : \frac{M(B)}{V_m} = \frac{M(A)}{M(B)}$$

olur.

Göründüyü kimi, A qazının B qazına görə nisbi sıxlığı onların molyar kütlələrinin nisbətinə bərabərdir.

$$\frac{\rho(A)}{\rho(B)} = \frac{M(A)}{M(B)}$$

Nisbi sıxlıq nisbəti ifadə etdiyindən vahidsiz kəmiyyətdir.

$$D_B = \frac{M(A)}{M(B)}$$

### NÜMUNƏ 3

1. Kükürd dioksidin metana görə nisbi sıxlığını hesablayın.

$$D_{\text{CH}_4} = \frac{M(\text{SO}_2)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{64}{16} = 4$$

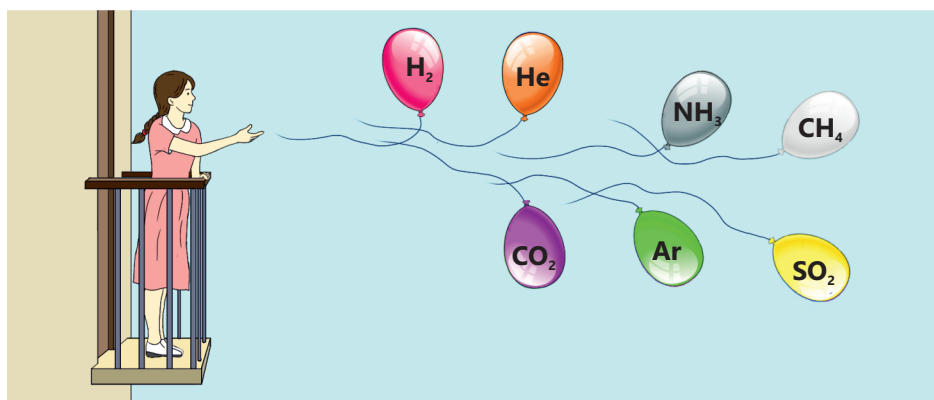
2. Heliuma görə nisbi sıxlığı 7 olan A qazının molyar kütləsini (q/mol) hesablayın.

$$D_{\text{He}} = \frac{M(A)}{M(\text{He})}$$

$$M(A) = D_{\text{He}} \cdot M(\text{He}) = 7 \cdot 4 = 28$$

Qazların sıxlığı, adətən, hava ilə müqayisə olunur. Hava qazlar qarışığından ibarət olduğuna görə onun üçün "orta molyar kütlə" anlayışından istifadə edilir. Havanın orta molyar kütləsi  $29 \frac{\text{q}}{\text{mol}}$ -dur.

Eyni şəraitdə molyar kütləsi havanın orta molyar kütləsindən az olan qazlar havadan yüngül, çox olan qazlar isə havadan ağır qazlar hesab edilir. Ona görə də hava ilə müqayisədə molyar kütləsi havanın orta molyar kütləsindən az olan qazla doldurulmuş şarlar yuxarıya doğru hərəkət edir.



### Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1. Eyni şəraitdə karbonun oksidi ilə azotun oksidinin sıxlığı eynidir. Bu oksidlərin formullarını müəyyən edin.
2.  $N_2$  və  $CO$ -dan ibarət qaz qarışığına həmin şəraitdə hansı qazı əlavə etsək, qarışığın sıxlığı artar?
  1.  $CH_4$
  2.  $NH_3$
  3.  $N_2O$
  4.  $C_2H_4$
  5.  $SO_2$

### Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Ozon qazının ( $20^\circ C$  və  $1 \text{ atm}$ ) sıxlığını ( $q/dm^3$ ) hesablayın.
2. Qazın hidrogenə görə nisbi sıxlığı 29-a bərabərdir. Həmin qazın havaya görə nisbi sıxlığını hesablayın.
3.  $CO_2$  və  $O_2$  qazlarının 1 : 2 mol nisbətində qarışdırılmasından əmələ gələn qarışığın  $20^\circ C$  və  $1 \text{ atm}$  təzyiqində sıxlığını ( $q/dm^3$ ) hesablayın.
4. Sıxlığı metanın sıxlığından 4 dəfə çox olan qazın  $48 \text{ dm}^3$  həcmnin ( $20^\circ C$  və  $1 \text{ atm}$ ) kütləsini qramla hesablayın.

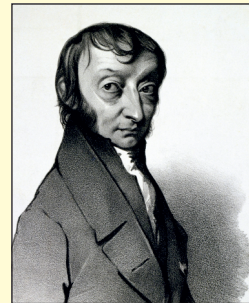
# Elm, texnologiya, həyat

XIX əsrin əvvəllərində italyan alimi Amedeo Avoqadro kimya elmini kökündən dəyişəcək bir fikir irəli sürdü. O dövrdə "atom" və "molekul" anlayışları hələ tam aydın deyildi. Alimlər hətta suyun dəqiq tərkibini ifadə etməkdə belə çətinlik çəkirdilər. Fransız alimi Gey-Lüssak qazların həcmələri ilə bağlı maraqlı təcrübələr aparmış və göstərmişdi ki, bir-biri ilə reaksiyaya daxil olan qazların həcmələri nisbəti sadə ədədlər nisbəti kimidir. Avoqadro bu nəticələri diqqətlə təhlil edərək belə bir fikir irəli sürmüşdü ki, eyni şəraitdə bərabər həcmələrdə götürülmüş qazların tərkibində molekul sayları da eynidir. Sadə görünən bu fikir kimyada yeni bir dövrün başlanğıcı oldu. Çünki bu qanun sayəsində maddələrin tərkibini öyrənmək, onların molekulyar quruluşunu anlamaq və kimyəvi reaksiyaları dəqiq izah etmək mümkün idi. Lakin Avoqadronun nəzəriyyəsi dərhal qəbul edilmədi. Onun yaşadığı dövrdə qazların molekulyar quruluşu barədə təsəvvürlər hələ çox qarışıq idi. Bir çox alim hidrogen və oksigenin tək atomdan ibarət olduğunu düşünsə də, yalnız illər sonra bu fikir öz təsdiqini tapdı və kimya elminin düzgün istiqamətdə inkişafına zəmin yaratdı.

Avoqadronun nəzəriyyəsi kimya elmində mühüm kəmiyyət olan "mol" anlayışına yol açdı. Maddə nümunələrinin tərkibində olan atom və molekulaların sayı o qədər çox idi ki, onları adi ədədlərlə ifadə etmək çətinlik yaradırdı. Məsələn, bir stəkan suda kainatdakı bütün ulduzlardan daha çox sayda molekul var. Bu qədər böyük ədədləri ifadə etmək üçün alimlər xüsusi bir say vahidi qəbul etdilər. Necə ki "bir düzünə" deyəndə 12 yumurta nəzərdə tutulur, kimyada da "bir mol" dedikdə  $6,02 \cdot 10^{23}$  sayda zərrəcik başa düşülür. Bu vahid kimyaçılara laboratoriya və sənayedə dəqiq hesablamalar aparmaq imkanı verdi. Bu gün texnologiyanın tətbiq edildiyi bir çox sahələrdə aparılan hesablamaların əsasında "mol" anlayışı dayanır. Kosmik raketlərin yanacağı hazırlanarkən hidrogenin oksigendə yanması nəticəsində ayrılan enerjinin əvvəlcədən hesablanması mol kəmiyyətindən istifadə olunur.

Əczaçılıq sənayesində də molun rolu böyükdür. Hər kapsulda olan aktiv maddənin miqdarı dəqiq ölçülür, çünki dozada ən kiçik fərq belə insan sağlamlığı üçün həyati əhəmiyyət daşıyır. Nanotexnologiyada isə atom və molekul sayının düzgün müəyyən olunması yeni materialların alınmasında vacib rol oynayır.

"Mol" anlayışı gündəlik həyatımızda da özünü göstərir. İçdiyimiz bir stəkan suyun tərkibində təxminən 10 mol  $H_2O$  molekulu mövcuddur. Bir dəfə nəfəs aldıqda isə ağciyərlərimizə trilyonlarla molekul daxil olur. Əgər bütün dünyada insanlar saniyədə cəmi bir molekul saysaydılar, 1 mol molekulu hesablamaq üçün milyard illər lazım gələrdi. Bu fakt mol sayının nə qədər böyük əhəmiyyətə malik olduğunu göstərməklə yanaşı, bizi təbiətin miqyası üzərində düşünməyə sövq edir. Bütün bunlar Avoqadro nəzəriyyəsinin dəyərini bir daha artırır. O, yaşadığı dövrdə fikirlərinin qəbul edildiyini görməsə də, qoyduğu elmi irs kimyanın inkişafına möhkəm təməl oldu.



Amedeo Avoqadro  
(1776 – 1856)



## Maddə miqdarı və ətraf mühit

CO<sub>2</sub>

Müasir dövrdə nəqliyyat vasitələrində, sənaye müəssisələrində və məişət şəraitində qaz, kömür və digər yanacaq növlərindən istifadə edilməsi atmosfərə çoxlu miqdarda karbon(IV) oksidin (CO<sub>2</sub>) atılmasına səbəb olur. Bu qaz iqlim dəyişikliyinə, qlobal istiləşmə və havanın çirklənməsinin əsas səbəblərindən biridir. "Maddə miqdarı", "molyar kütlə" və "molyar həcm" anlayışlarına əsaslanıb gündəlik həyatda baş verən bu prosesləri xarakterizə etmək mümkündür.

Layihəni həyata keçirməklə siz:

- kimya elminin praktiki əhəmiyyətini göstərəcək;
- qazların miqdarını hesablamaq bacarıqlarınızı təkmilləşdirəcək;
- müxtəlif yanacaq nümunələri seçərək hesablama apararaq nəticələri ədəbiyyatlarda və internet resurslarında olan məlumatlarla müqayisə edəcək;
- ətraf mühitin mühafizəsi ilə bağlı statistik təhlillər aparacaqsınız.

### Layihənin gedişi

#### 1. Verilmiş mövzulardan sizə maraqlı olanı seçin:

- a. 1 litr benzinin yanması zamanı ayrılan CO<sub>2</sub>
- b. Bir avtomobilin 100 km məsafədə buraxdığı CO<sub>2</sub>
- c. Bir avtobusun gündəlik CO<sub>2</sub> tullantısı
- d. Kömür və təbii qazın yanmasının müqayisəsi
- e. Bir ailənin aylıq qaz sərfiyyatından buraxılan CO<sub>2</sub>

#### 2. Seçilmiş yanacağın yanma tənliyini yazın:

- Benzin:  $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$
- Kömür:  $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- Metan:  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

#### 3. Seçdiyiniz yanacaq haqqında internet resurslarından və ya ədəbiyyatlardan məlumatları əldə edin və araşdırma aparın.

#### 4. Maddənin kütləsi və ya həcminə əsasən onun mol sayını hesablayın.

5. Əmələ gələn CO<sub>2</sub>-nin mol sayını hesablayın.

6. Alınan nəticədən istifadə etməklə CO<sub>2</sub>-nin kütləsini ( $M = 44$  q/mol) və həcmi (20°C və 1 atm) hesablayın.

7. Seçdiyiniz yanacağa uyğun olaraq nəticəni gündəlik həyat faktları ilə müqayisə edin:

- 1 litr benzindən alınan CO<sub>2</sub>-nin miqdarı neçə nəfərin gün ərzində tənəffüs zamanı xaric etdiyi CO<sub>2</sub>-nin miqdarına bərabərdir?
- 1 avtomobilin 100 km yol qət etməsi nəticəsində buraxılan CO<sub>2</sub>-ni udmaq üçün təqribən neçə ağac lazımdır?
- Bir avtobusun gündəlik CO<sub>2</sub> tullantısı neçə nəfərin gün ərzində atmosfərə verdiyi CO<sub>2</sub>-nin miqdarına bərabərdir?
- Kömür və təbii qazın yanması zamanı əmələ gələn CO<sub>2</sub>-nin miqdarının müqayisəsi necədir?
- 1 ailənin aylıq qaz sərfiyyatı nəticəsində alınan CO<sub>2</sub> ilə neçə litr qazlı içki hazırlamaq olar?

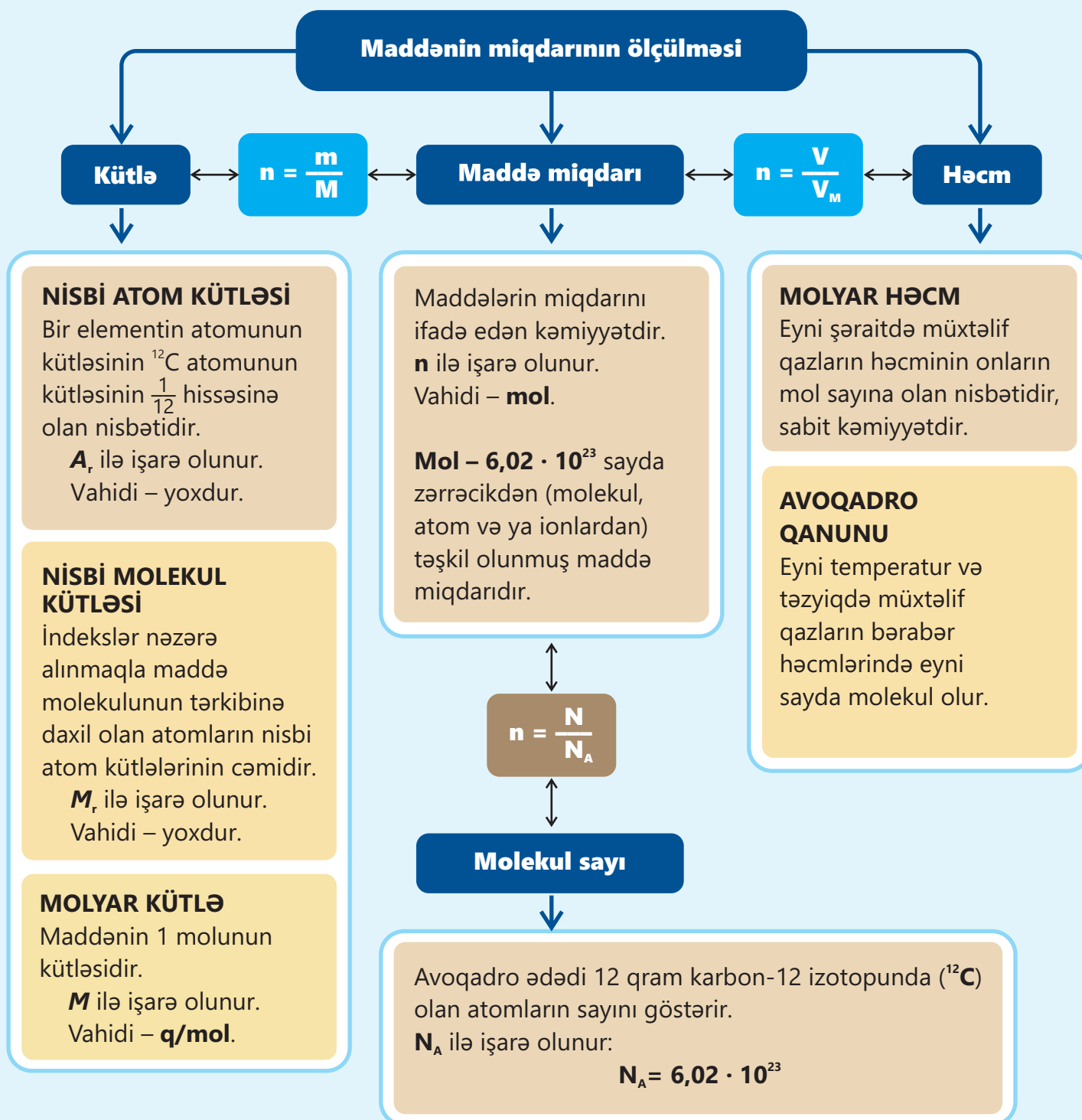
8. Alınan nəticələrə əsasən cədvəl və diaqramlar tərtib edərək təqdimat hazırlayın.

9. Nəticələr əsasında ekoloji şüar hazırlayın. Məsələn:

- “Az yanacaq – təmiz hava!”;
- “İctimai nəqliyyata üstünlük – ekoloji balansın qorunması!”;
- “Enerjiyə qənaət et – gələcəyini qoru!” və s.

#### Nəticələrin müzakirəsi

- 1 litr benzinin yanması zamanı neçə mol və neçə kq CO<sub>2</sub> əmələ gəlir?
- Bir avtomobilin 100 km məsafə qət etdikdə buraxdığı CO<sub>2</sub> ilə neçə ağacın illik fəaliyyəti müqayisə edilə bilər?
- Avtobus və minik avtomobilinin buraxdığı CO<sub>2</sub>-nin müqayisəsi nəyi göstərir?
- Kömür və təbii qazın yanması zamanı buraxılan CO<sub>2</sub>-nin miqdarı arasında hansı fərq var? Hansı ekoloji cəhətdən daha üstündür?
- Bir ailənin aylıq qaz sərfiyyatından yaranan CO<sub>2</sub>-nin həcmi nə qədərdir?

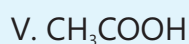
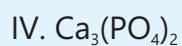
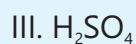


# Ümumiləşdirici tapşırıqlar

## 1. Maqneziumun nisbi atom kütləsini hesablayın.

Adı	Təbiətdə tapılması, %
Maqnezium-24	79
Maqnezium-25	10
Maqnezium-26	11

## 2. Maddələrin $M_r$ -ni hesablayın.



## 3. Cədvəli dəftərinizə köçürün və tamamlayın.

Qazlar	Mol sayı	Həcmi, $dm^3$ ( $20^\circ C$ və 1 atm)	Molekul sayı	Atom sayı	Kütləsi, q
He	0,25				
$H_2$		12			
CO			$1,204 \cdot 10^{24}$		
$CH_4$				$3,01 \cdot 10^{23}$	
$SO_2$					320

## 4. Ortayaşlı insan tənəffüs zamanı gün ərzində orta hesabla təqribən 550 litr ( $20^\circ C$ və 1 atm) oksigen ( $O_2$ ) sərf edir.

- İnsan gün ərzində tənəffüs zamanı neçə mol oksigen qəbul edir?
- Bu oksigenin kütləsi neçə qramdır?

5. İki şardan biri hidrogen qazı, digəri isə karbon qazı ilə doldurulmuşdur. Bu şarları yuxarı qaldırıb əlimizdən buraxsaq, nə baş verər? Nə üçün?

6.  $\text{XH}_4$  qazının hidrogenə görə nisbi sıxlığı 8-dir. X-in nisbi atom kütləsini hesablayın.

7. Qazları sıxlıqlarının ( $20^\circ\text{C}$  və  $1\text{ atm}$ ) artma ardıcılığı ilə düzün. Cavabınızı əsaslandırın.

I.  $\text{N}_2$

II.  $\text{O}_2$

III.  $\text{CH}_4$

IV.  $\text{CO}_2$

8. 1 mol karbon qazı və 3 mol dəm qazından ibarət qarışığın sıxlığı eyni şəraitdə hansı qazın sıxlığına bərabərdir?

I.  $\text{N}_2$

II.  $\text{O}_2$

III.  $\text{C}_2\text{H}_6$

IV.  $\text{C}_3\text{H}_4$

V.  $\text{SO}_2$

9. 1 mol metan və 0,25 mol X-in kütlələri cəmi 1 mol oksigen qazının kütləsinə bərabərdir. X-in nisbi molekül kütləsini hesablayın.

10. Məişətdə istifadə olunan qaz balonlarda, əsasən, propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) və butan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) olur. Mətbəxdə bu balonlardan sızmanın olması təhlükəlidir. Çünki bu qazlar mətbəxin aşağı hissələrində yığılır, kiçik qıyılcımdan alovlanır və partlayış əmələ gətirir. Nə üçün bu qazlar mətbəxin aşağı hissəsinə yığılır? Cavabınızı hesablama ilə əsaslandırın.

## bölmə 2

# Kimyəvi formul və tənliklər üzrə hesablamalar

İnqredientlər düzgün nisbətdə istifadə edildikdə bişirilən yeməklər daha dadlı alınır. Məsələn, xörək duzunun lazım olan miqdardan az və ya çox istifadə olunması yeməyə fərqli dad verir.



- Kimyəvi reaksiyalarda da başlanğıc maddələrin miqdarları arasında belə "dəqiq nisbətlər" çox vacibdir. İstehsalatda xammalın qənaətlə istifadə olunması, "optimal istehsal nisbətləri"nin hesablanması həm iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan böyük əhəmiyyət kəsb edir.
- 1. Neytrallaşma reaksiyaları misalında bu nisbət haqqında nə deyə bilərsiniz?
- 2. Sizcə, bu "dəqiq nisbətlər" necə hesablanır?
- 3. "Dəqiq nisbətlər" iqtisadi və ekoloji baxımdan nə üçün çox əhəmiyyətlidir?

### Bölmədə öyrənəcəksiniz

- Kimyəvi birləşmələri təşkil edən elementlərin kütlələri nisbəti bu birləşmədə sabit olur və kiçik tam ədədlər ilə ifadə olunaraq kütlə nisbəti adlanır
- Kütlə payı birləşmənin tərkibində olan elementin kütləsinin bu birləşmənin ümumi kütləsinin hansı hissəsini təşkil etdiyini göstərir
- Kütlə nisbəti və kütlə payına əsasən birləşmənin empirik və həqiqi formulunu müəyyən etmək olar
- Stexiometriyaya əsasən reaksiyaya daxil olan maddələrin və reaksiya məhsullarının miqdarını hesablamaq mümkündür
- Reaksiya məhsulunun praktiki çıxımı onun faktiki alınmış miqdarının nəzəri hesablanmış miqdarına bölünməsi və 100%-ə vurulması ilə müəyyən edilir

## 2.1 Kütlə payı və kütlə nisbəti

Mağazalardan aldığımız qablaşdırılmış məhsulların üzərində etiket olur. Bu etiketlərdə məhsulun tərkibi haqqında məlumat verilir. Məsələn, şokolad yağının 50 qramında maddələrin miqdarı aşağıdakı kimi ola bilər:



Yağ	31 q
Zülal	0,6 q
Karbohidrat	9,4 q
Şəkər	9 q

Şokolad yağının 50 qramında olan maddələrin miqdarına əsasən bir qablaşdırmadakı maddələrin kütləsini müəyyən etmək olar.

- Maddələrin kütlələrinə görə şokolad yağında onların miqdarlarını faizlə ifadə etmək olarmı?
- Birləşmələrdə elementlərin kütlələrini faizlə ifadə etmək olarmı? Bu kəmiyyəti necə adlandırardınız?

### Açar sözlər

atomların say nisbəti, elementlərin kütlə nisbəti, elementin kütlə payı

Kimyəvi birləşmələr əmələ gələrkən onları təşkil edən elementlərin atomları sabit say nisbətində birləşir. Bu səbəbdən birləşmədə onların kütlələrinin nisbəti də sabit olur. Bu nisbət kiçik tam ədədlər ilə ifadə olunur və **elementlərin kütlə nisbəti** adlanır. Kimyəvi birləşmənin formulunu bilməklə onu təşkil edən elementlərin kütlə nisbətini hesablamaq olar. Məsələn, sirkə turşusunda ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) elementlərin kütlə nisbətini hesablayaq:

1. Molekulda element atomlarının sayı	2 karbon atomu	4 hidrogen atomu	2 oksigen atomu
2. 1 molunda element atomlarının mol sayı	2 mol karbon	4 mol hidrogen	2 mol oksigen
3. 1 molunda elementlərin kütləsi	$2 \cdot 12 = 24$ q karbon	$4 \cdot 1 = 4$ q hidrogen	$2 \cdot 16 = 32$ q oksigen
4. Elementlərin kütlə nisbəti	$m(\text{C}) : m(\text{H}) : m(\text{O}) = 24 : 4 : 32 = 6 : 1 : 8$		

## Fəaliyyət

**Birləşmədə elementlərin kütlə nisbəti sabitdirmi?**

Sabit oksidləşmə dərəcəsinə malik metal ilə aparılan iki təcrübənin nəticələrinə baxaq:

**Təcrübə 1.**

Metaldan bir parça götürülür və tərəzidə kütləsi ölçülür. Kütləsinin 2,5 q olduğu müəyyən edilən metal parçası saf oksigendə tam yandırılır və onun oksidi alınır. Oksid otaq temperaturuna qədər soyudulduqdan sonra tərəzidə onun kütləsi ölçülür. Metal oksidin kütləsinin 3,5 q olduğu müəyyən edilir.

**Təcrübə 2.**

Metaldan bir parça götürülür və tərəzidə onun kütləsi ölçülür. Metalın kütləsinin 4 q olduğu müəyyən edilir. Metal parçası artıq miqdarda götürülmüş xlorid turşusunda həll edilir. Sonra məhlul tam buxarlandırılır və alınan duz kristalları suda tam həll edilərək duzun suda məhlulu hazırlanır. Bu məhlula artıq miqdarda götürülmüş natrium karbonat məhlulu əlavə edilir və reaksiyanın axıra qədər getməsi gözlənilir. Alınan çöküntü süzülərək məhluldan ayrılır. Bu duz qızdırıldıqda karbon qazı ayrılır və metal oksidi əmələ gəlir. Kifayət qədər qızdırılaraq duzun tam parçalanmasına nail olunur. Alınan bərk qalıq otaq temperaturuna qədər soyudulur və tərəzidə onun kütləsi təyin edilir. Metal oksidin kütləsinin 5,6 q olduğu tapılır.

**Müzakirə edin:**

1. Oksidlərdə  $\frac{m(\text{metal})}{m(\text{O})}$  nisbəti eyni, yoxsa fərqli oldu?
2. Birləşmədə elementlərin kütlə nisbəti onun alınma üsulundan asılı oldumu?
3. Bir elementin fərqli oksidlərində kütlə nisbəti eyni, yoxsa fərqli olur? Bunu kükürdün oksidləri ( $\text{SO}_2$  və  $\text{SO}_3$ ) nümunəsində izah edin.
4. Təcrübədə təqdim olunan metal oksidində metalın və oksigenin kütləsini faizlə ifadə edin.
5. Kükürd oksidlərində kükürdün kütləsini faizlə ifadə edərək kəmiyyətlərin müqayisəsini aparın.

Birləşmələrdə elementlərin kütləsini faizlə ifadə etmək olar. Bu kəmiyyət elementin **kütlə payı** adlanır.

**Kütlə payı** – birləşmənin tərkibində olan elementin kütləsinin bu birləşmənin ümumi kütləsinin hansı hissəsini təşkil etdiyini göstərir.

Maddənin kimyəvi formuluna əsasən elementlərin kütlə paylarını hesablamaq olar. Bu hesablama aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

- birləşmənin kimyəvi formulu yazılır;
- birləşmənin nisbi molekulyar kütləsi və ya nisbi formul kütləsi hesablanır;
- birləşmədə elementin kütləsi birləşmənin nisbi molekulyar kütləsinə bölünür və alınan ədəd 100-ə vurularaq kütlə payı faizlə ifadə olunur.

## NÜMUNƏ

Kükürd trioksiddə oksigenin və kükürdün kütlə paylarını (%-lə) hesablayın.

## Həlli:

- Birləşmənin formulu:  $\text{SO}_3$
  - $\text{SO}_3$ -ün nisbi molekul kütləsi:  $M_r(\text{SO}_3) = 1 \cdot 32 + 3 \cdot 16 = 80$
  - Birləşmədə oksigenin kütləsinin  $\text{SO}_3$ -ün nisbi molekul kütləsinə nisbəti:
 
$$\frac{3 \cdot 16}{80} \cdot 100\% = 60\%.$$
- Birləşmədə kükürdün kütlə payı:  $100\% - 60\% = 40\%$

## DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ

$\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$  sırasında dəmirin kütlə payı necə dəyişir? Cavabınızı əsaslandırın.

## Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1.  $\text{X}_2\text{H}_6$  birləşməsində X elementinin kütlə payı 80%-dir. X-in nisbi atom kütləsini hesablayın.
2. 14 q X elementi ilə 35 q Y elementinin qarşılıqlı təsirindən  $\text{XY}_2$  birləşməsi alınmış və 3 q Y artıq qalmışdır.  $\text{XY}_2$  birləşməsində  $\frac{m(\text{X})}{m(\text{Y})}$  nisbətini hesablayın.

## Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Cədvəli dəftərinizə köçürün və tamamlayın.

Maddə	Elementlərin kütlə nisbəti
$\text{Mg}_3\text{N}_2$	
$\text{CuSO}_4$	
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	

2. Maqnezium sulfatda maqneziumun kütlə payını (%) hesablayın.
3.  $\text{X}_2\text{O}_3$  birləşməsində  $\frac{m(\text{X})}{m(\text{O})} = \frac{9}{8}$  olarsa, X-in nisbi atom kütləsini hesablayın.
4.  $\text{XY}_2$  birləşməsində  $\frac{m(\text{X})}{m(\text{Y})} = \frac{7}{16}$  kimidir.  $\text{XY}$  birləşməsində  $\frac{m(\text{X})}{m(\text{Y})}$  nisbətini hesablayın.
5.  $\text{CuXO}_4$  duzunda X-in kütlə payı 20% olarsa, onun nisbi atom kütləsini hesablayın.

## 2.2 Sadə və həqiqi formulların çıxarılması

Vanil bitkisinin tərkibində xoş ətir verən əsas maddə vanilindir. Kimyaçılar bu maddənin kimyəvi tərkibini və quruluşunu müəyyən etdikdən sonra onu laboratoriyada süni yolla sintez etmişlər. Nəticədə təbii vanilə ehtiyac olmadan, eyni ətirə malik vanilin istehsal etmək mümkün olmuşdur. Bu maddə hazırda qida sənayesində (şirniyyatların hazırlanmasında) və ətir istehsalında geniş istifadə olunur.

- **Birləşmələrdə atomların sayı necə müəyyən olunur?**
- **Birləşmələrin kimyəvi formulu nəyi göstərir?**

Əvvəlki mövzudan öyrəndiyiniz kimi, kimyəvi birləşmənin formuluna əsasən onun tərkibindəki elementlərin hansı kütlə nisbətində birləşdiyini hesablamaq olar. Buna əsasən maddənin formulunu müəyyən etmək mümkündür.

Açar  
sözlər

empirik formul, sadə  
formul, həqiqi formul,  
molekulyar formul

Fəaliyyət

### Birləşmələrin kimyəvi formulu necə müəyyən edilir?

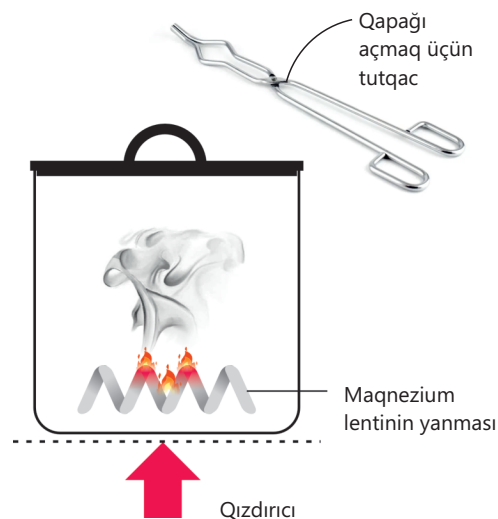
**Ləvazimat:** çini kasa, qızdırıcı, tutqac, tərəzi, maqnezium lenti.

#### Təlimat:

**Addım 1.** Qapaqla birlikdə boş çini kasanın kütləsini müəyyən edin. Sonra çini kasaya bir qədər maqnezium lenti qoyun və maqnezium lentinin kütləsini təyin etmək üçün onu yenidən çəkin.

**Addım 2.** Çini kasanı qızdırın. Müəyyən müddətdən sonra oksigenin daxil olması üçün ehtiyatla qapağı açın. Maqneziumun parlaq alovla yandığını görəcəksiniz.

**Addım 3.** Yanma bitdikdən sonra kasanın qapağını bağlayaraq soyumasını gözləyin. Sonra yenidən kütləsini müəyyən edin.



#### Müzakirə edin:

1. Hansı reaksiya baş verdi?
2. Kütlənin artımı nə ilə əlaqədardır?
3. Alınan birləşmənin formulunu necə təklif edərdiniz?
4. Təcrübə üçün 2,4 q maqnezium götürülsə, alınan birləşmənin kütləsi neçə qram olar?

Elementlərin kütlə nisbətində görə kimyəvi birləşmənin formulunu aşağıdakı ardıcılıqla müəyyən etmək olar:

Təcrübi yolla reaksiyaya daxil olan maddələrin qramla kütləsi tapılır.

Qramla tapılmış kütlələr mol sayı ilə ifadə olunur.

Atomların mol sayı elementlərin hansı nisbətə birləşdiyini göstərir.

Aşağıdakı misal nümunəsində bu ardıcılığı tətbiq edək:

### NÜMUNƏ 1

Yanma zamanı 32 q kükürd 32 q oksigenlə birləşərək oksid əmələ gətirir. Oksidin formulunu müəyyən edin.

#### Həlli:

Birləşən elementlər	Kükürd	Oksigen
Kütlələri	32 q	32 q
Nisbi atom kütlələri	32	16
Mol sayları	$\frac{32}{32} = 1$	$\frac{32}{16} = 2$
Birləşmədə element atomlarının say nisbəti	1 : 2	
Oksidin formulu	SO <sub>2</sub>	

Bu yolla tapılmış kimyəvi formul birləşmənin **sadə formulu (empirik formulu)** adlanır. Empirik formul birləşmədə atomların hansı ən kiçik say nisbətində birləşdiyini göstərir. Bəzi hallarda tapılmış empirik formullar birləşmənin **həqiqi formulunu (molekulyar formulunu)** əks etdirmir. Empirik formula əsasən həqiqi formulun çıxarılmasına aşağıdakı misal nümunəsində baxaq:

### NÜMUNƏ 2

Etanın nisbi molekulyar kütləsi 30-dur və o, kütləcə 80% karbon və 20% hidrogendən ibarətdir. Etanın həqiqi formulunu müəyyən edin.

#### Həlli:

100 qram maddə üçün hesablama aparacağıq.

Birləşən elementlər	Karbon	Hidrogen
Kütlələri	80 q	20 q
Nisbi atom kütlələri	12	1
Maddə miqdarları (mol)	$\frac{80}{12} = 6,67$	$\frac{20}{1} = 20$
Birləşmədə element atomlarının say nisbəti	6,67 : 20 = 1 : 3	
Birləşmənin empirik formulu	CH <sub>3</sub>	



Birləşmənin nisbi molekullar kütləsini və empirik formulunu bilməklə onun həqiqi formulunu müəyyən etmək mümkündür. Bunun üçün birləşmənin empirik formuluna əsasən empirik kütləsi tapılır, sonra birləşmənin nisbi molekullar kütləsi empirik kütləyə bölünür və alınan ədəd empirik formuldakı indekslərə vurulur.

$$\frac{M_r(\text{etan})}{M_r(\text{CH}_3)} = \frac{30}{15} = 2$$

$$2 \cdot \text{CH}_3 = \text{C}_2\text{H}_6$$

Həqiqi formul empirik formulla müqayisədə daha əlverişlidir. Çünki maddənin həqiqi formulunu onun haqqında daha geniş məlumat verir. Bir sıra birləşmələrdə empirik formul ilə həqiqi formul üst-üstə düşür. Cədvəldə bəzi birləşmələrin həqiqi və empirik formulunu müqayisəli şəkildə verilmişdir.

Maddə	Həqiqi formul	Empirik formul
Su	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Hidrogen peroksid	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	HO
Metan	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub>

#### · DÜŞÜN · MÜZAKİRƏ ET · PAYLAŞ ·

1. Tərkibində kütləcə 90% karbon və 10% hidrogen olan birləşmənin nisbi molekullar kütləsi 120-dir. Birləşmənin həqiqi formulunu müəyyən edin.
2. Kütlə nisbətləri m(Fe) : m(S) : m(O) = 7 : 4 : 8 olan birləşmənin formulunu tərtib edin.

### Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1. Təbiətdə bir çox dəmir filizlərində rast gəlinən qara rəngli hematit mineralı dəmir oksididir. Bu mineralın 50 qramında 35 qram dəmir olduğunu bilərək onun kimyəvi formulunu müəyyən edin.
2. Gübrə kimi istifadə olunan birləşmənin tərkibində azotun kütlə payı 35%, hidrogenin kütlə payı 5% və oksigenin kütlə payı 60%-dir. Birləşmənin formulunu müəyyən edin.

### Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Metanda 24 q karbona neçə qram hidrogen birləşmişdir?
2. Empirik formulunu CH<sub>2</sub>O olan kimyəvi birləşmənin nisbi molekullar kütləsi 180-ə bərabərdir. Bu birləşmənin həqiqi formulunu müəyyən edin.
3. Təbiətdə tapılan misin sulfidinin tərkibində 32 qram misə 8 qram kükürdün birləşdiyi məlumdursa, onun sadə formulunu müəyyən edin.

## 2.3 Kimyəvi tənliklər üzrə hesablamalar

Sənayedə və elmi tədqiqat işlərində kimyaçılar reaksiyalar aparmadan alınacaq məhsulun miqdarını əvvəlcədən hesablayırlar. Onlar müəyyən miqdarda məhsul almaq üçün əvvəlcə lazım olan xammalın kütləsini müəyyənləşdirirlər. Bu zaman formullardan, nisbi atom kütlələrindən, kimyəvi tənliklərdən və stexiometriyadan istifadə edilir.



- Stexiometriya nədir?
- Stexiometrik hesablamalar necə aparılır?

**Açar sözlər** stexiometriya, həcmi nisbətlər qanunu, limitləyici maddə

**Stexiometriya** – verilmiş kimyəvi reaksiyada reaksiyaya daxil olan və alınan maddələrin miqdarları arasında nisbətdir. Məsələn,  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  reaksiya tənliyindən göründüyü kimi, 2 mol hidrogenin yanmasına 1 mol oksigen sərf olunur və 2 mol su əmələ gəlir.

Kimyəvi reaksiyaya daxil olan və ya alınan maddələrdən birinin miqdarını bilməklə digər maddələrin də miqdarını hesablamaq olar.

Fealiyyət

### Hidrogenin yanma reaksiyasında maddələrin miqdarını necə hesablamaq olar?

Aşağıdakı cədvəli dəftərinizə köçürün və hidrogenin yanma reaksiyasının tənliyində əmsallar nisbətindən istifadə etməklə cədvəli tamamlayın.

Reaksiyaya daxil olan maddələr		Reaksiya məhsulu
$\text{H}_2$ (mol)	$\text{O}_2$ (mol)	$\text{H}_2\text{O}$ (mol)
4		
	0,5	
		3

Əmsallar nisbətindən istifadə etməklə maddələrin miqdarını həcm və kütlə ilə də ifadə etmək olar. Aşağıdakı cədvəli dəftərinizə köçürün və tamamlayın.

Reaksiyaya daxil olan maddələr		Reaksiya məhsulu
$\text{H}_2$	$\text{O}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
12 dm <sup>3</sup> (20°C və 1 atm)	... mol	... qram
... qram	6,4 qram	... mol
... mol	... dm <sup>3</sup> (20°C və 1 atm)	72 qram

### Müzakirə edin:

1. Kimyəvi tənliklər üzrə hesablamaları hansı ardıcılıqla aparmaq olar?
2. Maddənin verilmiş miqdarının tam reaksiyaya daxil olması üçün hansı şərt ödənilməlidir?

Stexiometriyaya əsasən başlanğıc maddələrin və məhsulların kütləsini, molekul sayını və həcmi (qazların) hesablamaq olar. Bu hesablamaları aparmaq üçün aşağıdakı ardıcılıq nəzərə alınmalıdır:

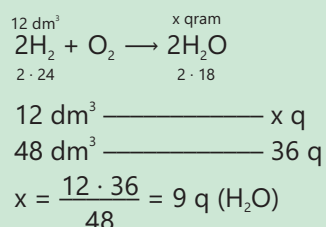
1. Əvvəlcə müvafiq reaksiyanın tənliyi yazılır;
2. Tənliyə uyğun olaraq reaksiyaya daxil olan və alınan maddələrin miqdarı (kütlə, mol, həcm və s.) qeyd olunur;
3. Verilmiş məlumatlara əsasən reaksiyaya daxil olan və alınan maddələrin miqdarı hesablanır.

Kimyəvi tənliklər üzrə hesablamağa aid bir neçə nümunəni nəzərdən keçirək.

**NÜMUNƏ 1**

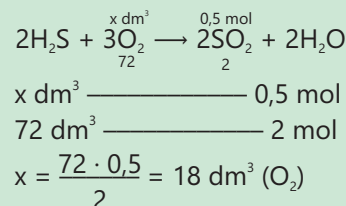
1. 20°C və 1 atm təzyiqində həcmi 12 dm<sup>3</sup> olan hidrogenin tam yanmasından neçə qram su alınar?

**Həlli:**



2. Hidrogen sulfidin tam yanması zamanı 0,5 mol kükürd dioksid alınmışdır. Yanmaya sərf olunan oksigenin 20°C və 1 atm təzyiqində həcmi (dm<sup>3</sup>) hesablayın.

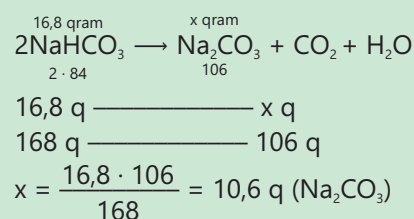
**Həlli:**



3. 16,8 q natrium hidrokarbonatın parçalanmasından alınan bərk qalığın kütləsini (q) hesablayın.

**Həlli:**

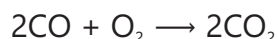
Natrium hidrokarbonatın tam parçalanması zamanı karbon qazı və su buxarı ayrılır, alınan bərk qalıq isə natrium karbonatdır.



Əvvəlki mövzudan öyrəndiyiniz kimi, istənilən qazın 1 molu 20°C və 1 atm təzyiqində 24 dm<sup>3</sup> həcm tutur. Avoqadro qanununa əsasən, eyni təzyiq və temperaturda bərabər həcmli qazlarda eyni sayda molekul olur. Bu onu göstərir ki, qazların həcmi onların mol sayı ilə düz mütənasibdir. Qaz şəklində olan maddələrin iştirak etdiyi kimyəvi reaksiyalarda qazların mol nisbəti onların həcm nisbətinə bərabərdir. Qaz halında olan maddələr arasında kimyəvi reaksiyalar tədqiq edilməklə həcmi nisbətlər qanunu verilmişdir. **Həcmi nisbətlər qanunu** aşağıdakı kimi ifadə edilir:

Eyni şəraitdə (temperatur və təzyiq) reaksiyaya daxil olan və alınan qazların həcmələrinin bir-birinə nisbəti kiçik tam ədədlərin nisbəti kimidir.

Məsələn:

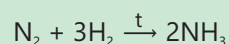


Reaksiya tənliyindən görüldüyü kimi, 2 mol karbon monooksid 1 mol oksigenlə reaksiyaya daxil olaraq 2 mol karbon dioksid əmələ gətirir. Eyni zamanda qeyd etmək olar ki, 2 həcm karbon monooksid 1 həcm oksigenlə reaksiyaya daxil olaraq 2 həcm karbon dioksid əmələ gətirir. Deməli, bu reaksiyada iştirak edən qazların həcm nisbəti 2 : 1 : 2 kimidir.

### NÜMUNƏ 2

Ammonyak azotun hidrogenlə qarşılıqlı təsirindən alınır. 20°C və 1 atm təzyiqində həcmi 48 dm<sup>3</sup> olan hidrogenin azotla reaksiyasından alınan ammonyakın həcmi (dm<sup>3</sup>, 20°C və 1 atm) hesablayın.

**Həlli:**



Göründüyü kimi, 3 mol hidrogendən 2 mol ammonyak alınır. Uyğun olaraq 3 həcm hidrogendən də 2 həcm ammonyak alınır. Qazların mol saylarının nisbəti onların həcm nisbətinə bərabər olduğundan reaksiya tənliyinə əsasən yaza bilərik:

$$\frac{V(\text{H}_2)}{V(\text{NH}_3)} = \frac{3}{2}$$

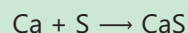
$$V(\text{NH}_3) = \frac{2 \cdot V(\text{H}_2)}{3} = \frac{2 \cdot 48}{3} = 32 \text{ dm}^3$$

Kimyəvi reaksiyada başlanğıc maddələrdən birinin tamamilə sərf olunması üçün, adətən, digər maddə artıq miqdarda götürülməlidir. Kimyəvi reaksiyada tamamilə sərf olunan maddə **limitləyici maddə** adlanır. Bu zaman reaksiya məhsulunun miqdarı limitləyici maddəyə görə hesablanır, digər başlanğıc maddədən isə müəyyən qədər artıq qalır.

### NÜMUNƏ 3

1. 4 q kalsium 8 q kükürdlə qarışdırılaraq qızdırılır. Reaksiya zamanı maddələrdən biri tam sərf olunarsa, artıq qalan maddəni və onun kütləsini (q) hesablayın.

**Həlli:**



Reaksiya tənliyindən görüldüyü kimi, kalsium və kükürd 1 : 1 mol nisbətində reaksiyaya daxil olur. Hansı maddənin artıq götürüldüyünü müəyyən etmək üçün verilən miqdarlara əsasən reaksiyaya daxil olan maddələrin mol sayı hesablanır:

$$n(\text{Ca}) = \frac{m}{M} = \frac{4}{40} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n(\text{S}) = \frac{m}{M} = \frac{8}{32} = 0,25 \text{ mol}$$

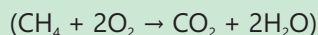
Göründüyü kimi, kükürd artıq miqdarda götürülüb və limitləyici maddə kalsiumdur. Reaksiya zamanı kalsium tam sərf olunur, kükürdün müəyyən hissəsi artıq qalır.



Tənlik üzrə 1 mol kalsiuma 1 mol kükürd uyğun gəlir. 0,1 mol kalsium reaksiyaya daxil olduqca 0,1 mol kükürd sərf olunur, kükürdün artıq qalan mol sayı  $0,25 - 0,1 = 0,15$  mol olur. Artıq qalan kükürdün kütləsi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$m = n \cdot M = 0,15 \cdot 32 = 4,8 \text{ q.}$$

2.  $20^\circ\text{C}$  və 1 atm təzyiqində həcmi  $20 \text{ dm}^3$  olan metan ilə  $50 \text{ dm}^3$  oksigenin qarışığında yanma baş verir. Metanın yanma reaksiyasının tənliyinə əsasən



alınan karbon qazının həcmi ( $\text{dm}^3$ ,  $20^\circ\text{C}$  və 1 atm) hesablayın.

#### Həlli:

Metanın yanma tənliyindən görüldüyü kimi, 1 həcm  $\text{CH}_4$  2 həcm  $\text{O}_2$  ilə reaksiyaya daxil olur:

$$V(\text{O}_2) = 2V(\text{CH}_4) = 2 \cdot 20 = 40 \text{ dm}^3.$$

Deməli, metan miqdarca az verildiyindən ( $20 \text{ dm}^3$ ) o, tam sərf olunacaq. Tənlik üzrə 1 həcm  $\text{CH}_4$  reaksiyaya daxil olduqca 1 həcm  $\text{CO}_2$  alınır. Onda  $20 \text{ dm}^3 \text{ CH}_4$  reaksiyaya daxil olduqda da  $20 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2$  alınacaq.

### Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

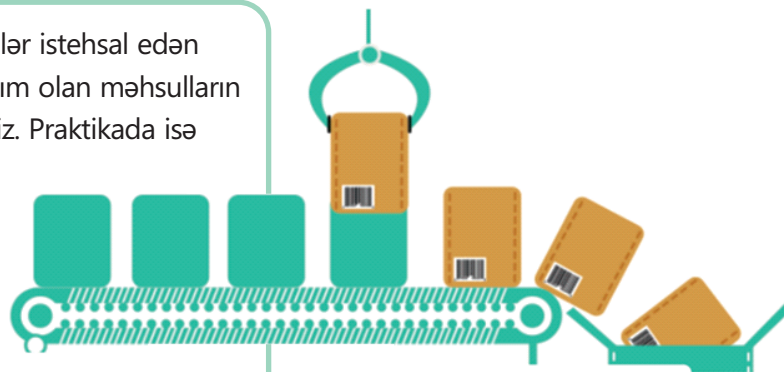
1. Qaz halında olan naməlum maddənin  $6 \text{ dm}^3$ -nin yanmasına  $4,5 \text{ dm}^3$  oksigen sərf olunmuş, reaksiyadan isə  $3 \text{ dm}^3$  azot və  $9 \text{ dm}^3$  su buxarı alınmışdır (həcmilər eyni şəraitdə verilmişdir). Naməlum maddənin formulunu müəyyən edin.
2.  $\text{XCO}_3 \rightarrow \text{XO} + \text{CO}_2$  tənliyi üzrə 21 qram  $\text{XCO}_3$ -ün tam parçalanması zamanı  $20^\circ\text{C}$  və 1 atm təzyiqində həcmi  $6 \text{ dm}^3$  olan  $\text{CO}_2$  alınmışdır. X-in nisbi atom kütləsini hesablayın.
3. Eyni kütlədə götürülmüş maqnezium və kükürdün qızdırılmasından 14 q  $\text{MgS}$  alınmışdır. Artıq qalan maddənin kütləsini (q) hesablayın.

### Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. 2 mol azotun artıq miqdarda götürülmüş hidrogen ilə tam reaksiyasından neçə mol ammonyak alınır?
2. 9 q alüminiumun tam yandırılmasına sərf olunan oksigenin  $20^\circ\text{C}$  və 1 atm təzyiqində həcmi ( $\text{dm}^3$ ) hesablayın.
3. Etanın ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) yanması zamanı karbon qazı və su alınır.  $20^\circ\text{C}$  və 1 atm təzyiqində  $10 \text{ dm}^3$  etan ilə  $40 \text{ dm}^3$  oksigen qarışdırılır və yanma reaksiyası zamanı qazlardan biri tam sərf olunur. Artıq qalan qazı müəyyən edin və onun  $20^\circ\text{C}$  və 1 atm təzyiqində həcmi ( $\text{dm}^3$ ) hesablayın.
4. 1 mol kalsiumun 32 qram oksigenlə reaksiyasından  $\text{CaO}$ -nun alına bilən maksimum kütləsini (q) hesablayın.
5. 7 qram dəmir 6 qram kükürdlə qızdırıldıqda  $\text{FeS}$  alınır və maddələrin birindən artıq qalır. Artıq qalan maddənin tamamilə reaksiyaya daxil olması üçün hansı maddə və onun neçə qramı lazımdır?

## 2.4 Kimyəvi reaksiyaların çıxımı

Təsəvvür edin ki, siz boya və yaxud mineral gübrələr istehsal edən müəssisənin rəhbərisiniz. Yəqin ki, o zaman siz lazım olan məhsulların çoxunu ən aşağı qiymətə əldə etmək istəyəcəksiniz. Praktikada isə kimyəvi reaksiyalar zamanı alınan məhsulun miqdarı, əsasən, tənlik üzrə nəzəri hesablanmış miqdardan az olur.



**Açar sözlər** kimyəvi reaksiyaların çıxımı, nəzəri çıxım, məhsulun praktiki çıxımı, xammalın təmizlik dərəcəsi

- Sizcə, bunun səbəbi nədir?
- Hesablamada bunu necə nəzərə almaq olar?

Reaksiya zamanı alınan məhsulun miqdarını qiymətləndirmək və reaksiyanın effektivliyini ölçmək üçün **kimyəvi reaksiyanın çıxımı** anlayışından istifadə olunur. Kimyəvi reaksiyanın tənliyinə əsasən məhsulun hesablanmış miqdarı 100% qəbul edilir və **nəzəri çıxım** adlanır. Kimyəvi reaksiyalarda, adətən, alınan miqdar nəzəri çıxımdan aşağı olur və həmin miqdar **praktiki çıxım** adlanır. Bunun müxtəlif səbəbləri ola bilər:

- reaksiya şəraitinin optimal olmaması (təzyiq, temperatur, katalizatorun düzgün seçilməməsi);
- reaksiyanın tam başa çatmaması (başlanğıc maddələrin hamısından artıq qalır);
- əlavə reaksiyaların baş verməsi (bu zaman xammalın bir hissəsi başqa məhsula çevrilir);
- xammalın təmizlik dərəcəsinin az olması (xammalın tərkibində başqa maddələrin qarışığı olur);
- xammalın miqdarının qeyri-dəqiq ölçülməsi (ölçü cihazlarının dəqiqliyi az olur və s.);
- məhsul itkisinin olması (bu zaman məhsulun bir hissəsi baş verən müxtəlif proseslər zamanı ayrılır, məsələn, buxarlanır).

Praktik çıxım hər hansı bir məhsula görə hesablandıqda bu, **məhsulun praktiki çıxımı** adlanır. Məhsulun praktiki çıxımı faizlə ifadə olunur və onu hesabladıqda reaksiya məhsulunun faktiki alınmış miqdarı onun nəzəri hesablanmış miqdarına bölünür və 100%-ə vurulur.

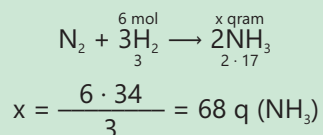
$$\text{Məhsulun praktiki çıxımı} = \frac{\text{faktiki alınmış miqdar}}{\text{nəzəri hesablanmış miqdar}} \cdot 100\%$$

**NÜMUNƏ 1**

6 mol hidrogenin azotla qarşılıqlı təsirdən 17 qram ammonyak alınmışdır. Məhsulun praktiki çıxımını (%) hesablayın.

**Həlli:**

Əvvəlcə 6 mol hidrogendən ammonyakın alına bilən maksimum kütləsi hesablanır:



Sonra reaksiya məhsulunun praktiki çıxımı hesablanır:

$$\text{Məhsulun praktiki çıxımı} = \frac{\text{faktiki alınmış miqdar}}{\text{nəzəri hesablanmış miqdar}} \cdot 100\% = \frac{17}{68} \cdot 100\% = 25\%$$

Sənaye proseslərində məhsulun təmizliyi (məhsulda qarışıqların olmaması) çox vacibdir. Qida məhsullarında və dərman preparatlarında qarışıqların olması insan orqanizmi üçün zərərli ola bilər. Buna görə də sənaye prosesləri nəticəsində alınan məhsulun təmizlik dərəcəsinin müəyyən olunması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

**Fealiyyət****Təmizlik dərəcəsinə necə müəyyən etmək olar?**

**Ləvazimat:** kimyəvi stəkan, qıf, süzgəc kağızı, tərəzi, spirt lampası, xlorid turşusu, mis tozu qarışığı olan alüminium tozu.

**Təlimat:**

**Addım 1.** Əvvəlcə kimyəvi stəkanın kütləsini müəyyən edin. Sonra stəkana tərkibində bir qədər mis tozu qarışığı olan alüminium tozu tökün və qarışığın kütləsini təyin etmək üçün yenidən çəkin.

**Addım 2.** Qarışığın üzərinə ehtiyatla artıq miqdarda xlorid turşusu əlavə edin və stəkani qızdırın. Reaksiya zamanı qaz qabarcıqlarının ayrılması müşahidə olunur.

**Addım 3.** Reaksiya bitdikdən sonra qarışığın soyumasını gözləyin. Filtr kağızının kütləsini ölçün və qarışığı filtr kağızından süzün. Filtr kağızını qurudun və kütləsini təyin edin.

**Müzakirə edin:**

1. Təcrübə zamanı hansı reaksiya baş verdi?
2. Filtr kağızında hansı metal qaldı?
3. Alüminium və mis tozu qarışığında alüminiumun kütləcə miqdarı (%-lə) nə qədər oldu?

Təmizlik dərəcəsinə hesablamaq üçün maddənin qarışıqda olan hesablanmış kütləsini ümumi kütləyə bölmək, sonra isə 100%-ə vurmaq lazımdır.

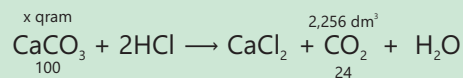
$$\text{Təmizlik dərəcəsi} = \frac{\text{hesablanmış kütlə}}{\text{ümumi kütlə}} \cdot 100\%$$

**NÜMUNƏ 2**

Təbaşirin əsas tərkib hissəsi kalsium karbonatdır. 10 qram təbaşirə artıqlaması ilə götürülmüş xlorid turşusu ilə təsir etdikdə 20°C və 1 atm təzyiqində həcmi 2,256 dm<sup>3</sup> olan karbon qazı ayrılışdır. Təbaşir nümunəsinin təmizlik dərəcəsinə (%) hesablayın.

**Həlli:**

Əvvəlcə 2,256 dm<sup>3</sup> karbon qazının alınmasına sərf olunan kalsium karbonatın kütləsi hesablanır.



$$x \text{ q (CaCO}_3) \text{ ————— } 2,256 \text{ dm}^3 \text{ (CO}_2\text{)}$$

$$100 \text{ q ————— } 24 \text{ dm}^3 \text{ (CO}_2\text{)}$$

$$x = \frac{2,256 \cdot 100}{24} = 9,4 \text{ q (CaCO}_3\text{)}$$

$$\text{Təmizlik dərəcəsi} = \frac{\text{hesablanmış kütlə}}{\text{ümumi kütlə}} \cdot 100\% = \frac{9,4}{10} \cdot 100\% = 94\%.$$

**Bilirsinizmi?**

Təmiz qızıl zinət əşyalarının hazırlanması üçün çox yumşaqdır. Ona görə də ona mis və nikel kimi metallar əlavə edilərək bərkliyi artırılır. Qızılın təmizliyi karatla ölçülür. Təmiz qızıl 24 karatdır. Əgər qızıl üzük 18 karatdırsa, onda onun təmizlik dərəcəsi  $\frac{18}{24} \cdot 100 = 75\%$ -dir.

**Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**

- 60% praktiki çıxımla 19,2 q SO<sub>2</sub> almaq üçün neçə qram kükürd yandırılmalıdır?
- Metan və hidrogen sulfid qazlarından ibarət olan qarışıqın kütləcə 80%-i metandır. Bu qarışıqın yanmasından 17,6 q karbon qazı alınarsa, başlanğıc qarışıqın kütləsini (q) hesablayın.

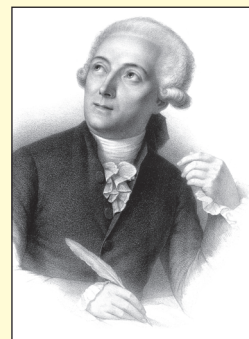
**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

- 50 qram kalsium karbonat qızdırılaraq parçalandıqda 7 q kalsium oksid alınmışdır. Reaksiya məhsulunun çıxımını (%) hesablayın.
- 2NH<sub>3</sub> → N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> reaksiya tənliyinə əsasən 8 mol ammonyakın 20%-i parçalandıqda alınan hidrogenin mol sayını hesablayın.
- Məhsulun praktiki çıxımı 75% olarsa, 112 qram dəmirin xlorid turşusu ilə qarşılıqlı təsirindən neçə dm<sup>3</sup> (20°C və 1 atm) hidrogen ayrılır?
- Sink tozu nümunəsinə müəyyən qədər mis tozu qarışmışdır. Bu nümunənin 200 qramına artıqlaması ilə götürülmüş duru sulfat turşusu ilə təsir etdikdə alınan qaz molekullarının sayı 1,204 · 10<sup>24</sup> olarsa, nümunənin təmizlik dərəcəsinə (%) hesablayın.

# Elm, texnologiya, həyat

## Kimyəvi hesablamaların başlanğıcı

XVIII əsrdə fransız alimi Antuan Lavuazye kimya tarixində inqilab etdi. O, sadə bir təcrübə apararaq metalı qapalı qabda yandırdı və maddənin kütləsini dəqiqliklə ölçdü. Nəticədə müşahidə etdi ki, metal yanarkən hava ilə birləşsə də, qarışığın ümumi kütləsi dəyişmir. Bu müşahidə sonradan "kütlələrin saxlanması qanunu" kimi tarixə düşdü. Lavuazye təcrübələri o qədər dəqiqliklə aparmışdı ki, bu gün müasir analitik cihazların nəticələri belə həmin qanunun doğruluğunu dəyişə bilmir. Məhz bu hadisə kimyanı, sadəcə, "nə baş verir?" sualına cavab verən elm olmaqdan çıxardı və "nə qədər baş verir?" sualını da cavablandıran kəmiyyət elminə çevirdi. Bu gün isə hər bir kimyəvi tənlidəki rəqəmlər insanın təbiətin balansını anlamaq səylərinin simvoluna çevrilib.



Antuan Lavuazye  
(1743–1794)

## Kütlədən molekula

XIX əsrin əvvəllərində italyan alimi Amedeo Avoqadro maddələrin daxili quruluşu haqqında o dövr üçün qeyri-adi bir fikir irəli sürərək göstərdi ki, qazların miqdarı onların tərkibindəki hissəciklərin sayından asılıdır və bu say müəyyən şəraitdə sabit qalır. Bu fikir kimyada say qanunauyğunluqlarını anlamağın əsasını qoydu, çünki ilk dəfə olaraq atom və molekulların miqdarı real ölçüyə çevrildi. Bundan sonra kimyaçılar təkcə maddələrin çevrilməsini deyil, həmin çevrilmələrin say və nisbət baxımından tarazlığını da öyrənməyə başladılar. Beləliklə, görünməz aləmin atom və molekulları tədricən riyazi dəqiqliklə təsvir olundu. Bu ideya sonradan molekulyar kimya, material mühəndisliyi və dərman sənayesi kimi sahələrin inkişafında əsas rol oynadı. Çünki yeni maddələr artıq təkcə təcrübə yolu ilə deyil, hesablanmış miqdarlar və nisbətlər əsasında sintez edilməyə başlandı. Avoqadronun fikirləri göstərdi ki, mikroskopla görünməyənlər belə say və ölçü qanunlarına tabe olur və bu qanunlar kimyanın ən universal dilinə çevrilir.

## Müasir texnologiyada kimyəvi balans

Gübrə, yanacaq, dərman, boya və plastik kimi maddələrin istehsalı kimyəvi tənlidlərə əsaslanır. Hər istehsal prosesində maddələrin bir-birinə necə çevrilməsi və alınan məhsulun miqdarı əvvəlcədən dəqiq hesablanmalıdır. Bu prinsiplər üzərində qurulan ən tanınmış sənaye proseslərindən biri ammoniyak sintezi, yəni "Haber–Bosch" prosesidir. Bu proses hələ XX əsrin əvvəllərində yaradılmış olsa da, XXI əsrdə də dünyada kənd təsərrüfatının əsas sahələrindən biri hesab olunur. Torpağın məhsuldarlığını artıran azot gübrələrinin istehsalı məhz bu üsulla həyata keçirilir. Burada azot və hidrogen qazları yüksək təzyiq və temperatur altında qarşılıqlı təsirdə olaraq ammoniyak əmələ gətirir. Sadə görünən bu çevrilmənin arxasında çox dəqiq hesablamalar dayanır. Reaktorlarda qazların nisbətinə, təzyiqin sabitliyinə, temperaturun saxlanmasına və enerjinin sərfinə hər saniyə nəzarət olunur. Dünyada hər il istehsal edilən təxminən 500 milyon ton gübrə məhz bu tənlidlərin düzgün hesablanmasından asılıdır. Eyni prinsiplər digər sənaye proseslərində də tətbiq olunur. Kimyəvi tənlidlər laboratoriya, sənaye, kənd təsərrüfatı və energetika sistemlərinin düzgün işləməsinin əsasıdır.



### Kimya və həyat arasında görünməz körpü

Gündəlik həyatımızda kimyəvi hesablamalar gözə görünməsə də, hər addımda qarşımıza çıxır. Kimya yalnız laboratoriyalarla məhdudlaşmır, o, nəfəs aldığımız havada, yandırdığımız yanacaqda, içdiyimiz suda və bişirdiyimiz yeməklərdə də özünü göstərir. Məsələn, tibdə həkimlər insan orqanizmində qaz mübadiləsini qiymətləndirmək üçün qanda qaz analizi aparırlar. Arterial qandakı karbon dioksidin və oksigenin miqdarını ölçmək orqanların fəaliyyətini izləməyə imkan verir.

Qida sənayesində kimyəvi hesablamalar istehsalın hər mərhələsində istifadə olunur. Şirələrin qazlaşdırılması, çörəyin qabarma dərəcəsi və içkilərdə şəkərin miqdarının tənzimlənməsi kimyəvi balans və nisbətlər əsasında müəyyən edilir. Məsələn, karbon qazının miqdarı az olduqda içki dadını itirir, çox olduqda isə butulkanın təzyiqi təhlükəli dərəcəyə çata bilər. Enerji və nəqliyyat sahəsində isə bu hesablamalar planetin ekoloji balansına təsir göstərir. Belə yanaşma onu göstərir ki, kimyəvi tənliklər yalnız laboratoriyadakı çevrilmələri deyil, həm də planetin enerji və resurs dövrənini tənzimləməyə xidmət edir.

### Gələcəyə baxış

Gələcəyin kimyası süni intellektlə idarə olunan hesablama kimyasına çevrilir. Hazırda kompüterlər vasitəsilə reaksiyanın gedişi öncədən simulyasiya olunur və ən optimal nisbətlər təklif edilir. 2024-cü ildə MIT və ETH Sürix universitetlərində hazırlanmış modellər artıq reaksiya çıxımını 95% dəqiqliklə proqnozlaşdırı bilər. Bu, laboratoriya xərclərinin nizamlanmasına şərait yaradır, yeni materialların dizaynını sürətləndirir və təbiətə düşən yükü azaldır. Amma bu inkişafın əsasında yenə də Lavuazyə və Avoqadro kimi alimlərin yaratdığı sadə hesablamalar dayanır.



## Kristalhidratın formulunun müəyyən edilməsi

Kristalhidratları qızdırdıqda onların tərkibindəki kristallaşma suyu buxarlanır. Qızdırmanı kifayət qədər apardıqda kristallaşma suyu tamamilə buxarlanır və kristalhidrat susuz duza çevrilir. Bundan istifadə edərək kristalhidratda suyun miqdarını təyin etmək olar.

**Ləvazimat:** çini kasa, qum hamamı, qızdırıcı, tutqac, tərəzi, mis kuporosu.

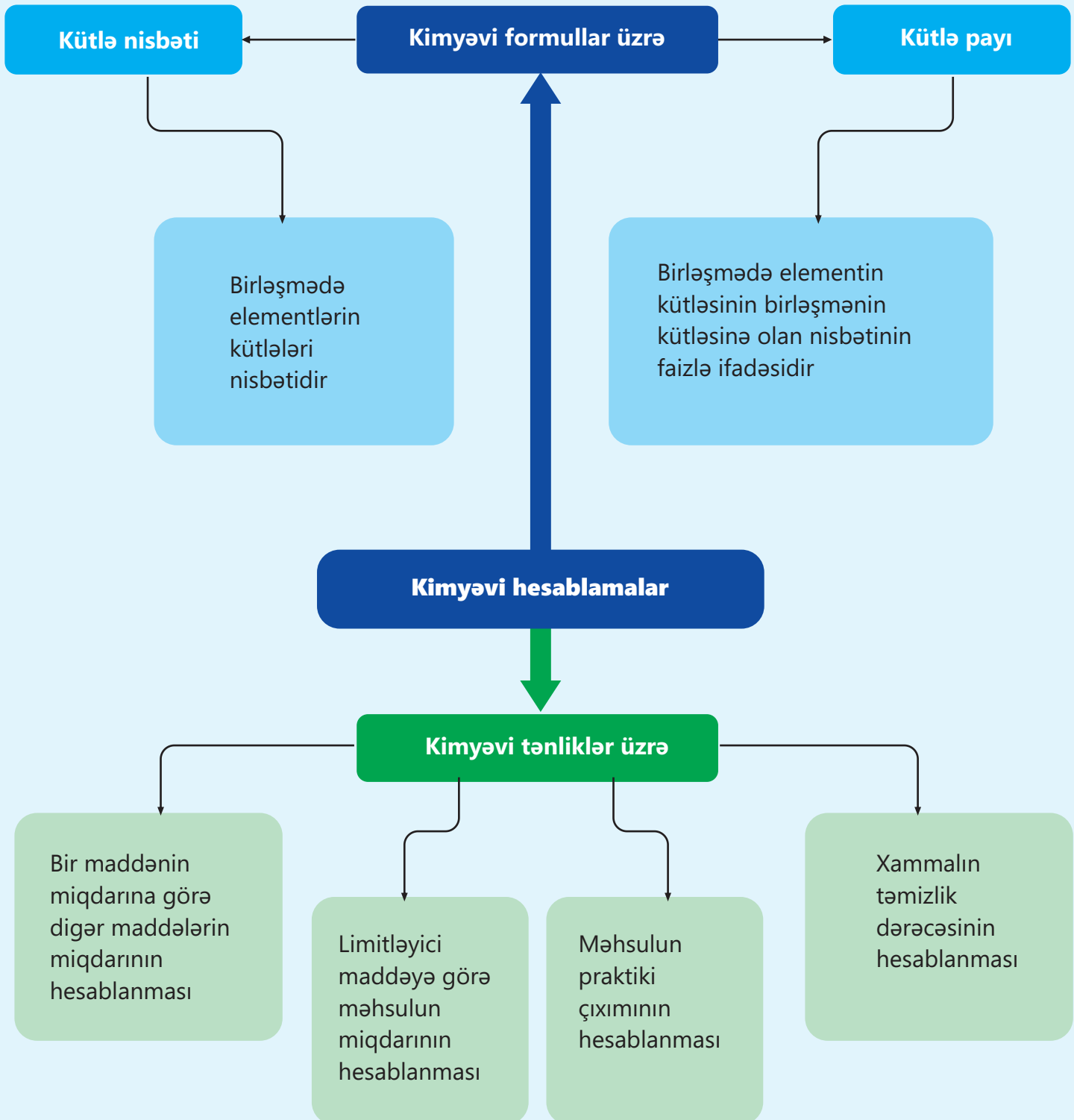
### Təlimat:

Qapaqla birlikdə boş çini kasanın kütləsini müəyyən edin. Sonra çini kasaya 2 – 3 q mis kuporosu (mis(II) sulfatın kristalhidratı) əlavə edin və yenidən kasanın kütləsini ölçün. Çini kasanı qızdırılmış qum hamamına yerləşdirin və 20-30 dəqiqə saxlayın. Sonra çini kasanı tutqacla götürüb soyudun. Soyumuş çini kasanın kütləsini müəyyən edin. Təcrübənin nəticələrinə əsasən aşağıdakı cədvəli doldurun:

Çini kasanın kütləsi, q	
Mis kuporosu ilə birlikdə çini kasanın kütləsi, q	
Mis kuporosunun kütləsi, q	
Közərdilmədən sonra maddə ilə birlikdə çini kasanın kütləsi, q	
Susuz duzun kütləsi, q	
Suyun kütləsi, q	

### Müzakirə edin:

1. Təcrübə zamanı kristalhidratın rəngi necə dəyişdi?
2. 1 mol mis(II) sulfata neçə mol su uyğun gəlir? Kristalhidratın formulu necədir?
3. Kristalhidratda suyun kütlə payını (%-lə) hesablayın.



# Ümumiləşdirici tapşırıqlar

1. 24 q karbonun tam yanmasından alınan karbon qazının 20°C və 1 atm təzyiqində həcmi (dm<sup>3</sup>) hesablayın.

2. Tərkibində karbonun kütlə payı 40% olan birləşmənin nisbi molekül kütləsi 120-dir. Bu birləşmənin molekulunda karbon atomlarının sayını müəyyən edin.

3. X-in oksigenlə reaksiyası zamanı alınan məhsulda  $\frac{m(X)}{m(O)} = \frac{5}{2}$  kimi olarsa, cədvəli tamamlayın.

X-in kütləsi, q	Oksigenin kütləsi, q	Alınan məhsulun kütləsi, q
	1	
		14
15		

4. Elementlərin kütlə nisbəti  $m(Mg) : m(S) : m(O) = 3 : 4 : 6$  olan birləşmənin formulunu tərtib edin.

5. Cədvəli tamamlayın.

CaCO <sub>3</sub> → CaO + CO <sub>2</sub>		
CaCO <sub>3</sub> -ün kütləsi, q	CaO-nun kütləsi, q	Məhsulun çıxımı, %
50	14	
	28	80
80		75

6. Tərkibində natrium hidrokarbonat olan 112 q nümunənin parçalanmasından 12 dm<sup>3</sup> (20°C və 1 atm) karbon qazı ayrılmışdır. Nümunənin təmizlik dərəcəsinə (%) hesablayın.

7. Etanın yanma reaksiyasının tənliyi aşağıdakı kimidir:



6 dm<sup>3</sup> (20°C və 1 atm) etanın yanması zamanı hesablayın:

- reaksiyaya sərf olunan oksigenin mol sayını;
- alınan karbon qazının həcmi (dm<sup>3</sup>, 20°C və 1 atm);
- alınan suyun kütləsini (q).

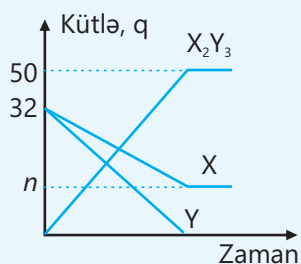
8. x-i hesablayın.

Reaksiyaya daxil olan maddələr və kütləsi		Məhsulun kütləsi	Artıq qalan maddənin kütləsi
Al	O <sub>2</sub>	34 q	x q
m qram	m qram		

9. a-nı hesablayın.

Birləşmə	Birləşmədə X-in kütlə payı, %
X <sub>3</sub> Y <sub>2</sub>	75
XY <sub>3</sub>	a

10. X və Y maddələri arasında baş verən reaksiyada maddələrin kütləsinin zamandan asılılıq qrafikinə əsasən hesablayın:



- n-in qiymətini
- $\frac{m(X)}{m(Y)}$  kütlə nisbətini

# bölmə 3

## Termokimya

Enerji insanın sahib olduğu ən qiymətli sərvətlərdən biridir. Onsuz həyat, istilik və hərəkət mümkün deyil. Bir ölkənin inkişaf səviyyəsi də onun enerji ehtiyatları və onların səmərəli istifadə olunması ilə sıx bağlıdır.



- Odun, kömür və neft yandırıldıqda onlarda toplanmış kimyəvi enerji istilik enerjisinə çevrilir. Benzin və dizel yanacağına yanması ilə bu enerji mexaniki enerjiyə çevrilərək nəqliyyat vasitələrimizi hərəkət etdirir. Canlı orqanizmlərdə baş verən maddələr mübadiləsi zamanı qidalarda olan kimyəvi enerji istilik və mexaniki enerjiyə çevrilir. Bu çevrilmələr də bədənimizi isti saxlayır, əzələlərimizi hərəkət etdirir və sinir siqnallarının ötürülməsini təmin edir.
- 1. Hansı reaksiya zamanı kimyəvi enerji istilik enerjisinə çevrilir?
- 2. Bədənimizdəki enerji hansı maddələrin hesabına yaranır?
- 3. Kimyəvi reaksiyalarda istilik enerjisinin öyrənilməsinin, sizcə, hansı əhəmiyyəti var?

### Bölmədə öyrənəcəksiniz

- Kimyanın kimyəvi reaksiyalar zamanı müşahidə olunan istilik enerjisini öyrənən bölməsi termokimya adlanır
- Reaksiyaların istilik effekti entalpiya dəyişməsi ilə ifadə olunur
- Temperatur və təzyiq dəyişdikdə eyni reaksiyanın istilik effekti müxtəlif olduğundan reaksiyaların istilik dəyişmələri üçün bütün ölçmələr standart şəraitdə aparılır
- Kimyəvi reaksiya zamanı entalpiyanın ümumi dəyişməsi sabit olub başlanğıc maddələrdən reaksiya məhsullarına qədər gedilən yoldan asılı deyil
- 1 mol rabitəni qırmaq üçün lazım olan və ya 1 mol rabitə əmələ gələndə ayrılan enerji rabitə enerjisi adlanır
- Qida enerjisi insan və heyvanların fəaliyyətinin təminatı üçün qidadan əldə etdikləri kimyəvi enerjidir

## 3.1 Entalpiya

Futbol komandasının məşqi zamanı oyunçulardan biri yıxılır və ayağı zədələnir. Ağrı və şişkinliyin qarşısını almaq üçün komandanın həkimi dərhal kompres paketindən istifadə edir. Paket əl ilə sıxıldıqda soyuyur və onun zədələnmiş hissəyə təsiri nəticəsində həm şişkinlik, həm də ağrı azalır.



- Sizcə, paketin soyumasına səbəb nədir?
- Paket sıxılmazdan əvvəl niyə soyuq olmur?

### Açar sözlər

termokimya, istilik effekti, entalpiya, entalpiya dəyişməsi, coul (C), kalori (kal), ekzotermik reaksiya, endotermik reaksiya

Kimyəvi reaksiyalar zamanı istiliyin ayrılmasının və udulmasının müşahidə olunduğunu, istiliyin ayrılması ilə baş verən reaksiyaların **ekzotermik reaksiyalar**, udulması ilə baş verən reaksiyaların **endotermik reaksiyalar** adlandığını bilərsiniz. Kimyəvi reaksiyalar zamanı müşahidə olunan istilik enerjisinin öyrənilməsi elmi tədqiqat, sənaye, bioloji sistemlərin fəaliyyəti və s. üçün çox əhəmiyyətlidir.

Kimyanın kimyəvi reaksiyalar zamanı müşahidə olunan istilik enerjisini öyrənən bölməsi **termokimya** adlanır.

Reaksiya zamanı ayrılan və ya udulan istiliyin miqdarına **istilik effekti** deyilir. İstiliyin ayrılması və ya udulması zamanı maddələrin

enerjisi – **entalpiyası** dəyişir. Entalpiya **H** ilə işarə olunur. Entalpiyanın ölçü vahidi kimi **coul (C)** və ya **kilocouldan (kC)** istifadə edilir. Bundan əlavə, ölçü vahidi kimi **kalori (kal)** və **kilokalori (kcal)** də istifadə olunur (1 kalori təqribən 4,184 coula bərabərdir).

### Fəaliyyət

#### Ekzotermik və endotermik prosesləri necə fərqləndirmək olar?

**Ləvazimat:** termometr, plastik stəkan, qarışdırıcı, natrium hidroksid, ammonium xlorid.

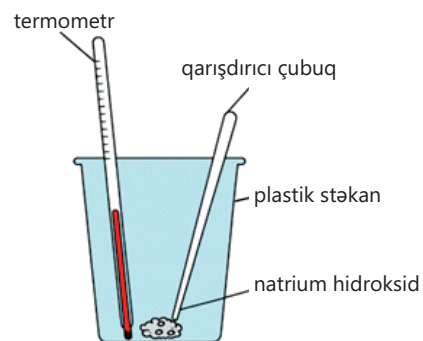
#### Təlimat:

**Addım 1.** Plastik stəkana 25 ml distillə suyu tökün. Termometrin köməyi ilə ilkin temperaturu ölçün və qeyd edin.

**Addım 2.** Suya bir qədər natrium hidroksid əlavə edin və qarışdırıcı çubuqla qarışdırın.

**Addım 3.** Son temperaturu ölçün və ilkin temperaturla fərqi müəyyən edin.

**Addım 4.** Eyni təcrübəni ammonium xlorid ilə təkrarlayın.



**Müzakirə edin:**

1. Hər iki təcrübədə temperatur necə dəyişdi?
2. Hansı təcrübədə istiliyin udulması, hansında ayrılması müşahidə olundu? Cavabınızı əsaslandırın.
3. Nə üçün təcrübə aparılarkən plastik stəkandan istifadə olunur?

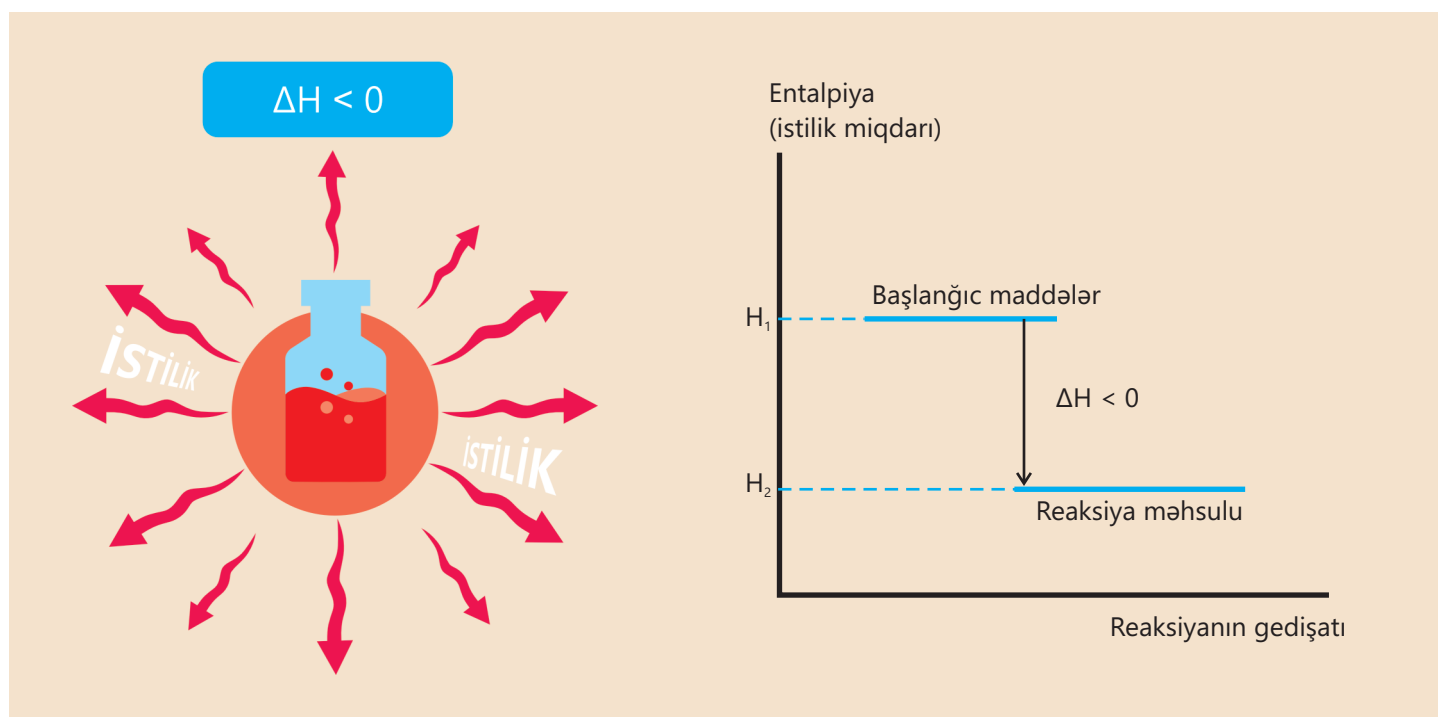
İstilik effekti **entalpiya dəyişməsi ( $\Delta H$ )** ilə ifadə olunur. Entalpiya dəyişməsi reaksiyanın gedişində temperatur dəyişikliyi ilə özünü göstərir. Temperaturun artması və ya azalması istilik mübadiləsinin baş verdiyini sübut edir.

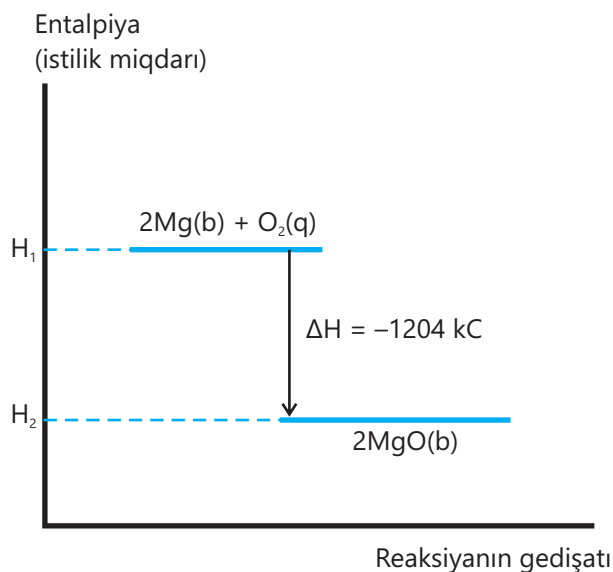
Ekzotermik reaksiya zamanı istilik ətraf mühitə ötürüldüyü üçün alınan maddələrin entalpiyası ( $H_2$ ) başlanğıc maddələrin entalpiyasından ( $H_1$ ) az olur. Bu səbəbdən ekzotermik reaksiyalarda entalpiya dəyişməsi ( $\Delta H = H_2 - H_1$ ) mənfidir. Enerjinin dəyişməsi enerji diaqramları şəklində göstərilir.

$$\Delta H = H_{\text{reaksiya məhsulu}} - H_{\text{başlanğıc maddə}} ;$$

$$\Delta H = H_2 - H_1 ;$$

$$\Delta H < 0.$$





Məsələn, maqneziumun oksigenlə reaksiyası zamanı istilik ayrılır. Maqneziumda və oksigendə olan kimyəvi enerjinin bir hissəsi maqnezium oksiddəki kimyəvi enerjiyə çevrilir, bir hissəsi isə istilik kimi ayrılır. Bu səbəbdən maqnezium oksidin enerjisi başlanğıc maddələrin, yəni maqnezium və oksigenin enerjiləri cəmindən azdır. Enerji diaqramından da görüldüyü kimi, reaksiyada  $\Delta H$ -in qiyməti reaksiyada göstərilən 2 mol Mg, 1 mol  $O_2$  və 2 mol MgO-nun miqdarına uyğundur.

Reaksiyaların tənlikləri tərtib olunarkən entalpiya dəyişməsi və maddələrin halı da bu

tənliklərdə qeyd edilir. Məsələn, maqneziumun yanma reaksiyasının entalpiya dəyişməsini göstərən kimyəvi tənlik aşağıdakı kimi olur:



Reaksiyanın tənliyi



kimi də ifadə olunur. Bu tənlik onu göstərir ki, 2 mol maqneziumla 1 mol oksigenin enerjisinin cəmi 2 mol maqnezium oksidin enerjisi ilə 1204 kC enerjinin cəminə bərabərdir.

Aşağıdakı cədvəldə ekzotermik proseslərə bir sıra misallar göstərilmişdir:

Ekzotermik proseslər  
(istilik ayrılır)

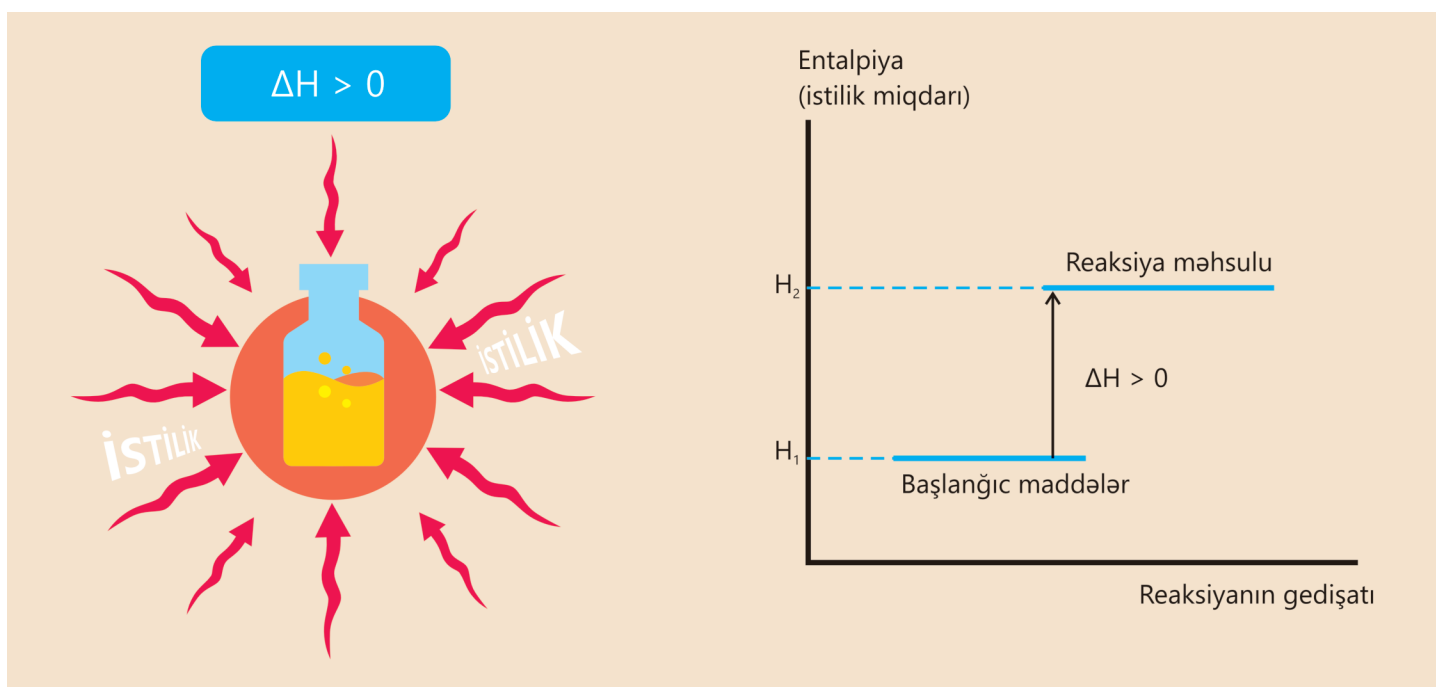
- Yanma hadisələri: taxta, kömür, təbii qazın yanması
- Neytrallaşma reaksiyası:  $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$
- NaOH,  $CaCl_2$ -nin suda həll olması
- Donma (maye  $\rightarrow$  bərk)
- Kondensasiya (qaz  $\rightarrow$  maye)
- Vulkan püskürmələri
- Piroteknik vasitələrin partlaması
- Bir çox birləşmə reaksiyaları:  $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$
- Atomun elektron alması

Endotermik reaksiya zamanı isə ətraf mühitdən udulan istilik hesabına enerji artır. Nəticədə məhsulların entalpiyası başlanğıc maddələrin entalpiyasından böyük olur. Bu səbəbdən endotermik reaksiyalarda entalpiya dəyişməsi ( $\Delta H = H_2 - H_1$ ) müsbətdir.

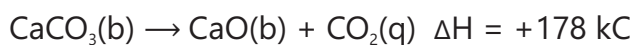
$$\Delta H = H_{\text{reaksiya məhsulu}} - H_{\text{başlanğıc maddə}} ;$$

$$\Delta H = H_2 - H_1 ;$$

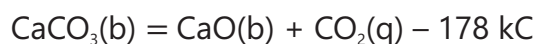
$$\Delta H > 0$$



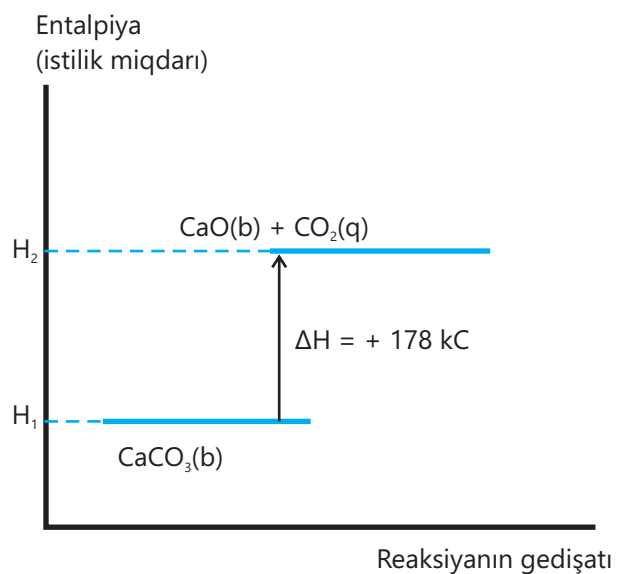
Məsələn, kalsium karbonatın parçalanması zamanı istilik udulur. Kalsium karbonatın enerjisi ilə ətraf mühitdən udulan enerjinin cəmi kalsium oksid və karbon dioksidin enerjilərinin cəminə bərabərdir. Enerji diaqramından da görüldüyü kimi,  $\Delta H$ -ın qiyməti 1 mol  $\text{CaCO}_3$ , 1 mol  $\text{CaO}$  və 1 mol  $\text{CO}_2$ -nin miqdarına uyğundur. Reaksiyanın tənliyi aşağıdakı kimi olur:



Reaksiyanın tənliyini



kimi də göstərmək olar.

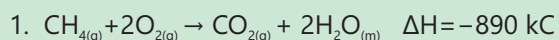


Bu onu göstərir ki, 1 mol kalsium oksidlə 1 mol karbon dioksidin enerjiləri cəmi ilə 178 kC enerjinin fərqi 1 mol kalsium karbonatın enerjisinə bərabərdir. Aşağıdakı cədvəldə endotermik proseslərə bir sıra misallar göstərilmişdir:

Endotermik proseslər (istilik udulur)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotosintez (<math>\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{ışıq} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2</math>)</li> <li>• Buxarlanma (maye <math>\rightarrow</math> qaz)</li> <li>• Ərimə (bərk <math>\rightarrow</math> maye)</li> <li>• <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math>, <math>\text{KNO}_3</math>-ün suda həll olması</li> <li>• Bir çox parçalanma reaksiyaları: <math>\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2</math></li> <li>• Ərzaqların bişirilməsi</li> <li>• Atomun elektron verməsi</li> </ul>
---------------------------------------	--

Reaksiyanın istilik effektinə görə tənliklər üzrə bir sıra stexiometrik hesablamalar aparmaq olar.

### NÜMUNƏ



12 dm<sup>3</sup> metanın (20°C və 1 atm) tam yanmasından ayrılan istiliyi (kC) hesablayın.

**Həlli:** 12 dm<sup>3</sup> metanın mol sayı hesablanır.

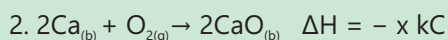
$$n = \frac{V}{V_M} = \frac{12}{24} = 0,5 \text{ mol}$$

Reaksiya tənliyindən görüldüyü kimi, 1 mol metan yandıqda 890 kC istilik ayrılır. 0,5 mol metanın yanmasından ayrılan istilik hesablanır.

$$1 \text{ mol metan} \text{ — } 890 \text{ kC}$$

$$0,5 \text{ mol metan} \text{ — } x \text{ kC}$$

$$x = \frac{0,5 \cdot 890}{1} = 445 \text{ kC}$$



5 q kalsiumun tam yanması zamanı 79 kC istilik ayrılır. x-i hesablayın.

**Həlli:** Kalsiumun molyar kütləsinin 40 q/mol olduğu nəzərə alınaraq mol sayı hesablanır:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5}{40} = 0,125 \text{ mol}$$

x-in 2 mol kalsiumun tam yanması zamanı ayrılan istilik olduğu nəzərə alınır:

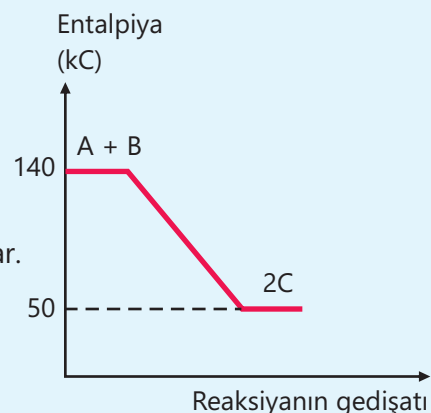
$$0,125 \text{ mol} \text{ — } 79 \text{ kC}$$

$$2 \text{ mol} \text{ — } x \text{ kC}$$

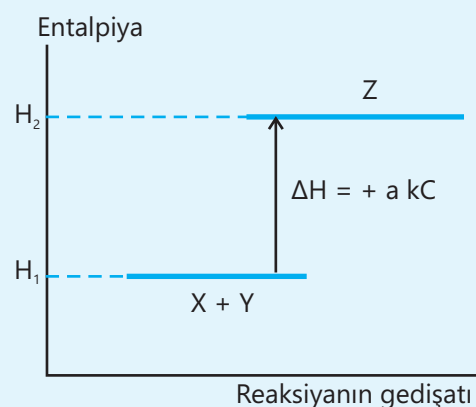
$$x = \frac{79 \cdot 2}{0,125} = 1264 \text{ kC}$$

**Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**

- Qrafikə əsasən doğru və yanlış ifadələri müəyyən edin.
  - Reaksiyadan 90 kC enerji ayrılmışdır.
  - Endotermik prosesdir.
  - Reaksiyanın tənliyini  $A + B = 2C + 90 \text{ kC}$  kimi yazmaq olar.
  - Reaksiyanın tənliyini  $A + B \rightarrow 2C \quad \Delta H = +90 \text{ kC}$  kimi yazmaq olar.
  - 1 mol C maddəsi əmələ gəldikdə 45 kC enerji udulmuşdur.
  - Başlanğıc maddələrin entalpiyaları cəmi reaksiya məhsulunun entalpiyasından böyükdür.



- Qrafikə əsasən doğru ifadələri müəyyən edin.
  - Reaksiya ekzotermikdir.
  - $Z \rightarrow X + Y$  reaksiyasının entalpiya dəyişməsi  $\Delta H = -a \text{ kC}$ -dur.
  - Reaksiya tənliyini  $X + Y = Z + a \text{ kC}$  kimi yazmaq olar.

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

- Ekzotermik reaksiyalarda  $\Delta H < 0$ , yoxsa  $\Delta H > 0$  olur? Cavabınızı əsaslandırın.
- Aşağıdakı proseslərdən hansı ekzotermik, hansı endotermikdir?
  - Suyun donması
  - Şokoladın əriməsi
  - Suyun buxarlanması
  - Kükürdün yanması
  - Mis(II) hidroksidin parçalanması
  - Kalium nitratın suda həll olması
- 2,4 q maqneziumun tam yanması zamanı 97 kC istilik ayrılır. Reaksiyanın tənliyini tərtib edin.
- 0,1 mol kalsium oksid suda tam həll edilir və kalsium hidroksid məhlulu hazırlanır. Bu zaman 108 kC istilik ayrılır.
  - 1 mol kalsium oksidin artıq miqdarda götürülmüş su ilə reaksiyasından nə qədər istilik (kC ilə) ayrılır?
  - Reaksiyanın tənliyini yazın.

## 3.2 İstiliyin ölçülməsi

Eyni miqdarda və eyni temperaturda olan isti qəhvə polad və plastik fincanlara, həmçinin termosə tökülmüşdür.



- Qəhvə hansı qabda daha tez soyuyar? Nə üçün?
- Qəhvənin uzun müddət isti qalması üçün qab hansı materialdan hazırlanmalıdır?
- Qabların istilik saxlama qabiliyyətini laboratoriyada necə ölçmək olar?

### Açar sözlər

xüsusi istilik tutumu, kalorimetr, bomba kalorimetri, neytrallaşma istiliyi, xüsusi yanma entalpiyası, molyar yanma entalpiyası

Reaksiyanın entalpiya dəyişməsinin başlanğıc maddələr və reaksiya məhsullarının enerji fərqi olduğunu öyrəndiniz. Maddələrin enerji ehtiyatlarını birbaşa ölçmək mümkün olmadığından entalpiya dəyişməsinin təyini üçün reaksiya zamanı temperatur dəyişikliyindən istifadə edilir. Bu üsul həm kiçikmiqyaslı laboratoriya təcrübələrində, həm də böyük sənaye proseslərində istifadə olunur. Məsələn, yanacaq yandıqda ayrılan istilik elektrik stansiyalarında turbinləri hərəkətə gətirir. Qüvvətli turşularla qələvilərin neytrallaşması zamanı da istilik ayrılır ki, bu hadisə həm laboratoriya işlərində, həm də kimya zavodlarında mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Reaksiyanın entalpiya dəyişməsini hesablamaq üçün **xüsusi istilik tutumundan** istifadə edilir. Xüsusi istilik tutumu maddənin 1 qramının temperaturunu  $1^{\circ}\text{C}$  (və ya  $1\text{ K}$ ) artırmaq üçün lazım olan istilik miqdarıdır və  $c$  ilə işarə olunur. Xüsusi istilik tutumunun vahidi  $\frac{\text{C}}{\text{q} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ -dir. Məsələn, suyun xüsusi istilik tutumu  $4,2 \frac{\text{C}}{\text{q} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ -dir, yəni 1 qram suyun temperaturunu  $1^{\circ}\text{C}$  artırmaq üçün  $4,2\text{ C}$  enerji lazımdır. Göründüyü kimi, suyun istilik tutumu böyükdür, bu səbəbdən də o, istiliyi uzun müddət saxlaya bilir. Bu xüsusiyyət isə təbiətdə və texnologiyada əhəmiyyətli rol oynayır.

Maddənin temperaturu dəyişdikdə onun kütləsini ( $m$ ), xüsusi istilik tutumunu ( $c$ ) və temperatur dəyişməsinə ( $\Delta t$ ) bilməklə entalpiya dəyişməsinə ( $\Delta H$ ) hesablamaq mümkündür.

$$\Delta H = m \cdot c \cdot \Delta t$$

### Fəaliyyət

#### Etil spirtinin xüsusi yanma entalpiyasını necə hesablamaq olar?

**Ləvazimat:** spirt lampası (etil spirti ilə doldurulmuş), odadavamlı stəkan, termometr, ölçü silindri, tərəzi.

#### Təlimat:

**Addım 1.** Stəkana 250 ml su tökün və onun temperaturunu ölçün.

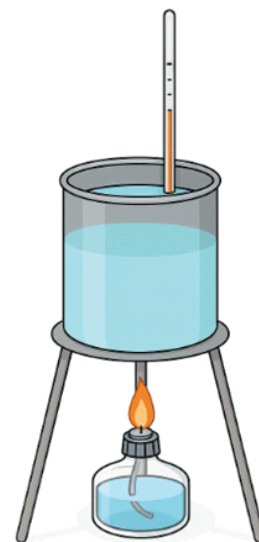
**Addım 2.** Spirt lampasını yandırmazdan əvvəl tərəzidə çəkin.

**Addım 3.** Spirt lampasını yandırın və stəkandakı suyu bir qədər qızdırın.

**Addım 4.** Qızdırdıqdan sonra suyun temperaturunu ölçün və fərqi hesablayın.

**Addım 5.** Spirt lampasını söndürün və yenidən tərəzidə çəkərək kütlə fərqi hesablayın.

**Addım 6.** Entalpiya dəyişməsinə hesablayın.



#### Müzakirə edin:

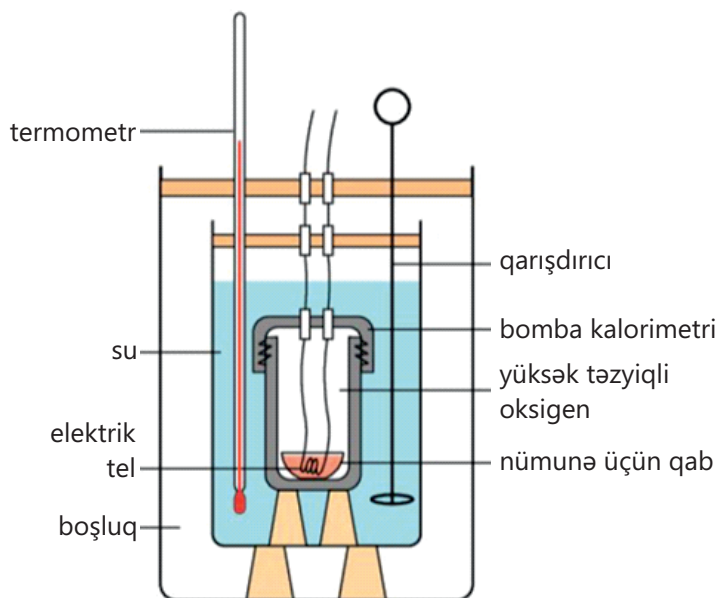
1. Yanmış etil spirtinin miqdarına əsasən ayrılan istiliyin miqdarı nə qədər (C ilə) oldu?
2. 1 mol etil spirti və 1 q etil spirti yandıqda ayrılan istiliyi necə hesablamaq olar?
3. Sizin nəticələriniz ilə ədəbiyyatdakı real qiymətlər arasında fərq nə qədər oldu? Bu fərq nəyə görə ola bilər?

Laboratoriyada sadə təcrübələr zamanı (məsələn, spirt lampası ilə mayenin qızdırılması) reaksiyaların entalpiya dəyişməsinə təyin etmək mümkündür. Lakin bu üsul çox dəqiq olmur. Çünki ayrılan istiliyin bir hissəsi ətraf mühitə yayılır. Daha dəqiq nəticə əldə etmək üçün xüsusi cihazlardan – **kalorimetrlərdən** istifadə olunur. Onlardan ən geniş yayılanı **bomba kalorimetridir**. Bomba kalorimetri poladdan hazırlanmış qalındıvarlı xüsusi bir qabdır.

Bu qabın daxilində oksigenlə doldurulmuş kiçik kamera – “bomba” yerləşir. Təcrübədə öyrənilməsi nəzərdə tutulan maddə (məsələn, yanacaq və ya qida nümunəsi) həmin kameranın içərisində yandırılır. Yanma prosesi nəticəsində ayrılan istilik suya ötürülür.



Bomba kalorimetri



Burada əvvəlki təcrübədəki kimi eyni prinsipdən istifadə olunur: ayrılan istilik suyu qızdırır.

Suya termometr yerləşdirilir və temperatur artımı çox dəqiq ölçülür. Suyun kütləsi, xüsusi istilik tutumu və temperatur dəyişikliyi nəzərə alınaraq entalpiya dəyişməsi hesablanır.

Bomba kalorimetri tam qapalı sistem olduğundan istilik itkisi minimum olur, nəticələr isə daha dəqiq alınır. Ondan kimya və biokimya laboratoriyalarında geniş istifadə edilir. Bomba kalorimetrinin köməyi ilə müxtəlif yanacaqların (kömür, benzin, qaz, spirtlər və s.) yanma istiliyi, qidaların (yağ, zülal, karbohidrat) enerji

dəyəri, kimyəvi reaksiyaların dəqiq entalpiya dəyişməsi müəyyən olunur.

Bomba kalorimetri vasitəsilə aparılan təcrübələr zamanı maddənin tam yanması nəticəsində ayrılan istilik ölçülür və bu məlumat əsasında maddənin həm **xüsusi yanma entalpiyası**, həm də **molyar yanma entalpiyası** hesablanır. **Xüsusi yanma entalpiyası** – 1 qram maddənin tam yanması zamanı, **molyar yanma entalpiyası** – 1 mol maddənin tam yanması zamanı ayrılan istiliyin miqdarıdır. Xüsusi yanma entalpiyasının vahidi **kC/q**, molyar yanma entalpiyasının vahidi **kC/mol**-dur.

### NÜMUNƏ 1

Etil spirtinin 92 qramı tam yandıqda 2676 kC istilik ayrılırsa, onun

- I. xüsusi yanma entalpiyasını (kC/q);
- II. molyar yanma entalpiyasını (kC/mol) hesablayın.

#### Həlli:

I. 92 qram etil spirti tam yandıqda 2676 kC istilik ayrıldığı nəzərə alınaraq onun 1 q-ın yanması zamanı ayrılan istiliyin miqdarı hesablanır. Bunun üçün istilik miqdarı spirtin kütləsinə bölünür:

$$Q = \frac{2676 \text{ kC}}{92 \text{ q}} \approx 29 \text{ kC/q}$$

II. Etil spirtinin ( $C_2H_5OH$ ) molyar kütləsinin 46 q/mol olduğu nəzərə alınaraq mol sayı hesablanır.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{92 \text{ q}}{46 \text{ q}} = 2 \text{ mol}$$

2 mol etil spirti tam yandıqda 2676 kC istilik ayrıldığı nəzərə alınaraq onun 1 molunun yanması zamanı ayrılan istilik hesablanır. Bunun üçün istilik miqdarı spirtin mol sayına bölünür:

$$Q = \frac{2676}{2} = 1338 \text{ kC/mol}$$

## Neytrallaşma istiliyi

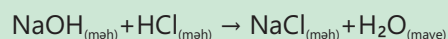
Kimyəvi reaksiyaların istilik hadisələrinin öyrənilməsi yalnız yanma prosesləri ilə məhdudlaşmır. Bu baxımdan mühüm əhəmiyyət daşıyan reaksiyalardan biri də turşularla qələvilərin qarşılıqlı təsiri zamanı gedən neytrallaşma reaksiyasıdır. Turşu və qələvi məhlulları qarışdırıldıqda hidrogen ionu ( $H^+$ ) ilə hidroksid ionu ( $OH^-$ ) birləşərək su molekulu əmələ gətirir. Bu reaksiyanın mühüm xüsusiyyətlərindən biri də onun istilik ayrılması ilə müşayiət olunmasıdır.

**Neytrallaşma istiliyi** – qüvvətli turşu ilə qələvinin reaksiyası nəticəsində 1 mol suyun əmələ gəlməsi zamanı ayrılan istilik miqdarıdır.

Bu hadisə də yanma istiliyi kimi kimyəvi reaksiyaların enerji dəyişmələrinin öyrənilməsi baxımından mühüm rol oynayır. Bundan əlavə, neytrallaşma prosesi də kalorimetr vasitəsilə təcrübi olaraq öyrənilə bilər. Məhlullar qarışdırıldıqda temperatur dəyişikliyi qeydə alınır və bu dəyişiklikdən istifadə edilərək neytrallaşma istiliyi hesablanır.

### NÜMUNƏ 2

Tərkibində 0,05 mol natrium hidroksid olan 50 ml məhlul ilə tərkibində 0,05 mol xlorid turşusu olan 50 ml məhlul qarışdırılır. Natrium hidroksid məhlulunun ilkin temperaturu  $26^\circ C$ , xlorid turşusu məhlulunun ilkin temperaturu  $27^\circ C$ , məhlullar qarışdırıldıqdan sonra reaksiya nəticəsində əmələ gələn məhlulun maksimal temperaturu isə  $33,2^\circ C$  olur. Neytrallaşma istiliyini hesablayın.



Tənlidən göründüyü kimi, 1 mol NaOH ilə 1 mol HCl reaksiyaya daxil olur və 1 mol  $H_2O$  əmələ gəlir. Deməli, 0,05 mol NaOH 0,05 mol HCl ilə reaksiyaya girərək 0,05 mol  $H_2O$  əmələ gətirir, məhlulun həcmi 100 ml olur. Məhlulun ümumi kütləsini (sıxlıq  $\approx 1 \text{ q/sm}^3$  olduğunu nəzərə almaqla) 100 q qəbul etmək olar. Qarışdırılan məhlulların həcmələrinin bərabər olduğunu nəzərə alsaq, orta ilkin temperatur  $T_1 = (26+27)/2 = 26,5^\circ C$  olur. Reaksiya tam bitdikdən sonra temperaturun  $T_2 = 33,2^\circ C$  olduğunu nəzərə alsaq, temperatur artımı  $\Delta T = T_2 - T_1 = 33,2 - 26,5 = 6,7^\circ C$  olur. Məhlulun xüsusi istilik tutumunu ( $c = 4,2 \text{ C/q} \cdot ^\circ C$ ) suyun xüsusi istilik tutumu kimi qəbul etmək olar. Bu zaman entalpiya dəyişməsi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\Delta H = m \cdot c \cdot \Delta T = 100 \text{ q} \cdot 4,2 \text{ C/q} \cdot ^\circ C \cdot 6,7^\circ C = 2814 \text{ C} = 2,814 \text{ kC}$$

Bu istiliyin 0,05 mol suyun əmələ gəlməsinə uyğun olduğunu nəzərə alsaq, neytrallaşma istiliyi aşağıdakı kimi olar:

$$0,05 \text{ mol } H_2O \text{ üçün ayrılan istilik} \text{ — } 2,814 \text{ kC}$$

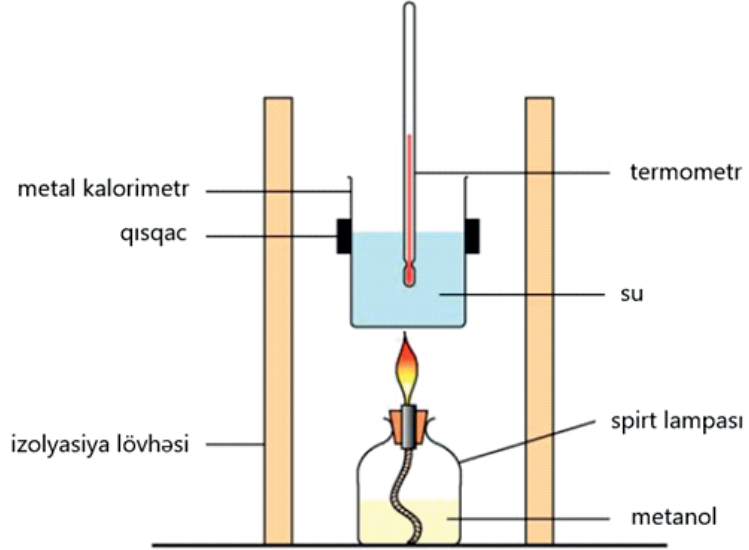
$$1 \text{ mol } H_2O \text{ üçün ayrılan istilik} \text{ — } x$$

$$x = 2,814 \text{ kC} \cdot 1 \text{ mol} / 0,05 \text{ mol} = 56,28 \text{ kC}$$

**Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**

Metanolun xüsusi yanma entalpiyasının təyin edilməsi üçün istifadə olunan qurğu verilmişdir. 1,6 q yanacaq yandıqda ayrılan istilik 400 ml suyun temperaturunu 15°C-dən 36°C-yə qədər qızdırır ( $c = 4,2 \text{ C} \cdot \text{q}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ ).

- Metanolun yanma reaksiyasının istilik effektini (kC ilə) hesablayın.
- Metanolun xüsusi yanma istiliyini (kC/q ilə) hesablayın.
- Metanolun molyar yanma istiliyini (kC/mol ilə) hesablayın.

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

- Nə üçün entalpiya dəyişməsinə təcrübi yolla birbaşa ölçmək olmur?
- Xüsusi istilik tutumu nədir və necə hesablanır?
- Artıq miqdarda toz halında olan sink metalı tərkibində 0,01 mol mis(II) sulfat saxlayan 50 ml məhlul əlavə edildikdə temperatur 9°C artır.
  - Reaksiya tənliyini yazın.
  - 1 mol mis(II) sulfat üçün entalpiya dəyişməsinə hesablayın.
- 8 qram ammonium nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 100 ml suya əlavə edildikdə temperatur 6°C azalır.
  - Bu proses ekzotermik, yoxsa endotermikdir?
  - Yuxarıdakı proses üçün entalpiya dəyişməsinə hesablayın.
  - Eyni şəraitdə 1 mol ammonium nitrat suda həll edildikdə entalpiya dəyişməsi nə qədər olar?

## 3.3 Standart entalpiya dəyişməsi. Hess qanunu

Gündəlik həyatda istifadə etdiyimiz ən mühüm enerji mənbələri yanacaqlardır. Evlərdə təbii qaz, avtomobillərdə benzin və dizel, bəzən isə alternativ yanacaq kimi bioetanol işlədilir. Hər yanacağın verdiyi enerjinin miqdarı bir-birindən fərqlidir. Məsələn, eyni həcmdə benzin və bioetanol yandırıldıqda alınan enerji bərabər olmur. Bu isə onların müqayisəsini çətinləşdirir.

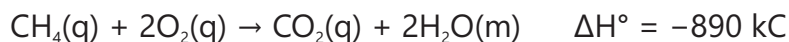


- Sizcə, adıçəkilən yanacaqlardan hansı daha çox enerji verir?
- Müxtəlif yanacaqların enerji miqdarını necə müqayisə edə bilərsiniz?
- Əgər düzgün müqayisə üçün vahid qaydaya ehtiyac varsa, necə qayda təklif edərdiniz?

### Standart şərait

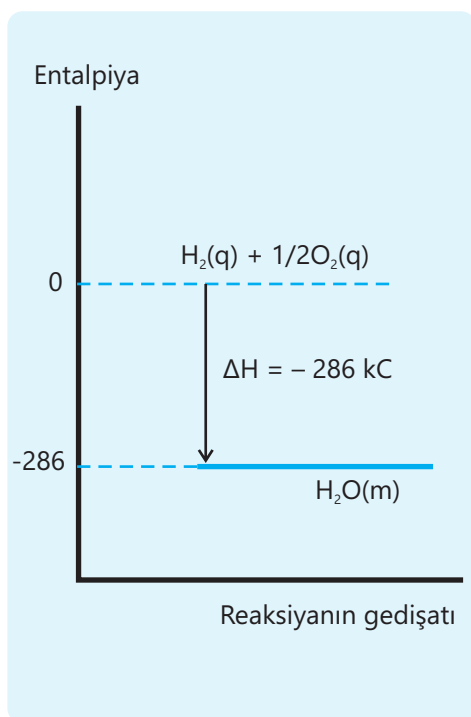
Müxtəlif yanacaq növləri verdiyi enerji miqdarına görə bir-birindən fərqlənir. Bu fərq yalnız maddələrin kimyəvi quruluşu ilə deyil, həm də ölçmələrin aparıldığı şəraitlə bağlıdır. Temperatur və təzyiqlik dəyişdikdə eyni reaksiyanın istilik effekti müxtəlif ola bilər. Buna görə də reaksiyaların istilik dəyişmələrini müqayisə etmək üçün bütün ölçmələr eyni şəraitdə aparılmalıdır. Belə şərait kimi 1 atm (100 kPa) təzyiqlik və 298 K (25°C) temperatur qəbul olunur ki, bu şərait də **standart hal** adlanır. Maddələrin halı isə onların ən stabil fiziki forması kimi götürülür. Məsələn, karbon üçün bərk (qrafit), oksigen üçün qaz, su üçün maye stabil haldır.

Standart şəraitin qəbul edilməsinin məqsədi kimyəvi reaksiyaların istilik effektlərinin eyni şəraitdə müqayisə olunmasıdır. Reaksiyaların istilik effekti yalnız eyni şəraitdə müəyyənləşdirildikdə etibarlı nəticə verir. Eyni şəraitdə aparılan və ya eyni şəraitə gətirilərək hesablanan istilik dəyişməsi **standart entalpiya dəyişməsi** adlanır. Standart entalpiya dəyişməsi standart şəraitdə gedən kimyəvi reaksiyanın istilik effekti ilə xarakterizə olunur və  $\Delta H^\circ$  işarəsi ilə göstərilir. Buradakı "°" işarəsi prosesin standart şəraitdə aparıldığını bildirir. Standart entalpiya dəyişməsi də entalpiya dəyişməsində olduğu kimi reaksiyanın istiqamətindən asılı olaraq müsbət, yaxud mənfi qiymət alır və reaksiya tənliyində göstərilir.



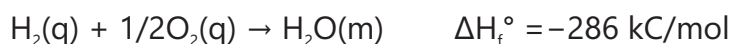
### Açar sözlər

standart entalpiya dəyişməsi, standart əmələgəlmə entalpiyası, standart yanma entalpiyası, Hess qanunu

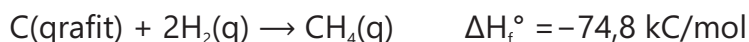


### Standart əmələgəlmə entalpiyası

Kimyəvi birləşmələrin enerjilərini müqayisə etmək üçün istifadə olunan əsas anlayışlardan biri **standart əmələgəlmə entalpiyası**dır və  $\Delta H_f^\circ$  ilə işarə edilir (ingiliscə "formation" – "əmələgəlmə" deməkdir). Bu kəmiyyət birləşmənin əmələgəlmə prosesini ən sadə şəkildə xarakterizə edir. Standart əmələgəlmə entalpiyası ( $\Delta H_f^\circ$ ) standart şəraitdə 1 mol kimyəvi birləşmənin onu təşkil edən elementlərdən (elementlərin ən dayanıqlı halında) əmələ gəlməsi nəticəsində müşahidə olunan istilik dəyişməsidir. Məsələn, suyun standart əmələgəlmə entalpiyası hidrogen və oksigenin qaz halında birləşərək 1 mol maye suyu əmələ gətirməsi zamanı ayrılan istiliyin miqdarı hesab olunur:



Qrafit halında olan karbon və qaz halında olan hidrogen birləşərək 1 mol metan qazı əmələ gətirdikdə ayrılan istilik isə metanın standart əmələgəlmə entalpiyasıdır:



Bəzi maddələrin standart əmələgəlmə entalpiyaları ( $\Delta H_f^\circ$ , 298 K, 1 atm) aşağıdakı cədvəldə verilmişdir:

Maddə	Halı	$\Delta H_f^\circ$	Maddə	Halı	$\Delta H_f^\circ$
C (qrafit)	Bərk	0	H <sub>2</sub> O	Maye	-285,5
H <sub>2</sub>	Qaz	0	H <sub>2</sub> O	Qaz	-241,5
O <sub>2</sub>	Qaz	0	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Maye	-187,8
N <sub>2</sub>	Qaz	0	NH <sub>3</sub>	Qaz	-46,1
Cl <sub>2</sub>	Qaz	0	NO	Qaz	+90,3
C (almaz)	Bərk	+1,9	CaCO <sub>3</sub> (kalsit)	Bərk	-1206,9
CO <sub>2</sub>	Qaz	-393,5	SO <sub>2</sub>	Qaz	-296,8
CO	Qaz	-110,5	H <sub>2</sub> S	Qaz	-20,6
CH <sub>4</sub>	Qaz	-74,8	HCl	Qaz	-92,3
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Qaz	-84,7	HBr	Qaz	-36,3
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Qaz	+52,3	HI	Qaz	+26,5
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Qaz	+226,7	NaCl	Bərk	-411,2
MgO	Bərk	-601,6	KCl	Bərk	-436,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Bərk	-1675,7	CaO	Bərk	-635,1

### Standart yanma entalpiyası

Yanma prosesləri canlılar üçün enerji mənbəyi, sənaye və nəqliyyat üçün ən mühüm enerji qaynaqlarından biridir. Bu reaksiyalar

zamanı ayrılan istiliyi xarakterizə edən molyar yanma entalpiyası da reaksiyanın aparıldığı şəraitdən asılı olaraq dəyişə bilər. Müqayisəni asanlaşdırmaq üçün yanma reaksiyaları da standart halda nəzərdən keçirilir. **Standart yanma entalpiyası** standart halda 1 mol maddənin tam yanması zamanı ayrılan istiliyin miqdarıdır və  $\Delta H_c^\circ$  kimi işarə olunur (ingiliscə "combustion" – "yanma" deməkdir).

Reaksiya tənliyi		Standart yanma entalpiyası
$C_2H_5OH(m) + 3O_2(q) \rightarrow 2CO_2(q) + 3H_2O(m)$	$\Delta H^\circ = -1367 \text{ kC}$	$\Delta H_c^\circ = -1367 \text{ kC/mol}$
$C_2H_4(q) + 3O_2(q) \rightarrow 2CO_2(q) + 2H_2O(m)$	$\Delta H^\circ = -1411 \text{ kC}$	$\Delta H_c^\circ = -1411 \text{ kC/mol}$
$S(b) + O_2(q) \rightarrow SO_2(q)$	$\Delta H^\circ = -296,8 \text{ kC}$	$\Delta H_c^\circ = -296,8 \text{ kC/mol}$

Bu reaksiyalarda tənliyə uyğun olaraq 1 mol maddə tam yandığı üçün reaksiyanın standart entalpiya dəyişməsinin qiyməti standart yanma istiliyinə bərabər olur. Bəzi reaksiyalarda isə standart entalpiya dəyişməsinin qiyməti standart yanma istiliyinə bərabər olmur. Bu halda standart entalpiya dəyişməsinə əsasən standart yanma istiliyini tapmaq üçün onu yanan maddənin tənlikdəki əmsalına bölmək lazımdır.

Reaksiya tənliyi		Standart yanma entalpiyası
$2C_2H_6(q) + 7O_2(q) \rightarrow 4CO_2(q) + 6H_2O(m)$	$\Delta H^\circ = -3120 \text{ kC}$	$\Delta H_c^\circ = -1560 \text{ kC/mol}$
$2CO(q) + O_2(q) \rightarrow 2CO_2(q)$	$\Delta H^\circ = -566 \text{ kC}$	$\Delta H_c^\circ = -283 \text{ kC/mol}$

## Fəaliyyət

**Hansı yanacaq daha sərfəlidir?**

Bir avtomobil 100 km yol getmək üçün 10 litr benzin (formulu ümumi olaraq  $C_8H_{18}$  kimi ifadə oluna bilər), yaxud 12 litr bioetanol sərf edir.

**Təlimat:**

**Addım 1.** 10 litr benzinin kütləsini onun sıxlığından istifadə edərək hesablayın.

**Addım 2.** 12 litr bioetanolün kütləsini hesablayın.

**Addım 3.** Sərf olunmuş hər bir yanacağın mol sayını hesablayın.

**Addım 4.**  $\Delta H_c^\circ$  qiymətlərindən istifadə edərək hər bir yanacağın verdiyi enerjinin ümumi qiymətini hesablayın.

**Addım 5.** Nəticələri müqayisə edin.

**Müzakirə edin:**

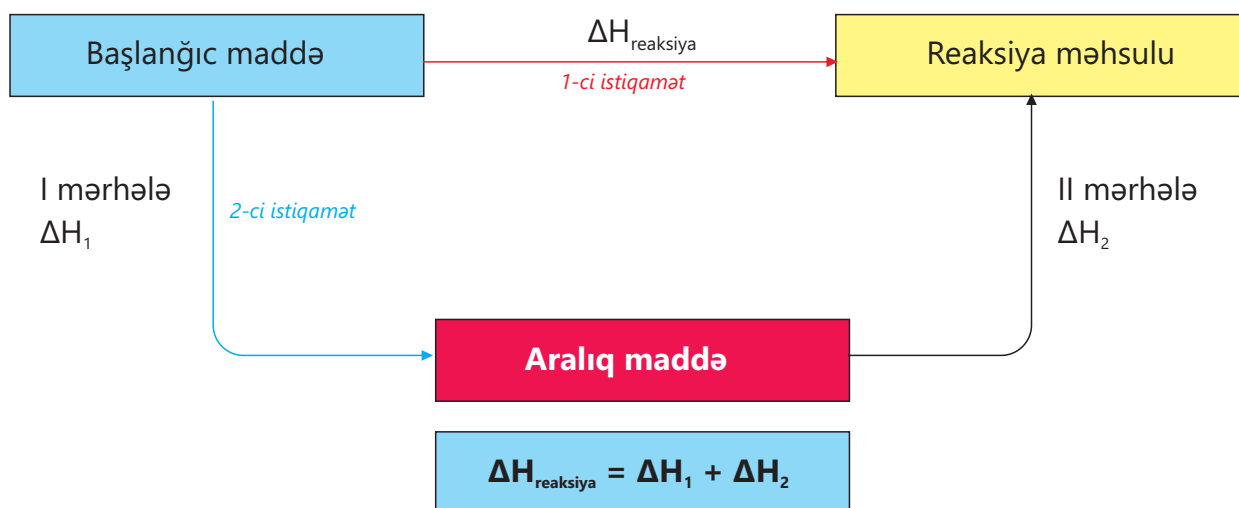
- 1 mol benzin yandıqda nə qədər istilik ayrılır?
- 1 mol bioetanol yandıqda nə qədər istilik ayrılır?
- Hansı yanacaq daha çox enerji verir?
- Bioetanolün hansı üstünlükləri var?



## Hess qanunu

Kimyəvi reaksiyalar zamanı müşahidə olunan istilik effektləri maddələrin daxili enerjisi ilə bağlıdır. Reaksiya entalpiyasının qiyməti reaksiya sisteminin başlanğıc və son vəziyyətindən asılıdır. Reaksiyanın hansı mərhələlərlə getməsi isə entalpiya dəyişməsinə təsir etmir. Əgər eyni reaksiyanı birbaşa və ya bir neçə mərhələ ilə aparmaq mümkün olarsa, hər iki halda reaksiyanın ümumi entalpiya dəyişməsi eyni olar.

**Hess qanunu:** kimyəvi reaksiya zamanı entalpiyanın ümumi dəyişməsi sabit olub başlanğıc maddələrdən reaksiya məhsullarına qədər gedilən yoldan asılı deyil.



Sxemdən də göründüyü kimi, reaksiyanın entalpiya dəyişməsi ( $\Delta H$ ) I mərhələ ilə ( $\Delta H_1$ ) II mərhələnin ( $\Delta H_2$ ) entalpiya dəyişmələrinin cəminə bərabərdir.

Hess qanununa əsasən mərhələli baş verən reaksiyalar üçün müxtəlif hesablamalar aparmaq olar. Bu zaman reaksiya tənliklərini elə toplamaq lazımdır ki, onların cəmi yekun reaksiyanın tənliyini versin.

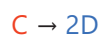
## NÜMUNƏ 1



$2A + B \rightarrow 2D$  reaksiyasının entalpiya dəyişməsini (kC ilə) hesablayın.

**Həlli:**

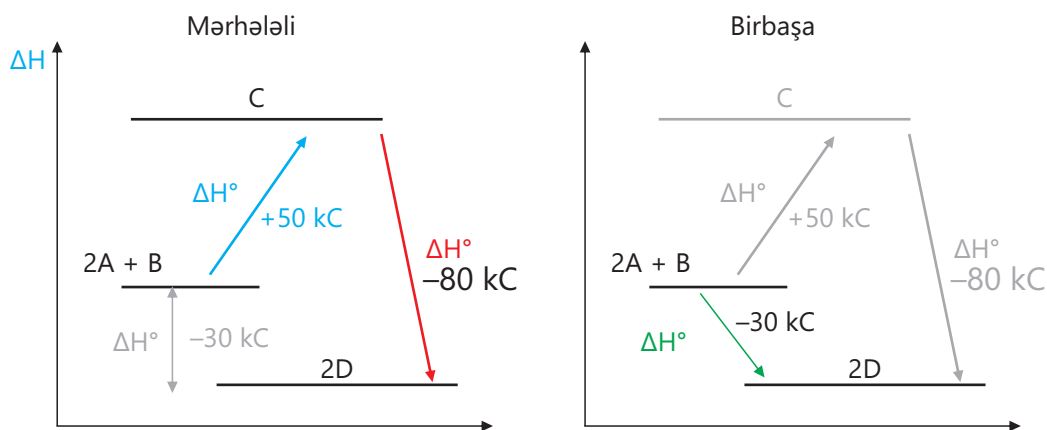
İki reaksiyanın tənliyini cəmlədikdə  $2A + B \rightarrow 2D$  reaksiyasının tənliyi alınır.



Hess qanununa görə, mərhələlərin istilik effektlərini topladıqda reaksiyanın ümumi entalpiya dəyişməsi alınır.



Bu izahı sxematik şəkildə də təsvir etmək olar:

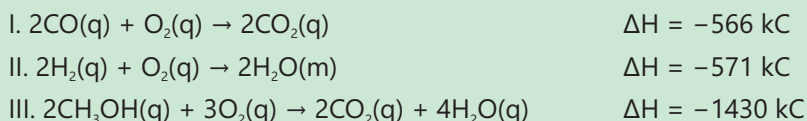


Hess qanununa əsasən mərhələli baş verən reaksiyalar üçün müxtəlif hesablamalar apardıqda bəzən reaksiyaların tənliklərini dəyişdirmək lazım gəlir. Tənlikləri dəyişdirərkən aşağıdakı qaydalar nəzərə alınmalıdır:

1. Əgər reaksiyanın tənliyi hər hansı əmsala vurularsa, bu zaman reaksiyanın entalpiya dəyişməsi də eyni əmsala vurulmalıdır. Məsələn, 1 mol maddənin yanması üçün  $\Delta H = -300 \text{ kC}$ -dursa, 2 mol üçün  $\Delta H = -600 \text{ kC}$  olacaq.

2. Əgər reaksiya tənliyini əks istiqamətdə yazmaq ehtiyacı yaranırsa, bu halda entalpiya dəyişməsi əks işarə ilə yazılır. Məsələn,  $A \rightarrow B$  reaksiyası üçün  $\Delta H = -100 \text{ kC}$ -dursa,  $B \rightarrow A$  reaksiyası üçün  $\Delta H = +100 \text{ kC}$  olur.

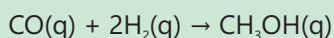
## NÜMUNƏ 2



Yuxarıda verilmiş mərhələli reaksiyaların entalpiya dəyişmələrindən istifadə edərək karbon monooksid (CO) ilə hidrogen qazından ( $\text{H}_2$ ) metanolun ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) alınması reaksiyasının entalpiya dəyişməsini hesablayın.

**Həlli:**

Entalpiya dəyişməsi hesablanan reaksiyanın tənliyi yazılır:



Göründüyü kimi, bu tənlikdə CO və  $\text{H}_2$  sol tərəfdə,  $\text{CH}_3\text{OH}$  isə sağ tərəfdə olmalıdır. Buna görə də məsələnin şərtində olan reaksiyaların tənlikləri elə formada verilməlidir ki, onları topladıqda yekun reaksiyanın tənliyində olmayan maddələr ( $\text{O}_2$  və  $\text{H}_2\text{O}$ ) bir-biri ilə ixtisar olunsun və  $\text{CO}(\text{q}) + 2\text{H}_2(\text{q}) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}(\text{q})$  reaksiya tənliyi alınsın.

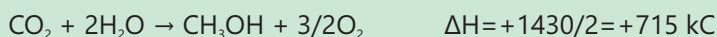
Yekun tənlikdə 1 mol CO olduğu üçün I tənliyin əmsalları 2-yə bölünür:



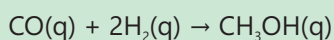
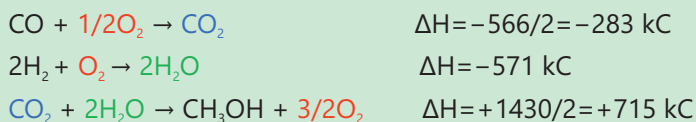
II tənlik olduğu kimi saxlanılır, çünki yekun tənlikdə hidrogen  $2\text{H}_2$  kimi iştirak edir:



Yekun tənlikdə  $\text{CH}_3\text{OH}$  sağ tərəfdə və 1 mol olduğu üçün III tənliyin istiqaməti dəyişdirilərək 2-yə bölünür. Bu zaman  $\Delta H$ -in işarəsi əks işarə ilə dəyişir:



Yekun tənliyi almaq üçün mərhələlərin tənlikləri tərəf-tərəfə toplanılır:



$$\Delta H_{\text{yekun}} = (-283) + (-571) + (+715) = -139 \text{ kC}$$

Kimyəvi reaksiyaların istilik effekti Hess qanununa əsasən başlanğıc maddələrin və məhsulların standart əmələgəlmə entalpiyalarına görə də hesablanı bilər. Reaksiyanın standart entalpiya dəyişməsi başlanğıc və son maddələrin energetik halları arasındakı fərqə uyğun gəldiyindən o, məhsulların standart əmələgəlmə entalpiyalarının cəmindən başlanğıc maddələrin standart əmələgəlmə entalpiyalarının cəmini çıxmaqla hesablanır:

$$\Delta H^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(\text{məhsullar}) - \sum n\Delta H_f^\circ(\text{başlanğıc maddələr})$$

Burada  $n$  – maddələrin stexiometrik əmsalları,  $\Delta H_f^\circ$  – standart əmələgəlmə entalpiyalarıdır.

## NÜMUNƏ

3

Maddə	Standart əmələgəlmə entalpiyası, kC/mol
CH <sub>4</sub>	-74,8
O <sub>2</sub>	0
CO <sub>2</sub>	-393,5
H <sub>2</sub> O(m)	-285,5

CH<sub>4</sub>(q) + 2O<sub>2</sub>(q) → CO<sub>2</sub>(q) + 2H<sub>2</sub>O(m) reaksiyasının standart entalpiya dəyişməsini (kC) hesablayın.

**Həlli:**

Reaksiyanın standart entalpiya dəyişməsini aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

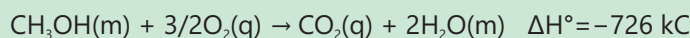
$$\Delta H^\circ = [\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) + 2\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4)] = [(-393,5) + 2 \cdot (-285,5)] - [-74,8] = -889,7 \text{ kC}$$

Bəzən maddənin standart əmələgəlmə entalpiyasını onun standart yanma entalpiyasına əsasən də hesablamaq mümkündür. Bu zaman maddənin standart əmələgəlmə istiliyi məhsulların standart əmələgəlmə entalpiyalarının cəmindən bu maddənin standart yanma entalpiyasını çıxmaqla hesablanır:

$$\Delta H_f^\circ(\text{maddə}) = [\sum \Delta H_f^\circ(\text{məhsullar})] - \Delta H_c^\circ(\text{maddə})$$

Burada  $\Delta H_f^\circ$  – maddənin standart əmələgəlmə entalpiyası,  $\sum \Delta H_f^\circ$  – reaksiya məhsullarının standart əmələgəlmə entalpiyalarının cəmi,  $\Delta H_c^\circ$  – maddənin standart yanma entalpiyasıdır.

## NÜMUNƏ 4



$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kC/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -285,8 \text{ kC/mol}$$

Metanolun standart əmələgəlmə entalpiyasını hesablayın.

Metanolun yanma reaksiyasının tənliyindən göründüyü kimi:  $\Delta H_c^\circ (\text{CH}_3\text{OH}) = -726 \text{ kC/mol}$ . Verilənləri nəzərə alaraq metanolun standart əmələgəlmə entalpiyası aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\Delta H_f^\circ (\text{CH}_3\text{OH}) = [\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) + 2\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O})] - \Delta H_c^\circ (\text{CH}_3\text{OH})$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{CH}_3\text{OH}) = [(-393,5) + 2(-285,8)] - (-726) = -238,7 \text{ kC/mol}$$

## DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ

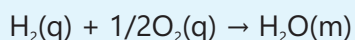
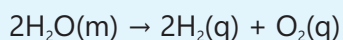
Hess qanununa əsasən birbaşa ölçülməsi çətin və ya mümkün olmayan reaksiyaların istilik effektləri hesablanı bilər. Məsələn, almazın qrafitə çevrilmə reaksiyası çox yavaş gedir. Bu səbəbdən istilik effektini birbaşa ölçmək çətinidir.

**$\Delta H_c^\circ (\text{almaz}) = -393,5 \text{ kC/mol}$  və  $\Delta H_c^\circ (\text{qrafit}) = -395,4 \text{ kC/mol}$  olduğunu nəzərə alaraq  $\text{C}_{(\text{almaz})} \rightarrow \text{C}_{(\text{qrafit})}$  çevrilməsinin standart entalpiya dəyişməsinə necə hesablamaq olar?**

## Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1.  $2\text{H}_2(\text{q}) + \text{O}_2(\text{q}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{m}) \quad \Delta H = -571 \text{ kC}$  olduğunu nəzərə alaraq aşağıdakı sualları cavablandırın.

- Bu reaksiya endotermikdir, yoxsa ekzotermik?
- Məhsulların, yoxsa reaksiyaya daxil olan maddələrin entalpiyası daha böyükdür?
- Aşağıdakı reaksiyalar üçün  $\Delta H$ -in qiyməti neçə olar?



d.  $\text{H}_2\text{O}(\text{m}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{q}) \quad \Delta H = +44 \text{ kC}$  reaksiyasına əsasən  $2\text{H}_2(\text{q}) + \text{O}_2(\text{q}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{q})$  reaksiyasında  $\Delta H$ -in qiymətini necə hesablamaq olar?

2. 21 iyul 1969-cu ildə "Apollon-11" layihəsi çərçivəsində ilk insan – Nil Armstronq Aya eniş etdi. Bu layihə zamanı Ay modulunun mühərriklərində yanacaq kimi metilhidrazin ( $\text{CH}_3\text{NHNH}_2$ ) və diazot tetraoksit ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) istifadə olunurdu. Bu mayelər diqqətlə seçilmişdi, çünki təmasda olduqda öz-özünə alışıq və bu zaman çoxlu miqdarda istilik ayrılırdı. İnternet resurslarından istifadə etməklə bu reaksiyanın entalpiya dəyişməsinə hesablayın.

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

1. Standart hal hansı temperatur və təzyiqa uyğundur? Bu hansı zərurətdən irəli gəlir?
2. Standart əmələgəlmə entalpiyası və standart yanma entalpiyası nədir? Hər birinə aid bir misal göstərin.
3.  $\text{CH}_4(\text{q}) + 2\text{O}_2(\text{q}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{q}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{m})$   $\Delta H^\circ = -889,7 \text{ kC}$  tənliyinə görə reaksiyada iştirak edən hər hansı bir maddənin standart yanma və standart əmələgəlmə entalpiyasından danışmaq olarmı? Cavabınızı əsaslandırın.
4. Məlumatdan istifadə edərək 1 mol kerosinin oksigendə tam yanması zamanı standart entalpiya dəyişməsinə hesablayın. Kerosinin formulunu  $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$  qəbul edin.

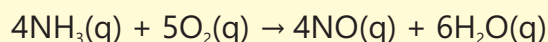
$$\Delta H_f^\circ[\text{C}_{11}\text{H}_{24}(\text{m})] = -327 \text{ kC/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ[\text{CO}_2(\text{q})] = -394 \text{ kC/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ[\text{H}_2\text{O}(\text{m})] = -286 \text{ kC/mol}$$

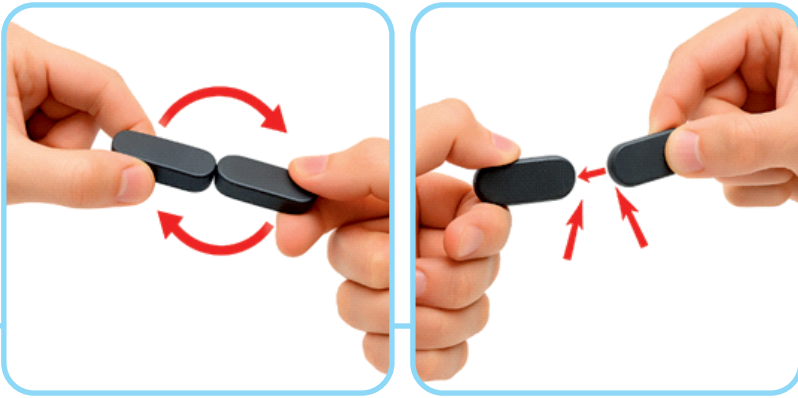
5.  $\text{N}_2(\text{q}) + 3\text{H}_2(\text{q}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{q})$   $\Delta H = -92 \text{ kC}$   
 $2\text{H}_2(\text{q}) + \text{O}_2(\text{q}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{q})$   $\Delta H = -484 \text{ kC}$   
 $\text{N}_2(\text{q}) + \text{O}_2(\text{q}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{q})$   $\Delta H = +181 \text{ kC}$

Ammonyakın oksidləşməsi reaksiyasının entalpiya dəyişməsinə hesablayın:



## 3.4 Rabitə enerjisi

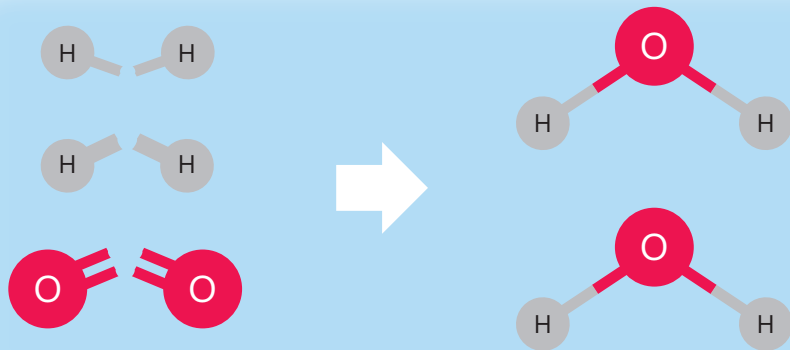
İki güclü maqnitin əks qütblərini bir-birinə yaxınlaşdırdıqda onlar bir anda güclü cazibə ilə birləşir, sanki görünməz bir qüvvə onları yaxınlaşdırır. Ancaq həmin maqnitləri bir-birindən ayırmaq istədikdə bu dəfə tam əksinə, xeyli güc (enerji) sərf olunur. Deməli, maqnitlərin həm birləşməsi, həm də ayrılması prosesində enerji dəyişməsi baş verir.



- Maqnitləri bir-birinə yaxınlaşdırdıqda onlar niyə güclü cazibə ilə birləşir?
- Onları ayırmaq üçün niyə əlavə güc tətbiq etmək lazımdır?
- Bu təcrübələrdə enerji nə zaman udulur, nə zaman ayrılır?
- Gündəlik həyatda və kimyəvi reaksiyalarda buna bənzəyən daha hansı nümunələri göstərə bilərsiniz?

**Açar sözlər** rabitə enerjisi, kC/mol, rabitənin qırılması, rabitənin əmələ gəlməsi

Kimyəvi reaksiyalar zamanı maddələrin xarici görünüşündə dəyişikliklər müşahidə olunsa da, bu reaksiyaların əsasında atomların birləşməsi və ayrılması prosesi dayanır. Təsəvvür edin ki, köhnə bir bina sökülür. Əvvəlcə daşlar və kərpiclər bir-birindən ayrılır. Daha sonra həmin materiallardan, yaxud da yenilərindən istifadə edilərək başqa bir bina inşa olunur. Kimyəvi reaksiyalarda da oxşar hal baş verir: əvvəlcə mövcud rabitələr qırılır, sonra isə yeni rabitələr yaranır və nəticədə tamamilə başqa bir maddə əmələ gəlir.

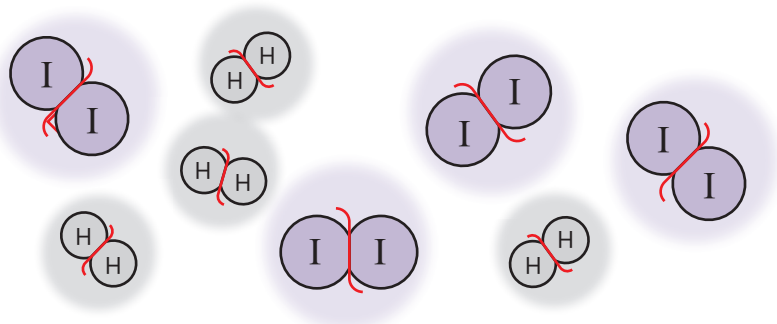


Rabitələr qırılmadan və yeniləri yaranmadan heç bir kimyəvi dəyişmə baş vermir. Deməli, reaksiyaların mahiyyətini anlamaq üçün, ilk növbədə, rabitələrin necə qırıldığını və necə əmələ gəldiyini başa düşmək vacibdir.

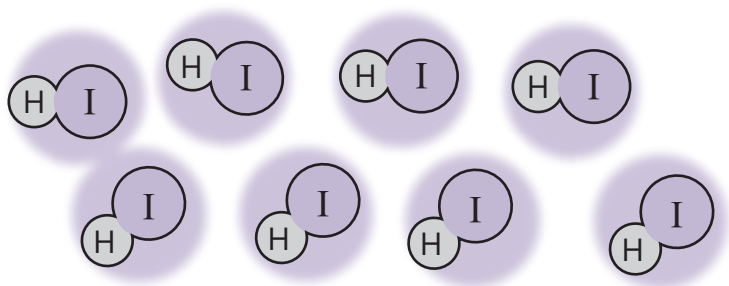
Kimyəvi rabitələrin qırılması zamanı istilik udulur, bu rabitənin əmələgəlməsi zamanı isə ayrılır. Məsələn, 1 mol xlor molekullarındakı Cl — Cl rabitəsini qırmaq üçün 242 kC enerji sərf olunur. Əgər həmin xlor atomları yenidən Cl — Cl rabitəsi əmələ gətirsə, eyni miqdarda enerji (242 kC) ayrılır. Göründüyü kimi, bu enerji həm rabitəni qırmaq üçün tələb olunan, həm də rabitə əmələ gələndə ayrılan enerjini ifadə edir. Bu enerji **rabitə enerjisi** adlanır.

1 mol rabitəni qırmaq üçün lazım olan və ya 1 mol yeni rabitə əmələ gəldikdə ayrılan enerji **rabitə enerjisi** adlanır. Rabitə enerjisi E ilə işarə olunur və vahidi kC/mol-dur.

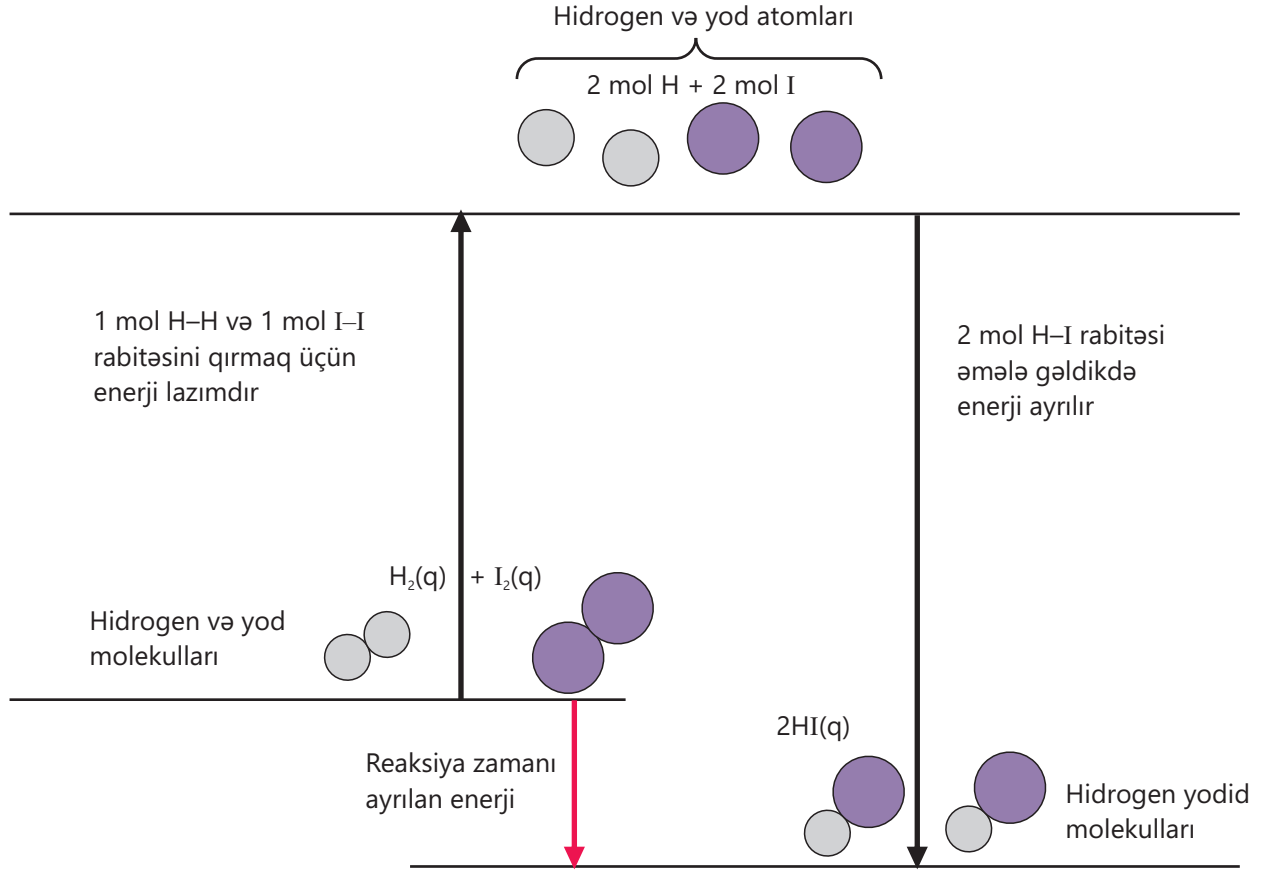
Məsələn, hidrogen yodla reaksiyaya daxil olaraq hidrogen yodid əmələ gətirir. Bu zaman əvvəlcə hidrogen və yod molekullarındakı rabitələr qırılır. Bunun üçün enerji tələb olunur.



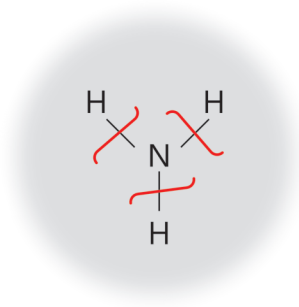
Sonra hidrogen və yod atomları arasında əmələ gələn yeni rabitələr hidrogen yodid molekullarını yaradır. Bu zaman enerji ayrılır.



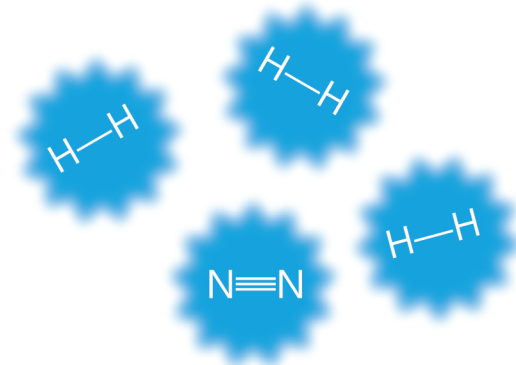
Bu reaksiyada H–H və I–I rabitələrinin qırılmasına sərf olunan enerji H–I rabitəsinin əmələ gəlməsi zamanı ayrılan enerjiden azdır. Buna görə də reaksiya nəticəsində istilik ayrılır və reaksiya ekzotermik olur.



Ammonyak qazı güclü qızdırıldıqda parçalanaraq azot və hidrogen qazlarını əmələ gətirir.



Ammonyak molekulundakı rabitələr qırılan zaman enerji sərf olunur.



Hidrogen atomları və azot atomları arasında rabitə əmələ gəlir. Bu zaman enerji ayrılır.

Bu reaksiya zamanı rabitənin qırılmasına sərf olunan enerji rabitələrin əmələ gəlməsi zamanı ayrılan enerjiden çoxdur. Buna görə də reaksiya istiliyin udulması ilə baş verir və endotermik reaksiya olur.

Rabitələrin qırılmasına sərf edilən enerji yeni rabitələrin əmələ gəlməsində ayrılan enerjiden az olduqda reaksiya **ekzotermik**, əks halda **endotermik** olur.

Müxtəlif kimyəvi rabitələr enerjisinə görə bir-birindən fərqlənir.

Məsələn:

Rabitə	Rabitə enerjisi, kC/mol	Rabitə	Rabitə enerjisi, kC/mol
H–H	436	N–H	391
Cl–Cl	242	C–H	412
O=O	496	C–C	346
N≡N	946	C=C	612
O–H	463	C≡C	835
H–Cl	431	C=O	358

### Fəaliyyət

**Rabitə enerjisinə görə reaksiyaların ekzotermik və ya endotermik olduğunu necə müəyyən etmək olar?**

- $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

### Təlimat:

**Addım 1.** Reaksiyalarda verilmiş maddələrin molekul quruluşlarını çəkin və hər bir molekulda olan rabitələrin enerjilərini müəyyən edin. Bunun üçün mövzuda olan cədvəldən və internet resurslarından istifadə edə bilərsiniz.

**Addım 2.** Hər bir reaksiya üçün reaksiyaya daxil olan maddələrin və reaksiya məhsullarının molekullarında olan rabitələrin rabitə enerjilərinin cəmini hesablayın. Bu zaman reaksiya tənliyindəki əmsalları nəzərə alın.

**Addım 3.** Reaksiyaya daxil olan maddələrin və reaksiya məhsullarının molekullarında olan rabitələrin rabitə enerjilərinin cəminin fərqinə əsasən hər bir reaksiyanın entalpiya dəyişməsinə hesablayın.

**Addım 4.** Hər bir reaksiyanın enerji diaqramını qurun.

### Müzakirə edin:

- Hansı reaksiyada rabitələrin qırılmasına daha çox enerji sərf olunur?
- Hansı reaksiyada rabitələrin əmələ gəlməsi nəticəsində daha çox enerji ayrılır?
- Hansı reaksiyalar ekzotermik, hansılar endotermikdir?
- Reaksiyanın istilik effektinə əsasən reaksiyaya daxil olan maddələrin və reaksiya məhsullarının molekullarında olan rabitələrdən birinin rabitə enerjisi məlum olmadıqda onu hesablamaq olarmı? Buna aid bir məsələ tərtib edin.

Maddələrin rabitə enerjilərindən istifadə etməklə reaksiyaların entalpiya dəyişməsinə aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

## NÜMUNƏ

1.

$E(\text{H-H}) = 436 \text{ kC/mol}$ ,  $E(\text{Cl-Cl}) = 242 \text{ kC/mol}$   
və  $E(\text{H-Cl}) = 431 \text{ kC/mol}$  olduğunu nəzərə alaraq

$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$  reaksiyasının

- entalpiya dəyişməsinə (kC ilə) hesablayın;
- ekzotermik və ya endotermik olduğunu müəyyən edin;
- enerji diaqramını qurun.

**Həlli:**

a. Rabitələrin qırılması üçün sərf olunan enerji:

$$E(\text{H-H}) = 436 \text{ kC/mol}$$

$$E(\text{Cl-Cl}) = 242 \text{ kC/mol}$$

$$\text{Cəmi} = 678 \text{ kC}$$

Rabitələrin əmələ gəlməsi zamanı ayrılan enerji:

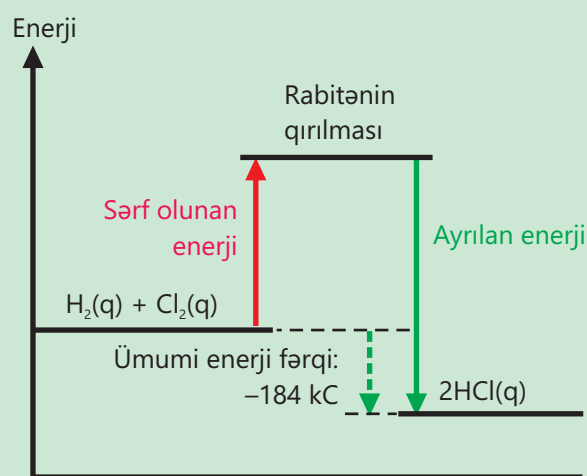
$$2 \times E(\text{H-Cl}) = 2 \cdot 431 = 862 \text{ kC}$$

Entalpiya dəyişməsi:

$$\Delta H = 678 - 862 = -184 \text{ kC}$$

b. Ayrılan enerji udulan enerjiden çox (entalpiya dəyişməsi mənfi olduğu üçün reaksiya ekzotermikdir.

c. Enerji diaqramı aşağıdakı kimi olur:



2.

$E(\text{N-H}) = 391 \text{ kC/mol}$ ,  $E(\text{N}\equiv\text{N}) = 946 \text{ kC/mol}$ ,  
 $2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$   $\Delta H = +92 \text{ kC}$  olduğunu nəzərə  
alaraq

- H-H rabitəsinin enerjisini (kC/mol ilə) hesablayın;
- enerji diaqramını qurun.

**Həlli:**

a. Rabitələrin qırılması üçün sərf olunan enerji:

$$6 \cdot E(\text{N-H}) = 6 \cdot 391 = 2346 \text{ kC}$$

Rabitələrin əmələ gəlməsi zamanı ayrılan enerji:

$$E(\text{N}\equiv\text{N}) = 946 \text{ kC}$$

$$3 \cdot E(\text{H-H}) = 3x \text{ kC}$$

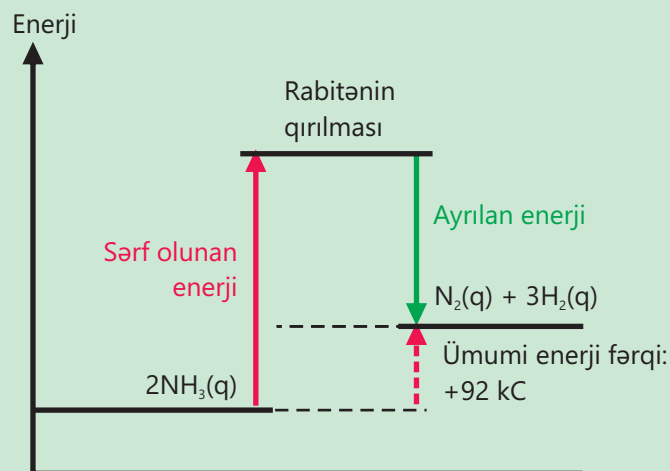
$$\text{Cəmi} = (946 + 3x) \text{ kC}$$

Entalpiya dəyişməsi:

$$2346 - (946 + 3x) = +92 \text{ kC}$$

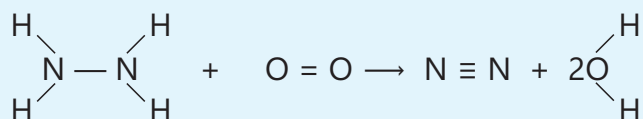
$$x = 436 \text{ kC}$$

b. Enerji diaqramı aşağıdakı kimi olur:

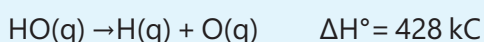
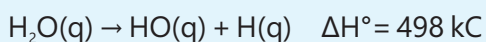


**Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**

1. Qaz halında olan hidrazinin ( $N_2H_4$ ) yanma reaksiyası verilmişdir.



- Qırılan rabitələri müəyyən edin.
  - Yeni əmələ gələn rabitələri müəyyən edin.
  - Rabitələrin qırılması üçün lazım olan enerjinin cəmini hesablayın.
  - Yeni rabitələrin əmələ gəlməsi nəticəsində ayrılan enerjinin cəmini hesablayın.
  - Reaksiyanın entalpiya dəyişməsini hesablayın.
  - Reaksiyanın ekzotermik, yoxsa endotermik olduğunu müəyyən edin.
  - Hidrazinin yanacaq kimi istifadəsi barədə fikir bildirin.
2. Aşağıdakı verilənlərdən istifadə edərək su molekulunda O–H rabitəsinin enerjisini hesablayın.

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

- Rabitə enerjisi nədir və hansı vahidlə ölçülür?
- Bəzi reaksiyalar endotermikdir. Bunun səbəbini rabitələrin qırılması və əmələ gəlməsi ilə izah edin.
- Maddələrin rabitə enerjilərindən istifadə edərək reaksiyaların entalpiya dəyişməsini (kC ilə) hesablayın və enerji diaqramlarını qurun.
  - $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$
  - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
- $$E(\text{H}-\text{H}) = 436 \text{ kC/mol},$$

$$E(\text{H}-\text{Cl}) = 431 \text{ kC/mol},$$

$$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl} \quad \Delta H = -184 \text{ kC}$$
 olduğunu nəzərə alaraq Cl–Cl rabitəsinin enerjisini (kC/mol ilə) hesablayın.

## 3.5 Qidanın enerji dəyərinin hesablanması

İki idmançıdan biri məşqdən əvvəl 200 q quru ləpə, digəri isə eyni kütlədə meyvə-tərəvəz yeyir. Eyni idman hərəkətləri etdikdən sonra onlardan biri digərinə nisbətən daha tez acır. Qidaların kütləsinin eyni olmasına baxmayaraq, orqanizmə ötürülən enerji fərqli olur.



- Sizcə, hansı idmançı daha tez acar?
- Qidanın enerjisi nə ilə müəyyən edilir?
- Sizcə, hansı qidalar insanda daha çox piylənməyə səbəb olur?
- Hər hansı bir qidanın enerji dəyərini təcrübi yolla müəyyən etmək mümkündürmü?

**Açar sözlər** qida enerjisi, qidanın enerji dəyəri

Qidalar canlı orqanizmlər üçün enerji mənbəyidir. Qidanın tərkibindəki maddələrin (xüsusən yağ, karbohidrat və zülal) oksigenlə reaksiyası zamanı bu enerji istilik şəklində ayrılır. Bu enerji **qida enerjisi** adlanır.

**Qida enerjisi** insan və heyvanların fəaliyyətinin təminatı üçün qidadan əldə etdikləri kimyəvi enerjidir.



Eyni kütlədə olan qidaların tərkibi fərqli olduğu üçün qida enerjisi də fərqli olur. Bunun əsas səbəbi yağ, karbohidrat və zülalın enerjivermə qabiliyyətinin müxtəlif olmasıdır. Qida enerjisi kilocalori (kC) və ya kilokalori (kcal) ilə göstərilir.

Ümumi olaraq yağın hər qramı təxminən 37 kC, karbohidratın və zülalın hər qramı isə təxminən 17 kC enerji verir. Qidanın tərkibində su və lifin miqdarı artdıqca enerjisi azalır, buna görə də suyu çox olan tərəvəz və meyvələr az enerji saxlayır. Qurudulmuş, qovrulmuş və ya yağlı məhsullarda suyun miqdarı az, yağ və quru maddələrin kütlə payı çox olduğu üçün onların verdiyi enerji də çox olur.

Bəzi qidaların enerji dəyəri:

Qida	Ölçüsü	Enerjisi (kkal)	Qida	Ölçüsü	Enerjisi (kkal)
Süd (orta yağlı)	1 stəkan (250 ml)	160	Günəbaxan yağı	1 xörək qaşığı (15 ml)	120
Qatıq (orta yağlı)	1 kasa (200 q)	120	Zeytun yağı	1 xörək qaşığı (15 ml)	120
Ağ buğda çörəyi	1 dilim (30 q)	80	Kərə yağı	1 xörək qaşığı (14 q)	100
Lavaş	1 ədəd (50 q)	135	Şəkər (ağ)	1 çay qaşığı (4 q)	16
Təndir çörəyi	1 dilim (50 q)	130	Bal	1 xörək qaşığı (21 q)	64
Ağ düyü (bişmiş)	100 q	130	Banan	1 orta ölçülü (120 q)	105
Qəhvəyi düyü (bişmiş)	100 q	111	Alma	1 orta ölçülü (150 q)	78
Bulğur (bişmiş)	100 q	83	Üzüm	1 kasa (100 q)	69
Qarabaşaq (bişmiş)	100 q	92	Nar dənələri	1 kasa (150 q)	125
Makaron (bişmiş)	100 q	155	Xiyar	1 orta ölçülü (150 q)	24
Kartof (bişmiş)	1 orta (150 q)	120	Pomidor	1 orta ölçülü (120 q)	22
Yumurta	1 ədəd (50 q)	70	Yaşıl soğan	1 dəstə (50 q)	16
Toyuq filesi (bişmiş)	100 q	165	Cəfəri	1 dəstə (50 q)	18
Yağsız mal əti (bişmiş)	100 q	240	Şüyüd	1 dəstə (50 q)	22
Balıq (bişmiş)	100 q	190	Keşniş	1 dəstə (50 q)	12
Ağ pendir	1 tikə (30 q)	80	Reyhan	1 dəstə (50 q)	12
Kəsmik	100 q	98	Kahı	5 yarpaq (50 q)	8

### Fəaliyyət

**Qoz (və ya fındıq) ilə çörəyin enerji dəyərini necə müqayisə etmək olar?**

**Ləvazimat:** spirt lampası, metal qab (yaxud kiçik konserv bankası), ştativ, sıxac, termometr, iynə/tel (nümunəni bərkitmək üçün), 100 ml su, elektron tərəzi, qoz (və ya fındıq), çörək.

**Təlimat:**

**Addım 1.** Şəkildə göstərilən qurğunu qurun.

**Addım 2.** Qabın içinə 100 ml su tökün və başlanğıc temperaturu ( $t_1$ ) ölçün.

**Addım 3.** Qoz nümunəsini iynəyə bərkidib tərəzidə çəkin ( $m_1$ ).

**Addım 4.** Nümunəni alovlandırın və suyu qızdırın. Temperatur sabitləşəndə son temperaturu ( $t_2$ ) qeyd edin və temperatur fərqi ( $t_2 - t_1$ ) hesablayın.

**Addım 5.** İynə soyuduqdan sonra yenidən çəkin ( $m_2$ ) və yanan kütləni ( $m_1 - m_2$ ) hesablayın.

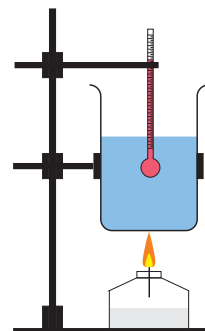
**Addım 6.** Eyni təcrübəni çörək ilə təkrarlayın.

**Addım 7.** Həm qoz (yaxud fındıq), həm də çörək ilə aparılan təcrübəni iki dəfə təkrar edin və orta temperaturu hesablayın.

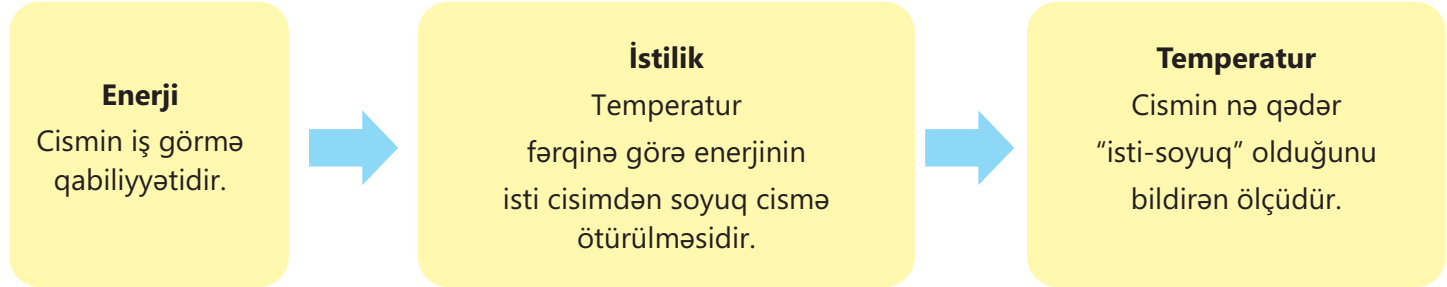
**Addım 8.** Təcrübənin nəticələrinə əsasən reaksiyanın istilik effektini hesablayın.

**Müzakirə edin:**

1. Hansı qidanın enerji dəyəri daha yüksək oldu?
2. Hər bir qidanın 100 qramı üçün onun enerji dəyəri nə qədər (kC ilə) oldu?
3. Təcrübədə aldığınız qiymətləri real qiymətlərlə müqayisə edin. Ciddi fərq oldumu? Fərq oldusa, səbəbi nə ola bilər?



Qidanın enerji dəyərini ölçmək üçün onu istiliyə çevirib bu istiliyin təsiri ilə istilikdaşıyıcının temperatur dəyişməsinə müəyyən etmək olar.

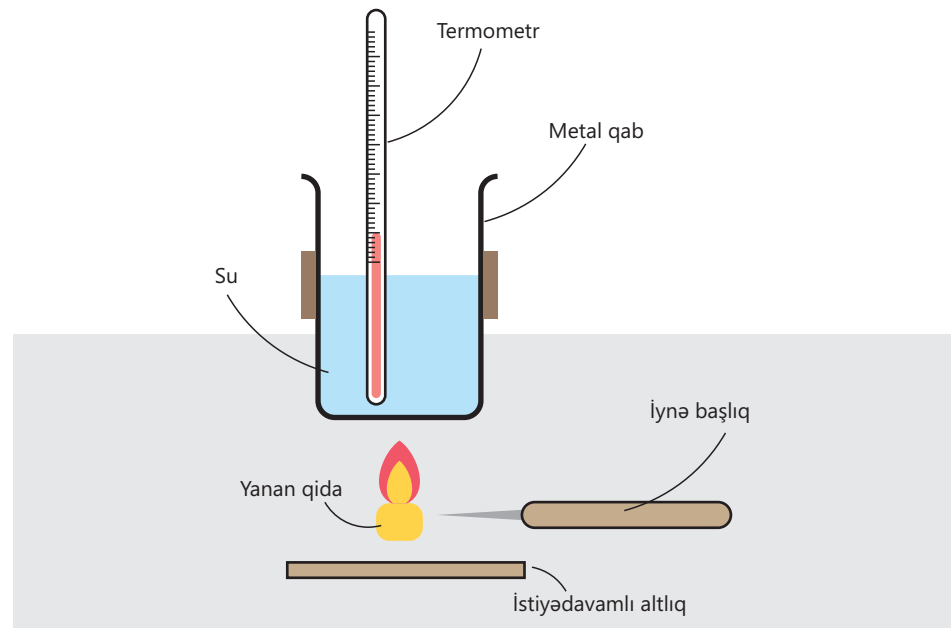


### Bilir-siniz-mi?

Taxıl və paxlalı qidalar, adətən, orta səviyyəli, ləpəli və yağlı qidalar isə ən yüksək enerji daşıyan qidalardır. Qidaların bişirilmə forması da onların enerji dəyərində ciddi təsir edir. Adətən, suda və buxarda bişirilən qidaların enerji dəyəri az, qızardılmış və yağda hazırlanan yeməklərin enerji dəyəri isə çox olur.

Bu məqsədlə qida parçası yandırılır, ayrılan istiliklə maye (istilikdaşıyıcı) qızdırılır və mayenin temperatur dəyişməsi müəyyən edilir. Temperatur fərqinə əsasən  $\Delta H = m \cdot c \cdot \Delta T$  düsturundan istifadə edilərək yanma reaksiyasının istilik effekti hesablanır.

Bu əməliyyatların ardıcılığı sadə kalorimetrin iş prinsipinin əsasını təşkil edir. Məktəb şəraitində bu işi yerinə yetirmək üçün metal qab, yaxud kiçik konserv bankası, su və termometr kifayət edir. İstilikdaşıyıcı kimi sudan istifadə edilməsi onunla əlaqədardır ki, su asan tapılır, təhlükəsizdir, otaq temperaturunda maye halda olur, temperaturu termometrlə asan ölçülür və yüksək xüsusi istilik tutumuna malikdir.



Bu zaman ətraf mühitə yayılan istilik itkisi nəzərə alınmır və suyun əldə etdiyi istiliyin miqdarı qidanın ayırdığı istiliyin miqdarına yaxın qəbul edilir. Bu istiliyin miqdarı qida nümunəsinin kütləsinə bölünərək qidanın enerji dəyəri, adətən, kC/q, yaxud qidanın 100 qramı üçün hesablanaraq kC/100 q şəklində göstərilir.

Alınan nəticələr qida etiketlərindəki məlumatlarla müqayisə edildikdə fərqlər müşahidə olunur. Bunun səbəbi istiliyin bir hissəsinin havaya ötürülməsidir. Qidanın tam yanmaması, suyun bir hissəsinin buxarlanması və ölçmədə dəqiqliyin az olması da nəticəyə təsir göstərir. Nəticələri yaxşılaşdırmaq üçün qurğunu qismən izolyasiya etmək, alovu mərkəzləndirmək, suyu yüngülcə qarışdırmaq və ölçmələri bir neçə dəfə təkrarlayaraq orta nəticə almaq məqsədəuyğundur. Daha yüksək dəqiqlik üçün qapalı və sabit həcmdə işləyən bomba kalorimetrindən istifadə olunur.

### Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

1. 5 q qida yandıqda 100 q suyun temperaturu 20°C-dən 80°C-yə qədər dəyişir. Qidanın enerji dəyərini (kkal ilə) hesablayın.
2. "Trek qarışığı" 60% ləpə (2600 kC/100 q) və 40% kışmısdən (1200 kC/100 q) ibarətdir. Qarışığın enerji dəyərini kC/100 q ilə və 30 q porsiyasının enerji dəyərini (kkal ilə) hesablayın.
3. Bir fındıq orta hesabla 25 kC enerji verir. 200 q suyun temperaturunu 5°C qaldırmaq üçün təxminən neçə fındıq lazımdır?

### Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. "Enerji", "istilik" və "temperatur" anlayışlarını bir-birindən necə fərqləndirərdiniz?
2. Kalorimetr hesablamalarında nə üçün sudan istifadə olunur?
3. Sadə kalorimetrdə nəticələrin dəqiqliyini necə artırmaq olar?
4. Eyni kütlədə olan "qızardılmış" və "suda bişmiş" kartofu enerji baxımından müqayisə edin. Hansı daha çox enerji verir? Səbəbini izah edin.

# Elm, texnologiya, həyat

Fosil yanacaqlar (neft, təbii qaz, daş kömür və s.) bərpa olunmayan enerji resurslarıdır. Bu yanacaqlara ona görə "bərpa olunmayan" deyilir ki, onlar tükəndikləri sürətlə yenidən əmələ gəlmir. Çıxarılma üsulları və istifadənin sürəti nəzərə alınaraq onların mövcud ehtiyatlarının təqribən daha neçə illər istifadə oluna biləcəyi hesablanmışdır.

Fosil yanacaqlar	Fosil yanacaqların nə vaxta qədər çatacağına dair təxmini qiymətləndirmələr
Təbii qaz	2110-cu il
Neft	2080-ci il
Daş kömür	2500-cü il

Ona görə də bərpa olunmayan yanacaqlardan ehtiyatla istifadə etmək və gələcək üçün bərpa olunan alternativ enerji mənbələrini nəzərdən keçirmək vacibdir.



## Atom enerjisi

1956-cı ildə Böyük Britaniyanın Kambriya bölgəsinin Sellafild ərazisində "Calder Hall" Atom-Elektrik Stansiyası (AES) istifadəyə verildi. Bu stansiya dünyada sənaye miqyasında elektrik istehsal edən ilk nüvə reaktoru idi. Nüvə reaktorları enerjini, əsasən, U-235 (uran) izotopunun nüvəsinin parçalanmasından alır. Parçalanma zamanı çox böyük miqdarda enerji ayrılır.

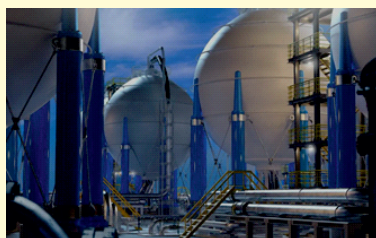


## Günəş enerjisi

Planetimiz üçün ən böyük enerji mənbələrindən biri Günəşdir. Müasir dövrdə Günəş enerjisinin ən mühüm tətbiqlərindən biri günəş panelləridir. Günəş panelləri xüsusi materiallardan hazırlanır və Günəş işığını birbaşa elektrik enerjisinə çevirir. Panelin üzərinə düşən işıq elektronların hərəkətini təmin edir və nəticədə elektrik axını yaranır. Günəş panellərinin üstün cəhəti odur ki, onlar havanı çirkləndirmir və təmiz enerji mənbəyidir. Həmçinin Günəş enerjisi tükənməzdir, yəni biz ondan daim istifadə edə bilərik.

### Biokütlə və bioqaz enerjisi

İnsanlar qədimdən odun, bitki qalıqları və heyvan tullantılarından yanacaq kimi istifadə ediblər. Bu mənbələrə biokütlə deyilir. Biokütlədən enerji almaq ən qədim üsullardan biridir və bu gün də dünyanın bir çox yerlərində geniş istifadə olunur. Müasir texnologiyalar biokütlədən daha səmərəli istifadə etməyə imkan verir. Bitki tullantıları, saman, yarpaqlar, hətta bəzi məişət tullantıları xüsusi qurğularda parçalanaraq bioqaz əmələ gətirir. Bu qazın əsas tərkibi metandır və o, adi təbii qaz kimi yandırılaraq enerji istehsal etmək üçün istifadə olunur.



### Hidrogen enerjisi

Hidrogen enerjisinin tətbiq sahələri sürətlə genişlənir. Hazırda bir sıra ölkələrdə hidrogenlə işləyən avtobuslar, avtomobillər və qatarlar var, hətta təyyarələrdə sınaqlar da aparılır. Bu nəqliyyat vasitələri havaya zərərli qaz buraxmır, əsasən, su buxarı ayrılır. Ona görə də hidrogen nəqliyyat sahəsində ekoloji alternativlərdən biri hesab olunur. Lakin hidrogenin istifadəsində müəyyən çətinliklər də yaranır. Hidrogenin istehsalı, daşınması və saxlanması bahalı prosesdir. Onu sıxılmış qaz və ya maye halında saxlamaq üçün xüsusi şərait tələb olunur. Həmçinin hidrogen partlayıcı xüsusiyyətə malik olduğundan təhlükəsizlik tədbirlərinə ciddi riayət edilməlidir. Buna görə də alimlər daha təhlükəsiz və ucuz texnologiyalar üzərində işləyirlər.



### Külək enerjisi

Müasir dövrdə külək enerjisi elektrik istehsalı üçün istifadə olunur. Külək turbinlərinin işləmə prinsipi çox sadədir. Güclü külək əsərkə böyük pərlər fırlanır. Bu hərəkət isə generatoru işə salır və nəticədə elektrik enerjisi yaranır. Belə turbinlər, adətən, küləkli sahil zonalarında, dağətəyi ərazilərdə və açıq düzənliklərdə qurulur. Külək enerjisinin bir çox üstünlükləri var. Əvvəla, bu enerji mənbəyi tükənməzdir və təbiətə zərər vermir. Külək turbinləri işləyərkən havaya zərərli qazlar buraxılmır. Buna görə də ətraf mühitin qorunmasına kömək edir.

## Hansı yanacaq daha sərfəlidir?

Müasir dünyada iqtisadiyyatın əsas sahələri sayılan sənaye istehsalı, nəqliyyat və məişət fəaliyyəti enerji resurslarından asılıdır. Son onilliklərdə əhali artımı, sürətli şəhərləşmə və rəqəmsallaşma nəticəsində enerji tələbi durmadan yüksəlmiş, xüsusilə elektrik enerjisinin payı əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Eyni zamanda iqlim dəyişikliyi riski ölkələri daha təmiz və ekoloji cəhətdən dayanıqlı mənbələrə keçməyə məcbur edir.

Buna görə də yanacaq seçimi üç əsas meyar əsasında qiymətləndirilir: **təhlükəsizlik, iqtisadi səmərəlilik və ekoloji təsir.**

Yanacağın praktik əhəmiyyəti onun enerji sıxlığı ilə ölçülür. Bu göstərici müəyyən kütlənin və ya həcmnin verdiyi enerji miqdarı ilə ifadə olunur. Bu baxımdan maye yanacaqlar xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Çünki maye yanacaqlar sabit alovla və hissiz yanır, kül əmələ gətirmir, daşınması və saxlanması isə rahatdır. Maye yanacaq kimi neft və ondan hazırlanmış digər maye məhsullardan, spirtlərdən və s.-dən geniş istifadə edilir.

Bu layihədə müxtəlif spirtlərin yanmasından alınan enerji araşdırılacaq. Çünki hər spirtin kimyəvi tərkibi müxtəlif olduğundan yanma zamanı ayrılan enerjinin miqdarı da fərqli olur. Layihə zamanı spirtlərin istilikvermə qabiliyyəti müəyyən edilərək onların effektivliyi müqayisə olunacaq. Nəticələr yanacağın praktik istifadəsi və enerji səmərəliliyi haqqında anlayış yaratmağa kömək edəcək.

**Ləvazimat:** spirt lampası, metanol, etanol, propanol-1, butanol-1, elektron tərəzi, metal qab, ştativ, tutqac, termometr, ölçü silindri, distillə suyu, istiyədavamlı altlıq.

### İşin gedişi:

#### 1. Sadə kalorimetr qurğusunu qurun.

Ştativ, tutqac, metal qab (yaxud kiçik konserv bankası), termometr və istiyədavamlı altlıqdan istifadə edərək qurğunu qurun. İtkini azaltmaq üçün qabın yanlarını folqa ilə örtün.

#### 2. Suyun kütləsini və temperaturunu ölçün.

Qabın içinə 100 q distillə suyu tökün və termometri suyun içərisinə salaraq başlanğıc temperaturu ( $t_1$ ) qeyd edin.

#### 3. Lampanı hazırlayın və kütləsini ölçün.

Spirt lampasına az miqdarda metanol doldurun və lampanı qapağı ilə birlikdə elektron tərəzidə çəkin ( $m_1$ ).

#### 4. Qızdırmağa başlayın.

Lampanı yandırın və qabı sabit məsafədə yerləşdirin. Termometrin göstəricisini izləyin, lazım olduqda suyu yüngülcə qarışdırın.

#### 5. Son temperaturu qeyd edin.

Alovu söndürün, suyun son temperaturunu ( $t_2$ ) qeyd edin və  $\Delta t$ -ni hesablayın.

#### 6. Yanan yanacağın kütləsini ölçün.

Lampa soyuduqdan sonra yenidən tərəzidə çəkin ( $m_2$ ) və yanan yanacağın kütləsini hesablayın ( $m_1 - m_2$ ).

### 7. Hesablama aparın.

Suyun kütləsi, temperatur dəyişməsi və xüsusi istilik tutumundan istifadə edərək entalpiya dəyişməsinə müəyyən edin. Entalpiya dəyişməsinə və metanolun yanan kütləsinə əsasən 100 q metanola və 1 mol metanola uyğun entalpiya dəyişməsinə hesablayın.

### 8. Nəticələri qeyd edin.

Dəftərinizə aşağıdakı cədvəli çəkin və bütün nəticələri qeyd edin.

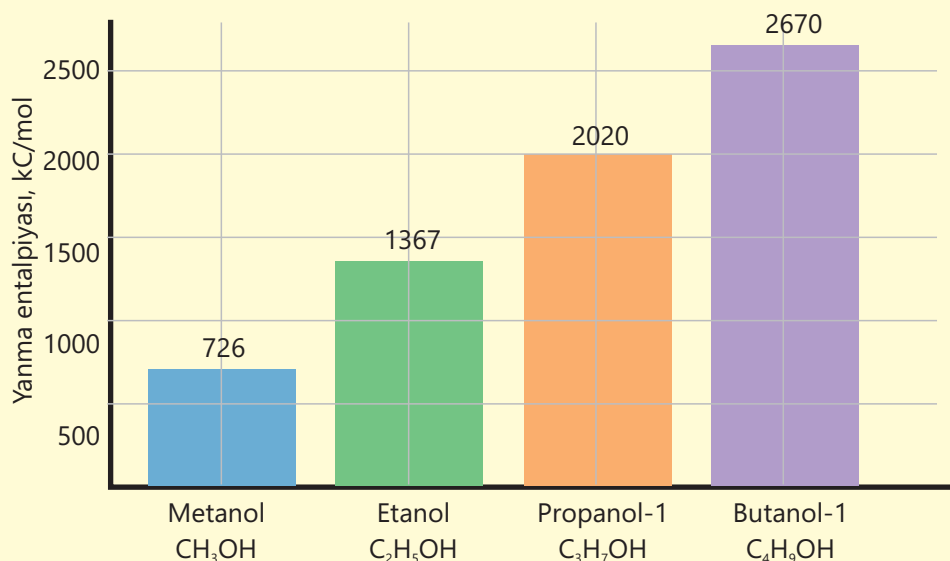
Spirt	Suyun kütləsi, q	$\Delta t$ (°C)	Yanan yanacağın kütləsi, q	$\Delta H$ , kC	$\Delta H$ , kC/100 q	$\Delta H$ , kC/mol
Metanol						
Etanol						
Propanol-1						
Butanol-1						

### 9. Eyni təcrübəni digər spirtlər üçün təkrarlayın.

Etanol, propanol-1 və butanol-1 üçün də eyni addımları sınaqdan keçirin və nəticələri cədvəldə qeyd edin.

#### Nəticələrin müzakirəsi

- Spirtlərin molyar kütləsi onların enerji dəyərində necə təsir edir?
- Molyar kütlə ilə enerji dəyəri arasında bir qanunauyğunluq müəyyən etmək olarmı?
- Alınmış nəticələrlə hər bir spirtin standart yanma entalpiyasını müqayisə etdikdə ən çox fərq hansı spirtə yarandı? Bunun səbəbi nə ola bilər?
- Aldığınız nəticələr əsasında hər bir spirtin 100 qramı üçün *Excel*-də aşağıdakı şəkllə uyğun diaqram hazırlayın.



## Termokimya

kimyanın kimyəvi reaksiyalar zamanı müşahidə olunan istilik enerjisini öyrənən bölməsidir.

Reaksiya zamanı ayrılan və ya udulan istiliyin miqdarına **istilik effekti** deyilir.

İstilik effekti **entalpiya dəyişməsi ( $\Delta H$ )** ilə ifadə olunur.

**Entalpiya dəyişməsinin** hesablanması müxtəlif üsullarla aparılır.

### Kalorimetr vasitəsilə

Maddənin temperaturu dəyişdikdə onun kütləsini ( $m$ ), xüsusi istilik tutumunu ( $c$ ) və temperatur dəyişməsini ( $\Delta t$ ) bilməklə entalpiya dəyişməsi ( $\Delta H$ ) aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\Delta H = m \cdot c \cdot \Delta t$$

### Hess qanununa əsasən

Kimyəvi reaksiya zamanı entalpiyanın ümumi dəyişməsi sabit olub başlanğıc maddələrdən reaksiya məhsullarına qədər gedilən yoldan asılı deyil. Reaksiyanın entalpiya dəyişməsi aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$\Delta H^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (\text{məhsullar}) - \sum n\Delta H_f^\circ (\text{başlanğıc maddələr})$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{maddə}) = [\sum \Delta H_f^\circ (\text{məhsullar})] - \Delta H_c^\circ (\text{maddə})$$

### Rabitə enerjisinə əsasən

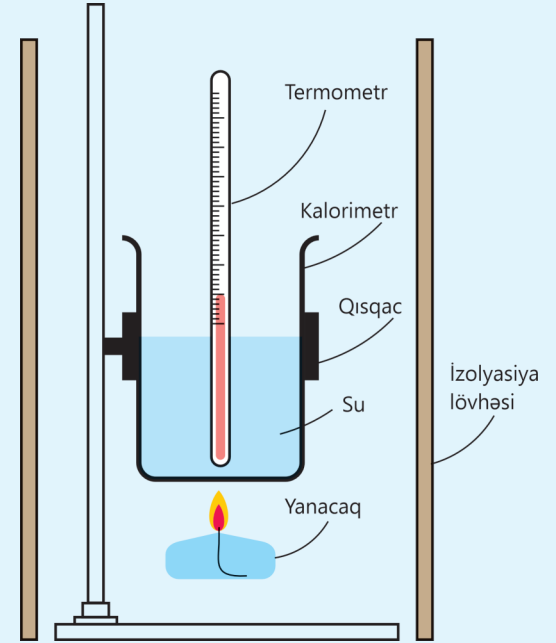
1 mol rabitəni qırmaq üçün lazım olan və ya 1 mol rabitə əmələ gələndə ayrılan enerji **rabitə enerjisi** adlanır. Rabitə enerjisinə görə reaksiyanın entalpiya dəyişməsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\Delta H = \sum E_{\text{qırılan rabitələr}} - \sum E_{\text{əmələ gələn rabitələr}}$$

# Ümumiləşdirici tapşırıqlar

1. Tədqiqatçı dörd yanacaqı araşdırmaq üçün sağdakı qurğunu quraşdırır. Bunun üçün o, yanacaqlardan suyu qızdırmaq üçün istifadə edir. O, spirt lampasında müxtəlif yanacaqları yandırarkən suyun temperatur dəyişikliyinə ölçür.

- Tədqiqatçının dəyişdirdiyi dəyişəni göstərin.
- Tədqiqatçının ölçdüğü dəyişəni göstərin.
- Tədqiqatçı hər yanacaqda eyni həcmdə olan suyu qızdırır. Onun nəzarət etməli olduğu əsas məqamı göstərin.
- Tədqiqatçının eyni kütlədə olan yanacaqları yandırarkən əldə etdiyi nəticələr aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir.



Yanacaq	Başlanğıc temperatur (°C)	Son temperatur (°C)	Temperatur dəyişikliyi (°C)
etanol	19	56	
propanol	20	63	
butanol	20	65	
pentanol	21	68	

- Cədvəli dəftərinizə köçürün və tamamlayın.
  - Yanacaqların xüsusi yanma entalpiyalarını müqayisə edin.
- Tədqiqatçı araşdırmasını təkrarlamağa qərar verir. Sizcə, niyə?
  - Tədqiqatçı düşünür ki, yanan yanacaqlardan ayrılan istiliyin bir hissəsi suya keçməyib. Bəs istilik itkisi hansı səbəbdən olub?

2. Təbii qaz, əsasən, metandan ibarət olan təbii yanacaqdır. Ondan sənayedə və məişətdə yanacaq kimi istifadə olunur. Metanın yanma reaksiyası  $\text{CH}_{4(\text{q})} + 2\text{O}_{2(\text{q})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{q})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{m})}$  kimi ifadə olunur.

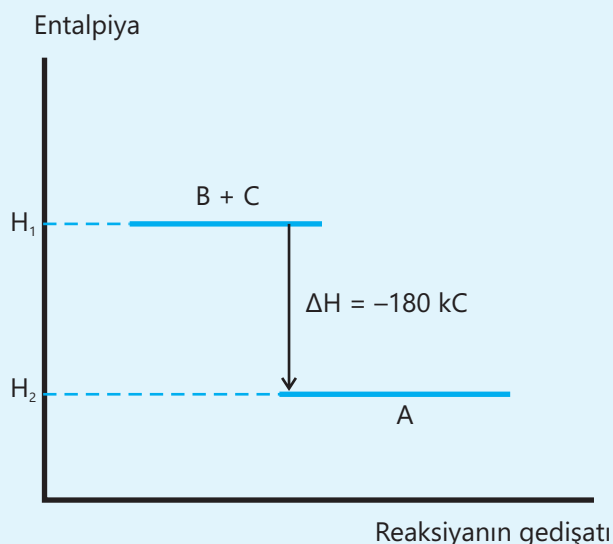
- Reaksiyanın ekzotermik olmasının səbəbini rabitələrin qırılması və yaranması ilə izah edin.
- Reaksiya üçün enerji diaqramını çəkin və bu diaqramda aşağıdakıları göstərin:
  - ümumi enerji dəyişikliyinə;
  - rabitələri qırmaq üçün lazım olan enerjini;
  - yeni rabitələrin əmələ gəlməsi ilə ayrılan enerjini.
- Metanın yanma istiliyi  $-890 \text{ kC/mol}$  olarsa, 3 mol metan yandıqda ayrılan istiliyin miqdarını (kC ilə) hesablayın.
- 4 qram metan yandıqda ayrılan istiliyin miqdarını (kC ilə) hesablayın.

3. Rabitə enerjilərinə əsasən  $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$  reaksiyasının entalpiya dəyişməsini (kC ilə) hesablayın.

Rabitə	Rabitə enerjisi, kC/mol	Rabitə	Rabitə enerjisi, kC/mol
C-H	412	H-O	463
O=O	496	C-C	346
C=O	803	C-O	358

4. Qrafikə əsasən cədvəlin hansı şərtlərinə ✓ işarəsinin doğru yazıldığını müəyyən edin.

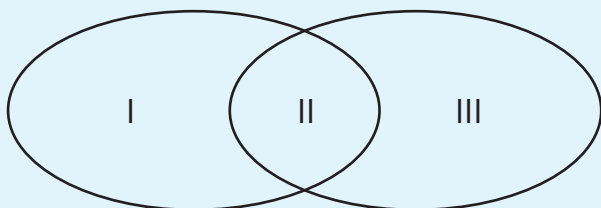
İfadə	Doğru	Yanlış
a. $B + C \rightarrow A$ reaksiyasının entalpiya dəyişməsi $\Delta H = +180$ kC-dur.	✓	
b. Reaksiya endotermikdir.		✓
c. Reaksiyanı $A \rightarrow B + C - 180$ kC kimi yazmaq olar.	✓	
d. 0,2 mol B maddəsi əmələ gəldikdə 36 kC istilik udulur.		✓
e. Başlanğıc maddələrin entalpiyası reaksiya məhsullarının entalpiyasından kiçikdir.		✓
f. 1,5 mol A maddəsi parçalandıqda 270 kC istilik ayrılır.	✓	



5. Tərkibində 0,1 mol kalium hidroksid olan 100 ml məhlulla tərkibində 0,1 mol nitrat turşusu olan 100 ml məhlul qarışdırılır. Kalium hidroksid məhlulunun temperaturu  $32^\circ C$ , nitrat turşusu məhlulunun temperaturu  $29^\circ C$ , məhlullar qarışdırıldıqdan sonra reaksiya nəticəsində əmələ gələn məhlulun temperaturu  $36^\circ C$  olur. Neytrallaşma istiliyini (kC/mol) hesablayın.

6. Verilənləri Eyer-Venn diaqramı üzrə ayırın.

Ekzotermik proses      Endotermik proses



- İstilik hadisəsi ilə müşahidə olunur
- Sistemdən ətrafa enerji verilir
- $\Delta H > 0$
- Ətrafdan sistemə enerji ötürülür
- $\Delta H < 0$

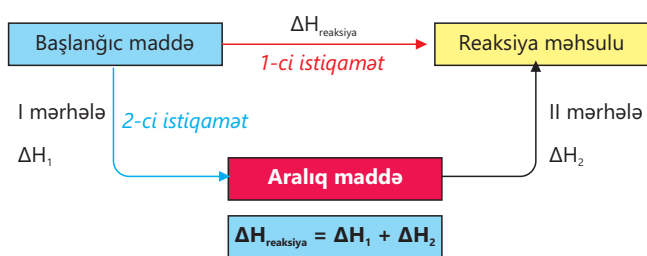
**Avoqadro ədədi ( $N_A$ )** – 12 qram karbon-12 izotopundakı ( $^{12}\text{C}$ ) atomların sayı olub  $6,02 \cdot 10^{23}$ -ə bərabərdir.

**Avoqadro qanunu:** eyni temperatur və təzyiqdə müxtəlif qazların bərabər həcmələrində eyni sayda molekul olur.

**Empirik formul (sadə formul)** – birləşmədə atomların ən kiçik say nisbətində birləşdiyini göstərir.

**Enerji** – cismin iş görmə qabiliyyətidir.

**Hess qanunu:** kimyəvi reaksiya zamanı entalpiyanın ümumi dəyişməsi sabit olub başlanğıc maddələrdən reaksiya məhsullarına qədər gedilən yoldan asılı deyil.



**Həcmi nisbətlər qanunu:** eyni şəraitdə (temperatur və təzyiq) reaksiyaya daxil olan və alınan qazların həcmələrinin bir-birinə nisbəti kiçik tam ədədlərin nisbəti kimidir.

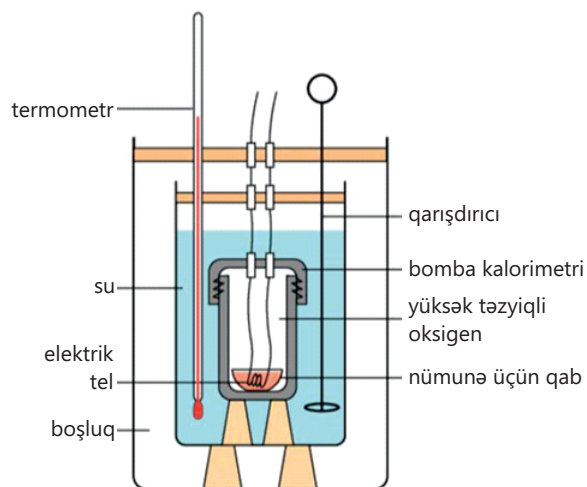
**Xüsusi istilik tutumu** – maddənin 1 qramının temperaturunu  $1^\circ\text{C}$  (və ya 1 K) artırmaq üçün lazım olan istilik miqdarıdır.

**Xüsusi yanma istiliyi** – 1 qram maddənin tam yanması zamanı ayrılan istilik miqdarıdır.

**İstilik** – temperatur fərqi görə enerjinin isti cisimdən soyuq cismə ötürülməsidir.

**İstilik effekti** – reaksiya zamanı ayrılan və ya udulan istiliyin miqdarıdır.

**Kalorimetr** – reaksiyanın istilik effektini hesablamaq üçün istifadə olunan avadanlıqdır.



**Kütlə payı** – birləşmənin tərkibində olan elementin kütləsinin bu birləşmənin ümumi kütləsinin hansı hissəsini təşkil etdiyini göstərir.

**Qida enerjisi** – insan və heyvanların fəaliyyətinin təminatı üçün qidadan əldə etdikləri kimyəvi enerjidir.

**Limitləyici maddə** – kimyəvi reaksiyada tamamilə sərf olunan maddədir.

**Məhsulun praktiki çıxımı** – reaksiya məhsulunun faktiki alınmış miqdarının nəzəri hesablanmış miqdarına nisbətidir və faizlə ifadə olunur.

**Mol** –  $6,02 \cdot 10^{23}$  sayda molekulardan (atomlardan və ya ionlardan) təşkil olunmuş maddə miqdarıdır.

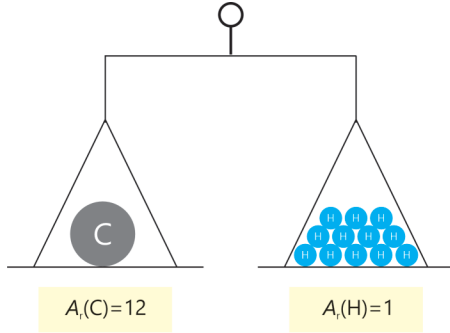
**Molyar həcm** – eyni şəraitdə müxtəlif qazların həcmünün onların mol sayına olan nisbətidir. Müəyyən edilmişdir ki, otaq temperaturu ( $20^\circ\text{C}$ ) və 1 atm təzyiqində bütün qazların 1 molu  $24 \text{ dm}^3$  ( $24 \text{ l}$ ) həcm tutur.

**Molyar kütlə (M)** – maddənin 1 molunun kütləsidir.

**Molyar yanma istiliyi** – 1 mol maddənin tam yanması zamanı ayrılan istilik miqdarıdır.

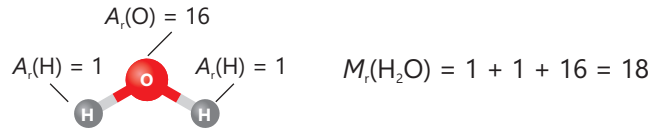
**Neytrallaşma istiliyi** – turşu ilə qələvinin reaksiyası nəticəsində 1 mol su əmələ gəldikdə ayrılan istilik miqdarıdır.

**Nisbi atom kütləsi ( $A_r$ )** – elementin izotoplarının orta kütlə ədədinin  $^{12}\text{C}$  atomunun kütləsinin 1/12 hissəsinə nisbətidir.



**Nisbi formul kütləsi ( $M_r$ )** – indekslər nəzərə alınmaqla ion rabitəli birləşmələrin tərkibinə daxil olan atomların nisbi atom kütlələri cəminə bərabərdir.

**Nisbi molekül kütləsi ( $M_r$ )** – indekslər nəzərə alınmaqla maddə molekülünün tərkibinə daxil olan atomların nisbi atom kütlələri cəminə bərabərdir.



**Nisbi sıxlıq ( $D$ )** – verilmiş şəraitdə həcmi bərabər olan qazlardan birinin digərindən neçə dəfə ağır olduğunu göstərir.

**Rabitə enerjisi** – 1 mol rabitəni qırmaq üçün lazım olan və ya 1 mol rabitə əmələ gəldikdə ayrılan enerjidir.

**Standart əmələgəlmə entalpiyası ( $\Delta H_f^\circ$ )** –

standart şəraitdə 1 mol kimyəvi birləşmənin onu təşkil edən elementlərdən (elementlərin ən dayanıqlı halında) əmələ gəlməsi nəticəsində müşahidə olunan istilik dəyişməsidir.

**Standart yanma entalpiyası ( $\Delta H_c^\circ$ )** – standart şəraitdə 1 mol maddənin tam yanması zamanı ayrılan istiliyin miqdarıdır.

## Elementlərin dövri cədvəli

1																18																
1																	2															
1	1,01 H Hydrogen																	4,00 He Helium														
2	3 6,94 Li Litiy	4 9,01 Be Berilyum											5 10,81 B Bor	6 12,01 C Karbon	7 14,00 N Azot	8 16,00 O Oksigen	9 19,00 F Flüor	10 20,18 Ne Neon														
3	11 22,99 Na Natriy	12 24,31 Mg Maqnezium											13 26,98 Al Alüminium	14 28,09 Si Silisium	15 30,97 P Fosfor	16 32,07 S Kükürd	17 35,45 Cl Xlor	18 39,95 Ar Arqon														
4	19 39,10 K Kalium	20 40,08 Ca Kalsium	21 44,96 Sc Skandium	22 47,87 Ti Titan	23 50,94 V Vanadium	24 51,99 Cr Xrom	25 54,94 Mn Manqan	26 55,85 Fe Demir	27 58,93 Co Kobalt	28 58,69 Ni Nikel	29 63,55 Cu Mis	30 65,38 Zn Sink	31 69,72 Ga Qallium	32 72,63 Ge Germanium	33 74,92 As Arsen	34 78,97 Se Selen	35 79,90 Br Brom	36 83,79 Kr Kripton														
5	37 85,47 Rb Rubidiy	38 87,62 Sr Stronsium	39 88,91 Y İtriy	40 91,22 Zr Sirkonium	41 92,91 Nb Niobyum	42 95,95 Mo Molibden	43 98,00 Tc Texnesium	44 101,07 Ru Rutenium	45 102,91 Rh Rodiy	46 106,42 Pd Palladiy	47 107,87 Ag Gümüş	48 112,41 Cd Kadmium	49 114,82 In İndiy	50 118,71 Sn Qalay	51 121,76 Sb Stibium	52 127,60 Te Tellur	53 126,90 I Yod	54 131,29 Xe Ksenon														
6	55 132,91 Cs Seziy	56 137,33 Ba Barium	57 138,91 * La Lantan	58 175,07 * Ce Seriym	59 140,91 Pr Prazeodimiy	60 144,24 Nd Neodimiy	61 145,00 Pm Prometiy	62 150,36 Sm Samarium	63 151,96 Eu Yevropium	64 157,25 Gd Qadolium	65 158,93 Tb Terbiy	66 162,50 Dy Disporziy	67 164,93 Ho Holmiy	68 167,26 Er Erbium	69 168,93 Tm Tulium	70 173,05 Yb İtterbiy	71 174,97 Lu Lütesium	72 175,07 * Hf Hafniy	73 178,49 * Ta Tantal	74 183,84 * W Volfraim	75 186,21 * Re Renium	76 190,23 * Os Osmium	77 192,22 * Ir İridiy	78 195,08 * Pt Platin	79 196,97 * Au Qızıl	80 200,59 * Hg Civə	81 204,38 * Tl Tallium	82 207,20 * Pb Qurğuşun	83 208,98 * Bi Bismut	84 [209] * Po Polonium	85 [210] * At Astat	86 [222] * Rn Radon
7	87 [223] * Fr Fransium	88 [226] * Ra Radium	89 [227] * Ac Aktiniy	90 232,04 * Th Torium	91 [237] * Pa Protaktiniy	92 238,03 * U Uran	93 [237] * Np Neptunium	94 [244] * Pu Plutonium	95 [243] * Am Amerisium	96 [247] * Cm Kürüm	97 [247] * Bk Berklium	98 [251] * Cf Kalifornium	99 [252] * Es Eynşteynium	100 [257] * Fm Fermium	101 [258] * Md Mendeleyevium	102 259,10 * No Nobelium	103 260,10 * Lr Lourensium	104 [261] * Rf Rezerfordium	105 [263] * Db Dubniy	106 [266] * Sg Siborqium	107 [264] * Bh Boriy	108 [269] * Hs Hassium	109 [268] * Mt Meytnerium	110 [271] * Ds Darmstadium	111 [280] * Rg Rentgenium	112 [285] * Cn Kopernikium	113 [284] * Nh Nihonium	114 [289] * Fl Fleroviy	115 [288] * Mc Moskovium	116 [293] * Lv Livermorium	117 [294] * Ts Tennesis	118 [294] * Og Oqanesson