

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Ш.Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті  
«Химия және химиялық технология» кафедрасы

Г.Ш. ТЛЕПИЕВА

## **Бейорганикалық химия курсы**

*Оқу құралы*

Ақтау 2010

ӘОЖ 54 (075.8)  
ББК 28. 072 я73  
Т 48

Пікір берушілер:

«Kazakhstan petrochemical industries inc» компаниясының басқарушы директоры, жаратылыстану ғылымдары академиясының академигі, х.ғ.д., профессор Р.Г. Сармурзина;

аль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «Бейорганикалық химия» кафедрасының профессоры, х.ғ.д. М.Р. Танашева;

Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті «Химия және химиялық технология» кафедрасының профессоры, х.ғ.к. К.Б. Батманов

аль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «Жалпы химия және химиялық экология» кафедрасының доценті, х.ғ.к. Л. Түгелбаева.

Тлепиева Г.Ш.

**Т48 Бейорганикалық химия курсы:** Оқу құралы - Ақтау, Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ, 2010. - 137 б.

ISBN 978-601-7276-25-6

Бұл оқу құралы Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінде химиялық технология мамандықтарда оқитын «Бейорганикалық химия» пәнінің бағдарламасына сәйкес жасалған.

УДК 54 (075.8)  
ББК 28. 072 я73

ҚР БЖҒМ РОӘК-нің М. Әуезов атындағы ОҚМУ жанындағы химия-технологиялық мамандықтары бойынша оқу-әдістемелік секция баспаға 12.11.2010 жылы ұсынған

ISBN 978-601-7276-25-6 © «Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті» РМҚК, 2010 ж.

## Алғы сөз

Оқу құралы жоғары оқу орындарындағы химия-технологиялық мамандықтарында оқитын студенттерге арналған. Келтірілген мәліметтердің көлемі, мағынасы және деңгейі студенттің мектепте өткен химияның негізгі түсініктері, оның маңызды теориялары мен заңдары, сонымен қатар химиялық элементтер мен қосылыстарының қасиеттерімен қаншалықты таныс екендігімен анықталады.

Химиялық элементтердің қасиеттерін және периодтық жүйедегі орнына сәйкес, олардың қосылыстары қасиеттерінің өзгерісін жетік білу алдағы арнайы пәндерді толық көлемде меңгеруге негіз болады.

Оқу құралы пәннің нақты оқу бағдарламасына сәйкес дәрістік мәтінде жазылған.

## Кіріспе

Элементтер туралы қазіргі кездегі түсінік Д. И. Менделеевтің (1869 ж.) периодтық заңды ашқаннан кейін ғана мүмкін болды.

Менделеев берген элементтің анықтамасы қазіргі кездегі анықтамаға ұқсас.

«Элементтер деп белгілі физикалық және химиялық қасиеттерінің қосындысына ие болатын жай және күрделі денелердің материалды құрам бөліктері деп түсіну қажет» (Менделеев Д.И.).

Химиялық элемент – бұл ядроның белгілі бір зарядымен сипатталатын атомдардың түрі.

Периодтық заңның өрнектелуі химиялық элементтердің периодтық жүйесін береді. Ол барлық химиялық элементтердің арасындағы терең байланысты ашып және элементтердің бір заңға бағынып, олардың табиғаты жағынан бірдей екенін көрсетеді. Элементтердің бір-бірімен өзара ішкі байланысы, химиялық элементтердің қасиеттерін алдын ала болжауға болатындығынан көрінеді.

Периодтық заңның ашылуы мен химиялық элементтердің периодтық жүйесінің жасалуы атом құрылысының зерттелуіне жол ашты. Яғни, бұл өз кезегінде элементтердің өзара байланыстылығының табиғаты мен сапалық ерекшеліктерін тереңірек анықтауға мүмкіндік берді.

Атом құрылысының қазіргі кезгі теориясының негізін қалағандар: атомның планетарлық моделін жасаған Эрнест Резерфорд (1911 ж.) және атомның алғашқы кванттық теориясын ұсынған Нильс Бор (1913ж.).

Атом элементар бөлшектердің қозғалысындағы күрделі микрожүйе.

## 1. СИ жүйесінің негізгі бірліктері. Химияның негізгі түсініктері

Бұрындары әр ел түрлі өлшемдер қолданып келді. Мысалы, қазақтар ұзындықты өлшеу үшін: қарыс, елі, сүйем, табан, құлаш, шақырым сияқты бірліктерді пайдаланды.

Өлшем бірліктердегі жүйесіздік халықтар арасындағы сауда саттықты қиындатып, өнеркәсіптің дамуына нұқсан келтірді. Міне осыған байланысты 1793 жылы Францияда өткен Конвенцияда «Өлшемдердің метрлік жүйесін» енгізу туралы аса маңызды шешім қабылданды. Оның негізінен ұзындық бірлігі метр алынды. Метр эталонында: «Барлық уақытта, барлық халықтар үшін» деген сөз қашалып жазылды. Кейінірек (1875) өлшемдердің метрлік жүйесін көптеген елдер қабылдады. Халықаралық бірліктер жүйесі жасалды (1960). Ол қысқаша SI (француз тілінде Systeme International) деп белгіленді. Халықаралық бірліктер жүйесінде (SI) жеті негізгі бірлік, соның ішінде ұзындық бірлігі - метр (м), масса бірлігі – килограмм (кг), уақыт бірлігі – секунд (с) бар. Басқа бірліктер бұлардан шыққан туынды бірліктер болып табылады.

Өлшемдердің метрлік жүйесінің негізіне барлық халықтардың санау тәсілдеріне ортақ «ондық принциптің» алынуы – оның ең басты артықшылығы. Осыған байланысты тіркес сөздердің ондық жүйесі жасалған. Мысалы, кило тіркесі мыңды білдіретін болғандықтан: 1 километр (км) – 1000 метр (м); 1 килограмм (кг) – 1000 грамм (г); 1 киловольт (кВ) – 1000 вольт (В) деп жазамыз.

Сол сияқты милли тіркесі мың бөліктің бір бөлігін білдіреді: 1 миллиграмм – 1 грамның мыңнан бір бөлігі; 1 миллиметр – 1 метрдің мыңнан бір бөлігі; 1 миллилитр – 1 литрдің мыңнан бір бөлігі. Осы өлшем бірліктерге сүйене отырып бейорганикалық химияда туынды өлшемдерді пайдаланамыз.

Атом-молекулалық ілім. Атом – молекулалық ілімнің ғылыми негізі XVIII ғасырдың ортасы мен XIX ғасырдың аралығында жасалды. Орыстың ғалымы М. В. Ломоносов өзінің 1741 жылы шыққан «Математикалық химия» деген еңбегінде атом – молекулалық ілімнің негізгі қағидаларын былай тұжырымдады:

1. Барлық заттар корпускулалардан (молекулалардан) тұрады.
2. Корпускулалар (молекулалар) элементтерден (атомдардан) тұрады.
3. Бөлшектер – молекулалар мен атомдар үнемі қозғалыста болады.
4. Жай заттардың молекулалары бірдей атомдардан, күрделі заттың молекулалары әр түрлі атомдардан тұрады.

Молекула дегеніміз осы заттың химиялық қасиеттерін сақтап тұратын ең кіші бөлшегі.

Атом – элементтің химиялық қасиетін сақтап тұратын ең кіші бөлшегі.

Элементтің химиялық қасиеттері оның құрылысына байланысты. Осы тұрғыдан қазір атомға мынадай анықтама береді.

Атом – оң зарядталған атом ядросынан және теріс зарядталған электрондардан тұратын электрбейтарап бөлшек.

Салыстырмалы атомдық масса. Қазіргі ғылым дамуының нәтижесінде абсолюттік мәні өте аз атомдық массаларды анықтау мүмкін болды. Атомдардың массаларын өзіміз жиі қолданатын (грамм, килограмм) өлшемдерімен көрсетсек, олар өте кіші сандар болады. Мысалы сутегі атомының массасы –  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, көміртегінікі –  $19,93 \cdot 10^{-27}$  кг, оттегінікі –  $26,60 \cdot 10^{-27}$  кг. Элементтер атомдары массасының мұндай аз мәндерін еске ұстау және оларды пайдаланып әр түрлі есептер шығару қолайсыз. Сондықтан химияда атомдар массаларының абсолюттік мәндерінің орнына салыстырмалы атомдық массалары қолданылады.

1961 жылы халықаралық келісім бойынша атом массасының өлшемі ретінде массаның атомдық бірлігі (м. а. б.) қабылданды. 1 массаның атомдық бірлігі көміртегі атомы массасының 1/12 бөлігіне тең, яғни,  $1,66 \cdot 10^{-27}$  кг – ға тең. Элемент атом массасының абсолюттік мәнін массаның атомдық бірлігіне бөлу немесе онымен салыстыру арқылы оның салыстырмалы атомдық массасын табады. Мысалы, осы әдіспен табылған сутегінің, көміртегінің, оттегінің салыстырмалы атомдық массаларын ( $Ar$ ) жазамыз:

$$Ar(H) = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = 1 \quad Ar(C) = \frac{19,93 \cdot 10^{-27}}{1,66 \cdot 10^{-27}} = 12 \quad Ar(O) = \frac{26,60 \cdot 10^{-27}}{1,66 \cdot 10^{-27}} = 16$$

Барлық химиялық элементтің салыстырмалы массаларын осы әдіспен табады. Элементтің салыстырмалы атомдық массасы сол элемент атомы массасының көміртегі атомы массасының 1/12 бөлігінен неше есе ауыр екенін көрсететін сан.

Салыстырмалы молекулалық масса. Заттың салыстырмалы молекулалық массасы дегеніміз оның молекуласы массасының көміртегі атомы массасы 1/12 бөлігінен неше есе ауыр екенін көрсететін сан. Заттың салыстырмалы молекулалық массасы оның құрамына кіретін элементтердің салыстырмалы атомдық массаларының қосындысына тең.

Сондықтан да заттың формуласы арқылы оның салыстырмалы молекулалық массасын есептеп шығару қиын болмайды. Мысал ретінде ортофосфор қышқылының салыстырмалы молекулалық массасын анықтаймыз:

$$Ar(H) = 1 \cdot 3 = 3$$

$$Ar(P) = 31 \cdot 1 = 31$$

$$Ar(O) = 16 \cdot 4 = 64$$

$$Mr(H_3PO_4) = 3 + 31 + 64 = 98$$

Ал заттың молекулалық массасын ( $m$ ) табу үшін оның өлшемсіз санмен алынған салыстырмалы молекулалық массасын массаның 1 атомдық бірлігіне көбейтеді. Мысалы осы әдіспен ортофосфор қышқылының салыстырмалы молекулалық массасын былай табады:

$$m(H_3PO_4) = 98 \cdot 1 \text{ м. а. б.} = 98 \text{ м. а. б.}$$

*Реакция теңдеуін құрастырумен байланысты қарапайым есептерге мысал келтірейік.*

Реакция теңдеуі химиялық түрленулерді сандық та сапалық та жақтарынан сипаттайды.  $\text{AgNO}_3$ -тің 169,88 массалық бірлігі  $\text{KCl}$  -дың 74,55 массалық бірлігімен әрекеттесіп  $\text{AgCl}$ -дың 143,3 массалық бірлігін және  $\text{KNO}_3$ -тің 101,1 массалық бірлігінің түзілетіндігін мына теңдеу көрсетеді  $\text{AgNO}_3 + \text{KCl} = \text{AgCl} + \text{KNO}_3$ . Егерде әрекеттесетін заттардың біреуінің массасы белгілі болса пропорция арқылы теңдеудің құрамындағы кез-келген заттың массасын табуға болады.

Мысал:

Алынған ертіндінің әрбір грамында 0,05 г мыстың ионы болу үшін судың қанша мөлшеріне 50г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  еріту қажет.

Шешімнің 1-ші жолы:

50г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  қанша мыстың ионының массасы бар екенін табамыз:

$$\frac{50 \times 63,54}{249,7} = 12,73 \text{ г.}$$

Ертіндінің жалпы массасын табамыз:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ г ертіндіде} \text{ ----- } 0,05 \text{ г мыстың ионы бар} \\ x \text{ г ертіндіде} \text{ ----- } 12,73 \text{ г мыстың ионы бар} \\ x = \frac{12,73}{0,05} = 254,6 \text{ г.} \end{array}$$

Олай болса сәйкес  $254,6 - 50 = 204,6$  г. суды қосамыз.

Шешімнің 2-ші жолы:

$$\frac{0,05 \times 249,7}{63,54} = 0,1964 \text{ г}$$

0,1964 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  құрамында 0,05 г мыстың ионы бар.

Есептің шартын қанағаттандыратын ертіндінің 1 г алу үшін 0,1964 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -ға 0,8036 г (1 г - 0,1964 г) су,

$$\frac{50 \times 0,8036}{0,1964} = 204,6 \text{ г}$$

ал 50 г сол тұзға 204,6 г су қосу қажет.

Есептер:

1. 24,5 г күкірт қышқылын бейтараптандыру үшін қанша  $\text{KOH}$  қажет?
2. Құрамында 8,5 г  $\text{AgNO}_3$  бар ертіндіге 3,9 г  $\text{BaCl}_2$  қосылған.  $\text{AgCl}$  түзілгеннен кейін ертіндіде қалған  $\text{AgNO}_3$ -тің массасын анықтаңдар?
3. 700 г  $\text{KOH}$ -ты алмастыра алатын  $\text{NaOH}$ -тың массасын анықтаңдар?
4. Темірдің (III) оксидінің қандай массасы 1 кг  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  темір купоросына сәйкес келеді?
5. Құрамында 159 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  бар ертіндіге 152 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  қосылған. Қанша  $\text{H}_2\text{SO}_4$  артық қалады?

## 2. Стехиометриялық заңдар. Химиялық реакцияның стехиометриясы

Стехиометрия - әрекеттесетін заттардың арасындағы массалық және көлемдік қатынастарды қарастыратын химияның бөлімі. «Стехиометриялық мөлшер» деген ұғым химиялық реакцияның теңдеуіндегі немесе формуладағы заттың мөлшеріне сәйкес келеді. «Стехиометриялық есептеулерге» заттардың түрлері мен олардың арасында жүретін теңдеулері бойынша әр түрлі есептеулер және оған заттардың түрлері мен химиялық реакциялардың теңдеулерін құрастыру да жатады.

Стехиометрияның негізін стехиометриялық заңдар құрайды. Бұларға заттар массасының сақталу заңы, құрам тұрақтылық заңы, эквиваленттер заңы, еселік қатынас заңы, көлемдік қатынас заңы, Авогадро заңы жатады. Бұл заңдар заттардың атомдар мен молекулалардан тұратынын және атом – молекулалық ілімнің дұрыс екенін дәлелдесе, ал атом молекулалық ілім стехиометриялық заңдардың мәндерін толық түсіндіріп береді.

Стехиометриялық заңдардың ішінде зат массасының сақталу заңы барлық қосылыстардың арасындағы реакцияларға, ал басқалары тек молекулалық құрылысы бар химиялық қосылыстарға қолданылады.

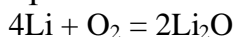
$$E = mc^2$$

Мұндағы  $E$  – энергия,  $m$  – масса,  $c$  – вакуумдағы жарықтың жылдамдығы, ол  $2,9979 \cdot 10^8$  м/с – қа тең. Бұл формула бойынша эндотермиялық реакциядан түзілген заттар массасы қатысқан заттардың массасынан көп болуы, ал экзотермиялық реакциялар кезінде түзілген заттардың массасы қатысқан заттардың массасынан аз болуы тиіс. Бірақ қандай да болмасын жылуды аса көп сіңіретін немесе көп бөлетін реакция жүрсе де сіңірілетін немесе бөлінетін энергия аз болғандықтан, ол әрекеттесетін заттардың жалпы массасына әсер етпейді. Мысалы, энергияны көп бөлетін реакцияларға нитроглицериннің қопарылуы жатады. 1 г нитроглицерин  $C_3H_8(ONO_2)_3$  қопарылыс бергенде  $8 \cdot 10^3$  Дж энергия бөледі, ал оған сәйкес келетін массаның азаюы  $m = E/c^2 = 0,89 \cdot 10^{-10}$  г немесе  $10^{-8}\%$  тең болады. Бұдан химиялық реакцияларға қатысатын заттардың массасы өзгермей қалатынын көруге болады.

Заттардың массасы сақталу заңының қазіргі анықтамасы былай айтылады: Реакцияға түскен заттардың массасы реакция нәтижесінде түзілген заттардың массасына тең болады.

Заттар массасы сақталу заңының мәнін былай түсіндіруге болады. Реакцияға қатысқан заттардың құрамында қандай атомдар қанша мөлшерде болса, реакция нәтижесінде шыққан заттардың құрамында да сондай атомдар сонша мөлшерде болады. Химиялық реакциялар кезінде атомдар массалары өзгермейтіндіктен, реакцияға қатысқан заттардың массасы тұрақты болады. Барлық химиялық реакциялар заттар массасы сақталу заңына бағынады.

Заттар массасы сақталу заңының мысалы ретінде литийдің оттегі арқылы тотығу реакциясының теңдеуін келтірейік:



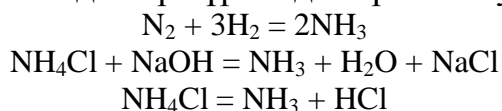
$$\frac{6,94 \cdot 4 + 15,999 \cdot 2 = 6,94 \cdot 4 + 15,999 \cdot 2}{59,758 = 59,758}$$

Бұл теңдеуден реакцияға төрт атом литий, екі атом оттегі қатысатынын, ал реакция нәтижесінде түзілген литий оксидінің құрамында төрт атом литий, екі атом оттегі бар екенін көруге болады. Олай болса, реакцияға қатысқан заттар мен шыққан заттардың құрамындағы атомдардың түрлері мен сандары өзгермейтіндіктен, реакцияласқан заттардың массасы (59,758) одан түзілген заттардың массасына (59,758) тең болады.

Заттар массасының сақталу заңы химияның негізгі заңдарының бірі және оны пайдаланып, химиялық теңдеулер бойынша есептер шығарылады.

Құрам тұрақтылық заңы. Заттар массасы сақталу заңы ашылуының химияны дамытудағы маңызы өте зор болды. Осы заңға сәйкес көптеген заттардың сапалық және сандық құрамдары зерттеліп анықталды. Заттың құрамы тұрақты, әлде айнымалы бола ма деген мәселе төңірегінде ХІХ ғасырдың басында екі ғылыми пікір айтылды. Қ. Л. Бертолле заттың құрамы айнымалы болуы тиіс десе, Ж. Л. Пруст заттың құрамы тұрақты болады деді. Бұл ғылыми айтыс жеті жылға созылды. Соңында Ж. Л. Прусттың пікірі қабылданып, ол заттың құрам тұрақтылық заңын ашты. Ол заңның қазіргі анықтамасы былай айтылады: Алыну жолына қарамастан молекулалық құрылысты әрбір химиялық таза заттың сапалық және сандық құрамы тұрақты болады.

Мысалы, аммиакты мынадай әр түрлі әдістермен алуға болады:



Бұл реакциялар теңдеулерінен аммиак қандай әдістермен алынса да сапалық құрамы жағынан азот пен сутегінен, сандық құрамы жағынан бір атом азоттан және үш атом сутегінен тұратынын көреміз. Сондықтан оның массасы және құрамындағы элементтердің проценттік мөлшерлері де тұрақты болады.

Кейінгі Зерттеулер құрамы молекулалық газ және сұйық заттардың құрамы тұрақты, ал көптеген қатты заттардың алыну жағдайына қарай құрамы айнымалы екенін көреміз. Сонымен қазіргі кезде құрамы тұрақты заттарды дальтонидтер, ал құрамы айнымалы заттарды бертоллидтер дейді. Сондықтан құрам тұрақтылық заңы қатты заттарға қолдануға келмейді. Мысалы, титан (II) оксиді алыну жағдайына қарай  $TiO_{0,8}$  – ден  $TiO_{1,2}$  өзгереді, яғни құрамы тұрақты емес.

Еселік қатынас заңы. 1803 жылы ағылшын ғалымы Д. Дальтон еселік қатынас заңын ашты. Ол былай аталады: егер екі элемент бір – бірімен бірнеше молекулалық қосылыс түзетін болса, онда бір элементтің белгілі бір тұрақты массасына келетін екінші элементтің массаларының өзара қатынасы кіші бүтін сандардың қатынасындай болады.

Көміртегі оксидтері  $CO$  мен  $CO_2$  – дегі көміртегінің 12 масса мөлшеріне келетін оттегі массалары өзара  $16 : 32 = 1 : 2$  қатынаста оттегінің 2 атомы болады.



Құрамы айнымалы болып келетін молекулалық құрылысы жоқ мына титан оксидтеріндегі  $TiO_{0,58 - 1,33}$   $TiO_{1,45 - 1,56}$  титанның бірдей мөлшеріне келетін оттегі массаларының өзара қатынасы бүтін сандар болмай бөлшек сандар болып келеді. Бұл айтылғандардан еселік қатынас заңын құрылысы молекулалық емес қосылыстарға қолданылатынын байқаймыз.

Газ күйінің заңдары. Газ күйін оның температурасы, қысымы және көлемі сипаттайды. Кез келген газ бөлшектерінің өзіндік мөлшері, кеңістікте алатын белгілі бір көлемі болады және олар бір – біріне белгілі дәрежеде әсер етеді. Газ бөлшектерінің арасындағы өзара физикалық әрекеттесу олардың қозғалу қабілетін азайтады. Газ заңдары тек бөлшектерінің өз мөлшерлеріне қарағанда олардың ара қашықтықтары өте үлкен болатын және бөлшектері өзара әрекеттеспейтін сиретілген газдар үшін ғана қолданылады. Сондықтан ғылымда идеал газдар деген түсінік енгізілген. Бұл түсінік бойынша газдар бір – бірімен әрекеттеспейтін, мөлшері нольге тең геометриялық нөқаттар деп есептеледі. Реал газдарда молекулалар арасындағы өзара тартылу мен тебісу құбылыстары болады. әрбір реал газ жеткілікті мөлшердегі жоғары температурада және төменгі қысымда идеал газдарға жақындайды. Сондықтан идеал газ дегеннің орнына газдың идеалдық күйі деген дұрыс. Газдың физикалық күйін газ заңдары – Бойль – Мариотт және Гей – Люссак заңдары анықтайды.

Бойль – Мариотт заңы. Тұрақты температурада газдың массасындағы көлемі оның қысымына кері пропорционал тәуелділікте:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \text{ немесе } PV = const$$

Гей – Люссак заңы. Тұрақты қысымда газдың осы массадағы көлемі оның абсолюттік температурасына тура пропорционал тәуелділікте болады:  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

немесе  $\frac{V}{T} = const$ . Көлемі тұрақты газдың қысымы оның абсолюттік температурасына тура пропорционал тәуелділікте:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ немесе } \frac{P}{T} = const$$

Менделеев – Клапейрон теңдеуі. Бойль – Мариотт пен Гей – Люссак заңдарын біріктіру арқылы газ көлемін (V) қысымы (P) және температурасы (T) арасындағы байланысты өрнектейтін газ күйінің теңдеуі шығады:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \text{ немесе } \frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

Кез келген газдың бір молі үшін  $\frac{P_0 V_0}{T_0}$  қатынасы тұрақты шама, сондықтан оны универсал газ тұрақтысы деп атап, R әріпімен белгілейді. Олай болса, соңғы теңдеуге R әрпін қойып, былай жазамыз:

$$PV = RT$$

Бұл теңдеу 1 моль газ үшін қолданылады, ал зат мөлшері n моль газ үшін былай жазылады:  $PV = nRT$ . Зат мөлшері зат массасын m оның мольдік массасына M бөлгенге тең болғандықтан, оны былай жазуға болады:

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

Теңдеудегі универсал газ тұрақтысының сан мәні қысым мен көлемнің қандай өлшем бірліктерімен алынуына байланысты. Егер көлем метрмен, ал қысым паскальмен алынса,  $R = 8,31$  Дж/моль · К. Егер көлем литрмен, қысым мегапаскальмен (МПа =  $10^6$  Па) алынса,  $R = 0,083$  л · МПа/моль · К болады. Теңдеудегі Кельвинмен (К) өлшенген абсолюттік температура (Т) мен Цельсий ( $^{\circ}\text{C}$ ) арасындағы байланыс:  $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$ . Кейде есептеулер жүргізу үшін зертхана жағдайында алынған газдың көлемін қалыпты жағдайға келтіру керек болады (температура 273 К, қысым 101,325 кПа). Бұл жағдайда жоғарыдағы Клапейрон теңдеуін былай жазады:

$$V_0 = \frac{PVT}{P_0T}$$

Үлестік (парциальдық) қысым. Кей жағдайда зерттеліп отырған газ түтіктегі су бетінде жиналады да су буларымен қанығады. Сондықтан да газдың нақты қысымын табу үшін су буы қысымын есепке алу керек. Мұндай газ қоспасында әр газдың өзінің үлестік (парциальды) қысымы болады, ол Дальтонның үлестік қысымы заңына бағынады: газ қоспасының қысымы оны құрайтын және бір – бірімен әрекеттеспейтін газдар қысымдарының қосындысына тең.

Бұл заңнан шығатын қорытынды: су бетіне жиналған газдың қысымы жалпы атмосфералық қысымнан су буы қысымын алып тастағанға тең. Осыны есепке алып жоғарыдағы газ көлемін қалыпты жағдайға келтіру формуласын былай жазамыз:

$$V_0 = (P_{атм} - P_{субуы}) \cdot V \cdot T_0 / P_0T$$

Көлемдік қатынас заңы. Авогадро заңы. Реакцияға қатынасқан және оның нәтижесінде түзілген газдардың көлемдерін зерттей келіп, француз ғалымы Гей – Люссак газдардың көлемдік қатынас заңын ашты.

Реакцияға қатысқан газдардың көлемдерінің өзара қатынасы және олардың реакция нәтижесінде түзілген газдардың көлемдеріне қатынасы кіші бүтін сандардың қатынасындай болады.

Мысалы 1 көлем сутегі мен 1 көлем хлор әрекеттесіп, 2 көлем хлорсутегін түзеді, екі көлем сутегі мен бір көлем оттегі әрекеттесіп, 2 көлем су буын түзеді.

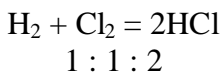
Гей – Люссак Дальтонның қандай заттар болса да атомдардан тұрады деген қағидасын пайдаланып: бірдей жағдайда газдардың бірдей көлемдеріндегі атомдар саны бірдей деп қорытынды жасады. Осы тұрғыдан алып қарағанда хлордың 1 көлемі мен сутегінің 1 көлеміндегі атомдар саны бірдей болса, олардың әрекеттесуінен 1 көлем хлорсутегі түзілген болар еді, бірақ реакция нәтижесінде 2 көлем хлорсутегі түзіледі. Сөйтіп, Гей – Люссактың жорамалы тәжірибе арқылы дәлелденбеді.

1811 жылы А. Авогадро кейін заңға айналған гипотезасын ұсынды:

Бірдей жағдайда әр түрлі газдардың бірдей көлемдеріндегі молекулалар саны бірдей болады.

Авогадро газ тәрізді жай заттардың молекулалары екі атомнан тұрады деп көрсетті.

Авогадро заңы бойынша газдардың қарапайым көлемдік қатынастары оңай түсіндіріледі. Мысалы, сутегі мен хлор молекулалары екі атомнан тұратындықтан, 1 көлем сутегі мен 1 көлем хлордың әрекеттесуінен 2 көлем хлорсутегі түзіледі:



### Эквивалент. Эквивалент заңы.

Химиялық элементтер бір – бірімен әрекеттесіп қосылыс түзгенде, ондағы элементтердің мөлшерлері әр уақытта тұрақты болатынын құрам тұрақтылық заңы көрсетті. Осыған сәйкес химияға эквивалент түсінігі енгізілді. Химияда «эквивалент» деген сөз элементтің немесе екі заттың бір – бірімен қалдықсыз әрекеттесетін тең мөлшерін көрсетеді.

Қазіргі кезде эквиваленттің анықтамасы былай айтылады:

Элементтің эквиваленті дегеніміз сутегі атомдарының 1 молекуласымен әрекеттесетін немесе сондай мольді қосылыстан ығыстырып шығаратын мөлшерін айтады.

Мысалы, иодсутекте HI сутегінің 1 молекуласымен қосылып тұрғандықтан, иодтың эквиваленті 1 мольге, күкіртсутекте H<sub>2</sub>S сутегінің екі молекуласымен қосылатындықтан, күкірттің эквиваленті 1 : 2 мольге, аммиакта NH<sub>3</sub> сутегінің үш молекуласымен қосылатындықтан, азоттың эквиваленті 1 : 3 мольге тең.

Элементтің 1 эквивалентінің массасын оның эквиваленттік массасы дейді, ал ол г/ мольмен көрсетіледі. Жоғарыда келтірілген қосылыстардың иодтың, күкірттің, азоттың сәйкес эквиваленттік массалары мынадай: 127 г/моль, 32 : 2 = 16 г/моль, 14 : 3 = 4,67 г/моль.

Қосылыстардағы элемент молекуласының қандай бөлігі сутегі атомдарының 1 молекуласымен эквивалентті екенін көрсететін санды эквиваленттік фактор дейді және оны  $f_{\text{экв}}$  әріпімен белгілейді. Эквиваленттік фактор өлшемсіз сан, оны 1 – ді қосылыстағы сол элементтің валенттілігіне (V) бөлу арқылы табады:

$$f_{\text{экв}} = 1 : V$$

Мысалы, жоғарыда келтірілген қосылыстардағы иодтың, күкірттің, азоттың сәйкес эквиваленттік факторлары мынадай: 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3.

Бұдан элементтің эквиваленттік массасы Э немесе элемент эквивалентінің 1 молекуласының массасы элементтің эквиваленттік факторын оның молярлық массасына (M) көбейткенге тең:

$$\text{Э} = f_{\text{экв}} \cdot M$$

Элементтің эквиваленттік массасын оның эквивалентінің молярлық массасы деп атайды. Элементтің эквивалентін немесе эквиваленттік массасын анықтарда оның сутегімен қосылыс түзуі міндетті емес. Қосылыстардағы элементтерді талдау арқылы анықталған массалық мөлшерлері және біреуінің эквиваленті белгілі болса, бір элементтің белгілі эквиваленті арқылы екіншісінікі табылады.

Мысалы, 1,2 г көміртегін жаққанда 4,4 г көміртегі (IV) оксиді түзілді. Егер оттегінің эквиваленті 8 болса, онда осы қосылыстағы көміртегінің эквиваленті қанша?

Шешуі: қосылыстағы оттегінің массасын табамыз:

$$m(O) = 4,4g - 1,2g = 3,2g$$

1,2 г көміртегі 3,2 г оттегімен қалдықсыз әрекеттеседі. Әрекеттесетін заттардың массаларын және белгілі оттегінің эквивалентін табамыз:

$$\frac{1,2g}{3,2g} = \frac{x}{8g/\text{моль}} \quad x = \frac{1,2 \cdot 8}{3,2} = 3g/\text{моль}$$

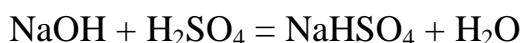
Егер элемент айнымалы валенттік көрсетіп, әр түрлі қосылыстар түзетін болса, онда бұл қосылыстардағы сол элементтің эквиваленттері де әр түрлі болады. Мысалы, оттегінің эквиваленті 8 екенін еске алып, құрамдары арқылы анықталған көміртегі оксидтері  $CO_2$  – дегі көміртегінің эквиваленті 3, ал  $CO$  – дағы көміртегінің эквиваленті 6 – ға тең.

Эквиваленттік көлем деп осы жағдайда заттың 1 эквивалентіне сәйкес келетін көлемді айтады. Мысалы, қалыпты жағдайда сутегінің 1 эквиваленті (1 г/моль) 11,2 л, оттегінің 1 эквиваленті (8 г/моль) 5,6 л көлем алады.

Эквивалент, эквиваленттік масса, эквиваленттік фактор ұғымдары күрделі заттарға да (оксидтер, негіздер, қышқылдар және тұздарға) қолданылады.

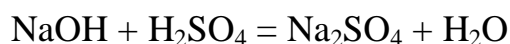
Күрделі заттың эквиваленті дегеніміз – оның сутегі атомдарының 1 молімен немесе кез келген заттың 1 эквивалентімен әрекеттесетін мөлшерін айтады.

Алмасу реакциясына қатысатын негіздер мен қышқылдардың эквиваленттік массаларын олардың молярлық массаларын реакция кезінде, жоғалтатын гидроксид немесе сутегінің иондарының сандарына бөлу арқылы табады, мысалы:



$$\mathcal{E}_{NaOH} = \frac{40g/\text{моль}}{1} = 40g/\text{моль}$$

$$\mathcal{E}_{H_2SO_4} = \frac{98g/\text{моль}}{1} = 98g/\text{моль}$$



$$\mathcal{E}_{NaOH} = \frac{40g/\text{моль}}{1} = 40g/\text{моль}$$

$$\mathcal{E}_{H_2SO_4} = \frac{98g/\text{моль}}{2} = 49g/\text{моль}$$

Тұздардың эквиваленттік массалары олардың молярлық массаларын катионның немесе анионның зарядын ион санына көбейткеннен шыққан санға бөлгенге тең,

$$\mathcal{E}_{Al_2(SO_4)_3} = \frac{342}{3 \cdot 2} = 57g/\text{моль}$$

Химияда эквивалент, эквиваленттік масса түсініктерін кеңінен қолданудың нәтижесінде эквиваленттер заңы ашылды. Оның анықтамасы былай айтылады:

Элементтердің немесе күрделі заттардың бір – бірімен әрекеттесетін мөлшерлері олардың химиялық эквиваленттеріне пропорционал болады.

Бұл заңның математикалық өрнегі мынадай:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2}$$

$m_1$  мен  $m_2$  – бірінші және екінші заттардың массалары,  $\mathcal{E}_1$  мен  $\mathcal{E}_2$  – сәйкес бірінші және екінші заттардың эквиваленттері.

*Газ тәріздес заттардың көлемдерін бір жағдайдан басқа жағдайға келтіруге мысал келтірейік.*

Температура тұрақты болғанда газдың берілген массасы үшін газдың қысымы мен оның көлемінің көбейтіндісі тұрақты шама болады  $pV = \text{const}$ .

Қысым тұрақты болғанда газдың берілген көлемі оның абсолютті температурасына тура пропорционал  $V_1/V_2 = T_1/T_2$ . Көлем тұрақты болғанда газдың берілген массасының қысымы абсолютті температураға тура пропорционал болады.

Егерде газдың берілген массасы жабық ыдыста болса және сәйкес оның көлемі тұрақты боладыда газдың температурасының өзгерісі қысымның пропорционалды өзгеруіне әкеледі  $p_1/p_2 = T_1/T_2$ .

Осы айтылғандардың бәрі Клапейронның теңдеуінде өрнектелген:  
 $p_1 V_1 / T_1 = p_2 V_2 / T_2 = \text{const}$ . Бұл өрнекпен газ тәріздес заттардың көлемдерін бір жағдайдан басқа жағдайға келтіруге болады.

Физикада және химиядағы белгілі константалардың бірі - жай немесе күрделі заттың мөліндегі молекула санын және элемент атомының мөліндегі атомдар санын Авогадро тұрақтысы деп атап, оның мәні  $6,02 \cdot 10^{23}$ -не тең. Авогадро тұрақтысы атомның немесе молекуланың массасын анықтауға, сондай-ақ белгілі бір массадағы молекула санын да анықтауға болады.

Мысал:

$23^{\circ}\text{C}$  температурада және 103,3 кПа қысымда газдың көлемі 250 литрге тең.  $0^{\circ}\text{C}$  температурадағы және 101,3 кПа қысымдағы газдың көлемін тап?

Шешімі:

250 л -----  $23^{\circ}\text{C}$  ----- 103,3 кПа сәйкес келсе  
 $x$  литрге -----  $0^{\circ}\text{C}$  ----- 101,3 кПа сәйкес келеді.

Сонда басында температура  $23^{\circ}\text{C}$ -тен  $0^{\circ}\text{C}$ -ге дейін төмендейді, сосын  $103,3^{\circ}\text{C}$ -тен  $101,3^{\circ}\text{C}$ -ға дейін қысым төмендейді. Бірінші өзгеріс Гей-Люссак заңына сәйкес  $296^{\circ}\text{C}$ -дан  $273^{\circ}\text{C}$  қаншалықты кем болса соншалықты газдың көлемінің азаюына әкеледі, яғни  $250 \cdot 273 / 296$  есе, ал екінші өзгеріс Бойл-Мариотты заңына сәйкес  $103,3^{\circ}\text{C}$   $101,3^{\circ}\text{C}$  –тен қаншалықты артық болса соншалықты газдың көлемінің өсуіне әкеледі. Олай болса газдың көлемі

$$\frac{250 \times 273 \times 103,3}{296 \times 101,3} = 235 \text{ л.}$$

*Есептер:*

1. 0°C температурада 1 м<sup>3</sup> газ бар. Егерде қысым өзгермейтін болса қандай температурада газдың көлемі екі еселенеді?

2. 0°C температурада және 101,3 кПа қысымда келесі газдардың 1 литрінің массаларын есепте: а) сутегінің; б) оттегінің; в) көмір қышқыл газының; г) көміртегі оксидінің; д) фосгеннің СОСl<sub>2</sub>; е) азот оксидінің (IV).

3. Қалыпты жағдайда келесі газдар қанша көлемді алады: а) 3,5 г азоттың; б) 640 г оттегінің; в) 110 г көмір қышқыл газының.

4. 1 г күкірт қышқылындағы молекула санын 1 г азот қышқылындағы молекула санымен салыстырыңыз. Қай жағдайда және молекула саны неше есе көп?

5. а) 10<sup>22</sup> көміртегі бірлігінің массасын; б) 0,00055 көміртегі бірлігін құрайтын электронның массасын граммен көрсетіңіз.

### 3. Атомның құрлысы

Квант механикасы. Шредингер теңдеуі φ функция. Де Бройль зерттеулері микробөлшектердің қозғалысын сипаттайтын жаңа механиканың негізін салуға көмектесті. 1925 – 1926 жылдары неміс ғалымы В. Гейзенберг пен австриялық Э. Шредингер өз беттерінше жаңа механиканың екі нұсқасын ұсынды. Бұл екі нұсқаның нәтижелері бірдей, есептеуі қолайлы болғандықтан Шредингер теңдеуі жиі қолданылады. Атом мен молекула құрылыстарының қазіргі теориялары да осы әдіске сүйенеді. Бұл теориялар микробөлшектердің қозғалысын және күйін сипаттайтын болғандықтан квант механикасы деп атала бастады. Ал Ньютон заңдарына негізделген макроденелерге арналған механика – классикалық механика делінеді.

Бор – Зоммерфельд теорисы классикалық және кванттық көзқарастың басын жасанды түрде біріктірсе, квант механикасы ешбір қайшылықтары жоқ ұғымдарға негізделген бүтіндей теория. Бұл теория бойынша есептеліп алынатын нәтижелер эксперимент жүзінде толығымен дәлелденіп отыр.

Квант механикасында микробөлшектердің қозғалу заңдарын Шредингер теңдеуі сипаттайды. Шредингер теңдеуін сутек атомының электронына сай етіп жазсақ:

$$-\frac{h^2}{8\pi^2m}\left(\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}\right) + U\psi = E\psi$$

Мұнда координаттардың декарт жүйесінің басын атом ядросымен сай келтіріп алып, сол ядро өрісінде бола алатын кез келген М нүктесінің координаттарын x, y, z деп алған. Теңдеудегі белгісіз шамалар: U - берілген нүктедегі электронның потенциалық энергиясы. Оның мөлшері сол нүктенің ядродан қашықтығына, әрі зарядының шамасына тәуелді. E – электронның толық энергиясы.

Шредингер теңдеуіне кіретін айнымалы шама ψ (пси) – толқындық функция деп аталады. Оның квадратының (ψ)<sup>2</sup> физикалық мағынасы бар: ол

микробөлшектің кеңістіктің белгілі бір жеріндегі болу ықтималдылығының тығыздығын көрсетеді.

Толқындық қасиеті бар электрон ядро маңайында өте шапшаң қозғалып теріс зарядтардың тығыздықтары әр түрлі болатын электрон бұлтын түзеді. Электрон бұлты – атомдағы электронның кванттық механика тұрғысынан қарағанда моделі.

Ядро маңайындағы электрон бұлтының тығыздығы әр түрлі болады. Электрон бұлтының болу мүмкіндігі дәлірек болатын кеңістікте электрон бұлтының тығыздығы да жоғары болады. Сутегі атомында ядродан 0,053 нм қашықтықта электрон көбірек болатындықтан, кеңістіктің осы тұсындағы электрон бұлтының тығыздығы да жоғары болады.

Электрон бұлттары бір – бірінен өздерінің энергия мөлшері, пішіндері және кеңістікте орналасу бағыты арқылы ажыратылады.

Осындай электрон бұлтының энергия мөлшерін, пішінін, кеңістікте орналасу бағытын көрсететін модельді атомдық электрондық орбиталь деп атайды.

Квант сандары. Әр элементтің атомы өзіне тән ядро зарядымен сипатталады, ал ол электрондар энергетикалық деңгейлер мен деңгейшелерде орналасады. Бұл электрон микробөлшектер болғандықтан, олардың күйін төрт квант сандарының мәндері сипаттайды.

Бас квант саны  $n$ . Электронның мүмкін болатын арақашықтығын, яғни электрон бұлтының орташа көлемін және электрон энергиясын анықтайды. Белгілі бір квант санының мәніне сәйкес келетін электрондардың саны атомда электрондық деңгей түзеді, ал электрондар орналасқан деңгейді электрондық қабат дейді.

Бас квант санының мәндері бірден басталатын бүтін сандармен, ал бұларға сәйкес келетін электрондық деңгейлер немесе қабаттар латынша бас әріптермен көрсетіледі.

Бас квант саны	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7 ...
Энергетикалық деңгей немесе қабат	K,	L,	M,	N,	O,	P,	Q ...

Бас квант санының мәні, энергетикалық деңгейдің нөмірін көрсетеді. Электронның энергиясы оның ядродан қашықтығына байланысты болады. Сондықтан электрон ядроға жақын жатса, энергиясы да көбейе береді. Сол себепті бас квант санының мәні өскен сайын оның энергиясы артады. Мысалы, бірінші деңгейде орналасқан электрондарға қарағанда бас квант санының мәні  $n = 2$  болатын екінші деңгейде немесе L қабатында орналасқан электрондардың энергиясы көп болады. т. с. с.

Орбиталь квант саны  $l$ . Бас квант санына тәуелді болады және ол электрондардың пішіндерін анықтайды, сондай – ақ электронның энергиясының бас квант санының мәніне сәйкес келетін орта энергиядан айырмашылығын көрсетеді. Орбиталь квант санының 0 – ден 1 – ге дейін болатын бүтін сандармен көрсетілген мәндері болады, ал ол мәндерге латынның кіші әріптерімен бейнелейтін деңгейшелер немесе қабатшалар сәйкес келеді.

$$l \dots 0, \quad 1, \quad 2, \quad 3, \quad \dots \quad (n-1)$$

$$s \quad p \quad d \quad f \quad \dots$$

Бас квант санының мәні қанша болса, оған сәйкес келетін деңгейде электрон бұлттарының пішіні және деңгейде электрон бұлттарының пішіні және деңгейлер сонша болады. Бұл айтылғандарды мына кестеде көруге болады:

Бас және орбиталь квант сандарының арасындағы байланыс және оларға сәйкес келетін деңгейлер мен деңгейшелер

Энергетикалық деңгейлер немесе қабаттар	Бас квант саны	Орбиталь квант саны	Орбитальдар пішіндері саны	n – ге сәйкес келетін деңгейшелер
K	1	0	1	1s
L	2	0, 1	2	2s, 2p
M	3	0, 1, 2,	3	3s, 3p, 3d
N	4	0, 1, 2, 3	4	4s, 4p, 4d, 4f

Бас квантсаны  $n = 1$  сәйкес келетін бірінші деңгейде s деңгейшесі болады, оның электроны ядроны айналғанда  $l = 0$  сәйкес пішіні шар тәрізді электрон бұлтын немесе орбиталь түзеді. Бас квант саны  $n = 2$  сәйкес келетін екінші деңгейде екі деңгейше болады және оларға орбитальдардың екі пішіні сәйкес келеді. Өйткені 2p деңгейшесіндегі электрон ядроны айналғанда шар пішінді электрон бұлты немесе орбиталь, ал 2p деңгейшедегі электрондар гантель пішінді орбитальдар түзеді.

Үшінші деңгейде үш деңгейшелер болады және оларға электрон бұлттарының үш пішіні сәйкес келеді, мұндағы d – деңгейшесіне орналасатын электрондар ядроны айналғанда пішіндері төрт күрделі электрон бұлттарын немесе орбитальдар түзеді.

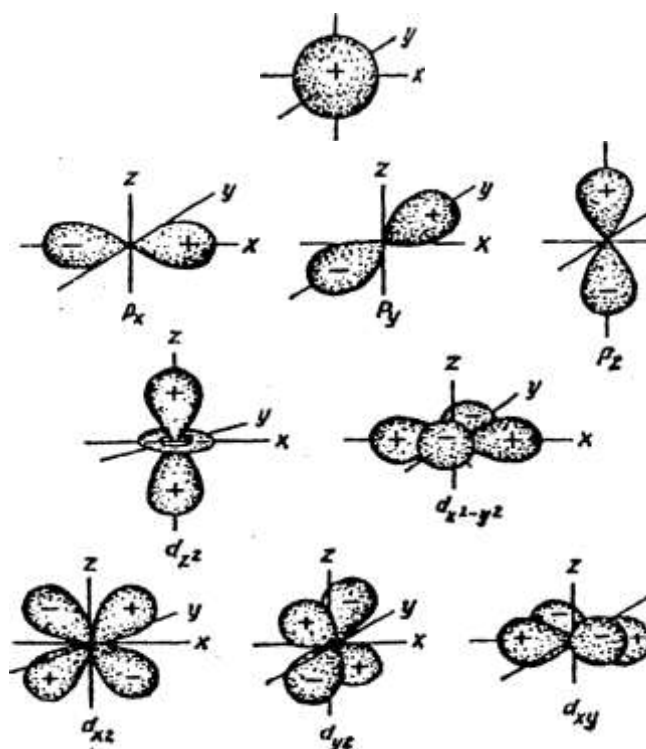
Төртінші деңгейде төрт деңгейше болады, ал олардың электрондары пішіндері төрт түрлі орбитальдар түзеді.

Сонымен қалай деңгейшеге орналасуына байланысты барлық электрондар s – электрондар, p – электрондар, d – электрондар және f – электрондар болып бөлінеді.

Магнит квант саны m электрон бұлттары немесе орбитальдар кеңістікте белгілі бір бағытта орналасады.

Орбитальдардың кеңістікте орналасу бағытын магнит квант саны m анықтайды. (1 – сурет)





1 – сурет s, p, d – орбитальдарының пішіндері және кеңістікте орналасуы

Магнит квант саны орбиталь квант санына тәуелді және оның  $-1, 0, +1$  мен өрнектелетін бүтін сандарға тең мәндері болады. Осыған байланысты магнит квант санының сандық мәні  $m = 2l + 1$  тең. Осы формула арқылы табылған магнит квант санының сандық мәні осы деңгейшедегі немесе қабатшадағы орбитальдар санын және олардың кеңістікте қанша бағытта орналасатынын да көрсетеді.

Орбиталь квант саны мен магнит квант санының арасындағы байланыс және орбитальдар саны

Деңгейшелер	Орбиталь квант санының мәндері	Магнит квант санының мәндері	Деңгейшелердегі орбитальдар саны
S	0	0	1
p	1	-1, 0, +1	3
d	2	-2, -1, 0, +1, +2	5
f	3	-3, -2, 0, +1, +2, +3	7

Орбиталь квант саны  $l = 0$  сәйкес келетін s деңгейшеде шар пішіндес бір бағытта орналасатын бір орбиталь болады. Орбиталь квант саны  $l = 1$  сәйкес келетін p – деңгейшеде пішіндері бірдей (гантель тәрізді) үш орбиталь болады, ал олар үш күйде, яғни кеңістікте үш түрлі бағытта орналасады. Орбиталь квант саны  $l = 2$  магнит квант санының бес мәні сәйкес келеді, оның мәнісі d – деңгейшеде әр түрлі бағытта орналасқан пішіндері төрт күлтелі 5 орбиталь болады деген сөз.  $l = 3$  болғанда оған сәйкес келетін f – деңгейшеде пішіндері бірдей, бірақ әр түрлі бағытта орналасқан 7 орбиталь болады.

Спин квант саны  $m_s$ . Жоғарыда қарастырылған үш квант сандарының мәндері электрон орбиталінің күйін, яғни оның энергия қорын, пішінін және кеңістікте орналасу бағытын анықтайтыны айтылды.

Спин квант саны орбитальды сипаттамайды, ол электронның өз осінен бір бағытта айналатынын көрсетеді. Электрон өз осінен бір бағытта (сағат тіліне бағыттас) немесе оған қарсы бағытта қозғалуы мүмкін. Сондықтан спин квант санының электронның өз осінен қозғалу бағытына сәйкес екі мәні болады, олар  $m = +\frac{1}{2}$  немесе  $m = -\frac{1}{2}$ . Спин квант сандарының мәндеріндегі «+»пен «-» электрон қозғалысының әр түрлі бағыттарын көрсетеді. Электрон спиндерін карама қарсы стрелкамен белгілейді ( $\uparrow\downarrow$ ).

Иондану энергиясы, электрон тарқаштық. Атомдардың электрон қосып алуы да, беріп жіберуі де энергия өзгеруі арқылы жүреді. Атомнан электронды үзуге және оны ядро әсер етпейтін қашықтыққа дейін апаруға жұмсалған энергияны иондану энергиясы (потенциалы) деп атайды. Иондану энергиясы электровольтпен (эВ) немесе килоджоульмен (кДж/моль) өлшенеді.

Элементтер атомдарының иондану энергиялары олардың реттік нөмірлерінің өсуіне байланысты периодты түрде өзгеріп отырады. Әр периодтың басында тұрған сілтілік металдың иондану энергиясының мөлшері аз, ал сол период бойынша элементтердің реттік нөмірлерінің өсуіне сәйкес олардың зарядтарының саны артады және радиустары кішірейіп, электрондардың ядроға тартылу күші артады.

Иондану энергиясының кемуіне байланысты элементтердің металдық қасиеттері артады. Иондану энергиялары ең аз нағыз металдарға жатады.

Атомға бір электрон қосылу нәтижесінде теріс зарядты ион түзілген кезде бөлінетін энергияны электрон тартқыштық (E) деп атайды. Электрон тартқыштық электронвольтпен өлшенеді. Электрон тартқыштық период бойынша солдан оңға қарай артады.

*Микробөлшектердің толқындық және корпускулалық қасиеттеріне мысал келтірейік.*

Корпускулалы – толқындық қасиет басында электромагнитті сәулелердің табиғаты туралы ілімде, яғни электронның стационарлы орбитадағы атом ядросынан алшақтау жатқаннан жақынға ауысу механизмімен байланысты түсіндірілген. Сол кезде сәулелену болып, ал карама қарсы бағыттағы ауысуда фотондардың жұтылуы болады, ал сол жұтылатын энергияның мөлшері Планк теңдеуі арқылы есептелінеді.

1-ші мысал:

$589 \cdot 10^{-9}$  м толқын ұзындығына сәйкес келетін фотонның массасын есептеу керек.

Шешімі:

Фотонның жылдамдығын жарықтың жылдамдығына тең деп қарастырамызда  $c=3 \cdot 10^8$  м/с, ал толқынның ұзындығы  $\lambda=589 \cdot 10^{-9}$  м тең деп фотонның массасын мына  $\lambda=h/mc$  теңдеу арқылы есептейміз

$$m = \frac{h}{\lambda c} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{5,89 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^8} = 3,75 \cdot 10^{-36} \text{ кг.}$$

2-ші мысал:

Кальций атомындағы электронды қоздыратын энергияның мәнін электронвольтпен есепте, егерде оның жұбы  $6573 \cdot 10^{-10}$  м толқын ұзындығындағы фотонды жұтса?

Шешімі:

Электронның қозу энергиясы жұтылатын фотонның энергиясына тең болады.

$$E = h \cdot \nu = \frac{h}{\lambda c} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{6573 \cdot 10^{-10}} = 3,024 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Анықтамаларда 1 Дж-дың  $0,624 \cdot 10^{19}$  тең екенін тауып  $3,024 \cdot 10^{-19} \cdot 0,624 \cdot 10^{19} = 1,887$  эВ.

Есептер:

1. Қарама-қарсы ауысу кезіндегі жұтылатын квант жарығының ұзындығы  $1216 \cdot 10^{-10}$  метрге тең болған жағдайда 1s орбиталдан 2p орбиталға ауысу кезіндегі сутегі атомы электронының қозу энергиясын эВ-пен есепте?

2. Толқын ұзындығы  $6563 \cdot 10^{-10}$  м болатын Бальмер сериясы сызығына сәйкес келетін фотонның массасын тап?

3.  $6 \cdot 10^{-10}$  м/с жылдамдықпен қозғалатын, массасы  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг болатын электронға сәйкес келетін де Бройл толқынының ұзындығын тап?

#### 4. Д.И. Менделеевтің периодтық жүйесі

Д. И. Менделеевтің периодтық жүйесі 100 – ден аса элементтердің, олардың миллионнан аса қосылыстарының, он миллионнан аса қасиеттерінің арасындағы ұқсастық пен айырмашылықтарды көрсетіп тұратын ерекше математикалық категория, ал осындай ой жетпейтін өзара байланыстылықты математикалық теңдеулермен көрсету мүмкін емес.

Периодтық жүйе әрбір элементті жеке қараумен бірге барлық элементтердің арасындағы терең ішкі байланыстарын көрсетеді.

Қазіргі кезде периодтық жүйенің көптеген нұсқалары бар. Солардың ішінде әсіресе екі түрі: қысқа периодты және ұзын периодты деп аталатын түрлері жиі қолданылады. Олар кітаптың бірінші және соңғы форзацтарында келтірілген.

Периодтық жүйе элементтердің реттік нөмірі оның ядросындағы оң зарядтардың және оны айналып жүретін электрондардың санын көрсетеді. Мысалы, № 101 элементтің ядросында 101 оң заряд бар, оны 101 электрон айналып жүреді.

Элементтер қасиеттерінің периодтық өзгеруіне сәйкес периодтық жүйеде горизонталь бағытта орналасқан 7 период бар.

Период деп сілтілік металдан басталып, инертті газбен аяқталатын элементтер тобын айтады. Ұзын периодты жүйеде әрбір период бір қатарға

орналасқан, алқысқа периодты жүйеде 1, 2, 3 периодтар бір қатардан, 4, 5, 6 периодтардың әрқайсысы екі қатардан тұрады. Ал 7 период әлі аяқталмаған. Лантаноидтар мен актиноидтар деп аталатын әрқайсысы 14 элементтен тұратын элементтер қатары кестеден тыс оның төменгі жағына орналасқан.

Периодтың нөмірі осы периодта орналасқан элементтер атомдарының қалыпты электрондары орналасатын қабаттардың санын көрсетеді.

Әрбір периодта солдан оңға қарай элементтердің реттік нөмірлерінің өсуіне байланысты олардың металдық қасиеттері кеміп, бейметалдық қасиеттері артады. Оның себебі атом құрылысы тұрғысынан қарағанда бір периодтағы элементтердің электрондық қабаттарының саны өзгермейді, ал ядро зарядтарының саны біртіндеп арта береді де сыртқы валенттік электрондардың ядроға тартылу күшейеді. Осының нәтижесінде элементтердің радиустары кішірейіп, электрон беру қабілеті азаяды, яғни металдық қасиеттері кемиді де, бейметалдық қасиеттері артады.

Қысқа периодты жүйе жеті периодтар, ал бұлар 10 қатардан тұрады. Алғашқы үш периодтың әрқайсысы бір қатардан тұрады және оларды кіші периодтар деп атайды. Бірінші период екі элементтен (сутегі мен гелий), ал 2 және 3 периодтың әрқайсысы 8 элементтен тұрады. Кіші периодтарда элементтердің қасиеттері заңды түрде сілтілік металдан инертті газдарға дейін өзгереді. 4, 5, 6, 7 периодтар үлкен периодтар деп аталады және әрқайсысы 2 қатардан тұрады. 7 период әлі аяқталмаған. 4 және 5 периодтың әрқайсысы 18 элементтен тұрады, 6 период кестенің төменгі жағына орналасқан лантаноидты қоса есептегенде 32 элементтен, ал 7 период кестеден тыс орналасқан актиноидты қосқанда шамамен 19 элементтен тұрады.

Кіші периодтарда элементтердің қасиеттері біртіндеп өзгертін болса, әрбір үлкен период ішінде элементтердің қасиеттері екі рет периодты түрде өзгереді. Мысалы, әр периодта элементтердің оксидтеріндегі жоғары валенттіктері периодтың басынан ортасына дейін біртіндеп өсіп шегіне жетеді, содан кейін қайтадан 1 – ден 7 – ге дейін өседі.

Периодты жүйенің ұзын пішінді кестесінде негізгі топшалар бір – бірінен бөлініп әрқайсысы жеке топтар түрінде орналасқан. Қысқа пішінді кестеде бір топқа жататын негізгі және қосымша топша элементтерінің ұқсастығын көрсету үшін олардың нөмірлері бірдей, ал индекстері әр түрлі болады (мысалы IA – негізгі, IB – қосымша). Сонымен қатар ұзын формалы периодтық жүйеде лантаноидтар мен актиноидтар кестенің құрамына кіреді.

Д. И. Менделеевтің қысқа пішінді периодтық жүйесі вертикаль бағытта орналасқан сегіз топтан тұрады. Әрбір топ негізгі және қосымша топшаға бөлінеді. Бір топтағы негізгі және қосымша топша элементтерінің оттекті қосылыстарындағы ең жоғарғы валенттілігі сол топтың нөміріне сәйкес.

Әрбір топтағы бір топшаға орналасқан элементтердің қасиеттері өзара ұқсас болады. Әрбір негізгі топшада жоғарыдан төмен қарай металдық қасиет күшейіп, бейметалдық қасиет азаяды, өйткені осы бағытта олардың атомдарының радиустары артып, тотықсыздандырғыштық қабілеті артады.

Мысалы, төртінші негізгі топшадағы көміртегі бейметалл, ал қорғасын нағыз металл.

Периодтық жүйе және оның атом құрылысымен байланысы. Периодтық заңда анық көрінген химиялық элементтердің атомдарының арасындағы байланыс, тәуелділік осы атомдардың бәріне ортақ бір негіз бар шығар, осы атомдарда бір тектестік болуы мүмкін деген ой туғызды.

Элементтердің атомдарының қасиеттері период сайын қайталайтындығы, ол атом құрылымында да бір ұқсастықтардың қайталайтындығын көрсетті.

1897 жылы ағылшын ғалымы Дж. Томсон электронды ашты, ал 1909 жылы Р. Малликен оның зарядын анықтады, ол  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Электронның массасы  $9,11 \cdot 10^{-28}$  г. Осылайша атомның күрделі бөлшек екені дәлелденді.

Атом құрылысының ядролық теориясы. Атомның эксперимент қорытындысынан шығарылған ең алғаш моделін 1911 жылы ағылшын ғалымы Эрнест Резерфорд ұсынды.

Бұл уақытқа дейінгі эксперименттер нәтижесінде зат ішінен, атомнан, электрондар бөлініп шығатындығы анық болды, олай болса, атомның ішінде оларды нейтралдайтын оң зарядтар да болу керек.

Резерфорд өз тәжірибелерінде бір шоқ  $\alpha$  – бөлшектерін жұқа металға бағыттап жібергенде, олардың басым көпшілігі жұқа металдан өтіп, түзу бағытта жүретінін экраннан көрген. Сонымен қатар  $\alpha$  – бөлшектерінің біразы әуелдегі бағытынан ауытқып, әр түрлі бұрыш түзіп бұрылғанын байқады. Сирек жағдайда жеке  $\alpha$  – бөлшектерінің кері қайтқандығы байқалды.  $\alpha$  – бөлшектерінің кері қайтуы атомның ішіндегі бір жерге жиналған оң зарядталған бөлшектердің болуына байланысты.

Осы тәжірибеге сүйеніп Резерфорд атомның ядролық моделін ұсынды. Модель бойынша оң зарядтардың барлығы атомның орталығында ядро жиналған, оны айналып электрондар жүреді. Ядроның оң заряды мен электрон саны тең, сондықтан атом бейтарап бөлшек болады.

Дат ғалымы Нильс Бор Резерфордтың ядролық теориясының кемшіліктерін көрсетті. Классикалық электродинамикада ядроны айналып қозғалған электрон үздіксіз сәуле шығарудың нәтижесінде өз энергиясын бірте – бірте азайтып, ақырында ядроға құлап түсуі қажет те, атом жойылуы керек.

Нильс Бор 1913 жылы ядролық модельге квант теориясын қолданып, атом құрылысының жаңа теориясын ұсынды. Бұл теория спектр құбылыстарын түсіндірумен қабат, жалпы электрон қауыздары жайындағы білімді ілгері дамытты.

Бор теориясының негізгі, оның 3 жорамалы немесе постулаты:

1. Электрон ядроны айналғанда, кез келген емес, квант, теориясынан шығатын кесімді шарттарға сай орбиталар бойымен ғана жүреді. Ол орбиталар орнықты яғни квантталған орбита деп аталады.

2. Электрон өзіне мүмкін квантталған орбитамен айналғанда энергия шығармайды.

3. Электрон бір орбитадан басқа орбитаға көшкенде ғана энергия бөлініп шығады (сіңіріледі). Бұл энергия бүтін квант түрінде болады.

Көп электронды атомдар. Көп электронды атомдар үшін әрбір электронның жағдайын сипаттайтын 4 квант саны болады. Неғұрлым атомда электрон көп болған сайын энергияның мөлшеріне  $n$  санымен қатар  $l$  – дiң әсері арта бастайды.

Көп электронды атомдағы деңгейшелердің энергетикалық сипаттамасы мынадай заңдылыққа бағынады:  $ns; (n - 1) d; (n - 2) f$  деңгейшелері өзара шамалас, әрі олардың энергиясы  $np -$  мен салыстырғанда әрқашанда аздау болып келеді. Бойындағы энергиясының артуы бойынша орналастырсақ энергетикалық деңгейшелердің қатары мынадай болып шығады:  $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p < 6s \approx 5d \approx 4f < 6p < 7s \approx 6d \approx 5f < 7p$

Бұл заңдылықты Клечковский былай тұжырымдады:

Клечковскийдің бірінші ережесі. Элемент атомының электрондары оның энергетикалық деңгейлері мен деңгейшелерінде бас және орбиталь квант сандары қосындысының  $(n + l)$  өсуі ретімен орналасады.

Клечковскийдің екінші ережесі. Егер екі деңгейше үшін бас және орбиталь сандарының қосындысы  $(n + l)$  бірдей болса, онда электрон алдымен  $l$  – дiң мәні кіші  $n -$  нің мәні үлкен деңгейшеде, одан соң  $n -$  нің мәні үлкен  $l -$  дiң мәні кіші деңгейшеде орналасады.

Паули принципі. Күрделі атомдардың орбитальдарын электрондармен толтыру үшін орбитальдардың әрқайсысында бола алатын электрондар санын анықтап алу қажет. Ол үшін 4 квант санын өзара комбинациялайдың жолын білу керек.

Швецария физигі В. Паули 1925 жылы элементтердің периодтық жүйедегі орнына қарап және спектрлерін анализдей отырып, квант сандарын электронның реалды күйін сипаттай алатындай етіп, комбинациялаудың жалпы принципін ұсынған. Паули бұл тыйым салу деп аталған принципі бойынша бір атомның ішінде барлық жағынан ұқсас екі электрон болуы мүмкін емес, яғни атомдағы 2 электронның 4 квант санының төртеуі де бірдей бола алмайды. Атомдағы әрбір электронның басқалардан гөрі ең кемінде бір квант саны өзгеше болуы керек.

Паули принципін пайдалана отырып алғашқы екі квант қабатында бола алатын электрондардың санын табайық:

$n = 1, l = 0$  десек, ондағы электрондардың тек спиндері ғана өзгеше болады:

	$n$	$l$	$m$	$s$
1 – электрон:	1	0	0	$+\frac{1}{2}$
2- электрон:	1	0	0	$-\frac{1}{2}$

Мұнда үшінші электрон болуы мүмкін емес, егер болған жағдайда онда Паули принципін бұзып, үшінші электрон алғашқы екеуінің біреуіне ұқсап кетер еді.  $n = 2$  болғанда біріне бірі ұқсамайтын 8 электрон бола алады.

Бір квант қабатындағы бірдей орбитальдарды электрондармен толтыру үшін Гунд ережесін білу керек. Гунд ережесі бойынша берілген қабатшадағы электрондардың спин сандарының қосындысы максималь болуы шарт.

Элементтердің атомдық және иондық радиустар. Электрондардың толқындық қасиеттеріне байланысты атомдар мен иондардың нақты шегі болмайды. Элементтер атомдарының радиустары неғұрлым үлкен болса, оның сыртқы валенттік электрондары ядроға әлсіз тартылып оңай үзіліп кетеді, керісінше, элементтер атомдарының радиустары неғұрлым кіші болса, электрондар ядроға күшті тартылып тұрады.

Периодтарда солдан оңға қарай элементтердің радиустарының кішіреюіне байланысты олардың металдық қасиеттері азайып, бейметалдық қасиеттері артады.

Топшалар бойынша элементтердің ядро зарядының өсуіне байланысты олардың радиустары үлкейеді, өйткені жоғарыдан төмен қарай электрондық қабаттардың саны артады.

Элемент ионының радиусы оның атомының радиусынан өзгеше болады. Өйткені атом электрондарын беріп жіберуінен түзілген оң ионның радиусы кіші болады да, атом электронды қосып алудың нәтижесінде түзілген теріс ионның радиусы атом радиусынан үлкен болады.

Периодтық заң бейорганикалық химияның негізі, оның философиялық мәні.

Менделеевтің бұл жұмысының философиялық маңызы зор, мұнда сан өзгергенмен сапаның өзгеретіндігі, химиялық элементтердің қарама – қарсы қасиеттерінің бірігуі сияқты ірі философиялық мәселелер көтеріледі.

Д. И. Менделеевтің периодтық заңы химияда болатын сан алуан процестер менқұбылыстарды сипаттауда бірден – бір бұлжымайтын, әрі кең көлемді қамтитын заң. Сондықтан химия ғылымында дүниеге келетін көптеген жаңалықтардың өміршеңдігі олардың заңдылыққа қанша сай келетінімен анықталады.

Периодтық заң химия ғылымында ашылған және болашақта ашылатын шексіз мәліметтерді бір жүйеге келтіретін, әрі олардың басын біріктіретін толып жатқан заңдылықтар мен топшылауларды тудыратын бірден – бір негіздік. Бірақ, оның маңызы бір химиямен шектелмейді, ол бүкіл табиғаттың, табиғи ғылымдардың ортақ заңы. Қорыта айтқанда, периодтық заң уақыт өткен сайын құндылығы артып, адамзат игілігіне қызмет ете бермек.

*Атомдардың электрондық және электронды кескіндік формулаларына мысал келтірейік.*

Атомдағы электронның энергетикалық күйін сипаттау үшін кванттық механикада төрт кванттық сан жүйесі қолданылады. Төрт кванттық сан жүйесі орналасқан деңгейі мен деңгейшесіне байланысты атомдағы электронның мүмкін болатын күйлерінің санын анықтауға жол ашады. Келесі кесте Паули принципі негізінде жасалған.

Деңгейлері мен деңгейшелері бойынша электрондардың күйлерінің саны және олардың максималды сымдылығы

Период	n	l	m	m <sub>s</sub>	Деңгейшелердегі электрондардың күйлерінің саны	Деңгейшенің сымдылығы және оны белгілеу	Күйдің жалпы саны	Периодтағы элементтер саны	Элемент атомдарының деңгейлері мен деңгейшелерінің электрондармен толтырылу жолы
1	1	0	0	+1/2 және -1/2	2	2, 1s <sup>2</sup>	2	2	H –тен He дейін 1s деңгейше толтырылады
2	2	0	0	+1/2 және -1/2	2	2, 2s <sup>2</sup>	8	8	Li –ден Ne дейін 2s деңгейше, сосын 2p толтырылады
		1	-1,0,1	+1/2 және -1/2	6	6, 2p <sup>6</sup>			
3	3	0	0	+1/2 және -1/2	2	2, 3s <sup>2</sup>	18	8	Na –дан Ar дейін 3s деңгейше, сосын 3p толтырылады. Толтырылмаған 3d деңгейше қалады
		1	-1,0,1	+1/2 және -1/2	6	6, 3p <sup>6</sup>			
		2	-2,-1,0,1,2	+1/2 және -1/2	10	10, 3d <sup>10</sup>			
4	4	0	0	+1/2 және -1/2	2	2, 4s <sup>2</sup>	32	18	K –данн Kr дейін 4s, 3d, 4p деңгейшелері біртіндеп толтырылады. 4d және 4f деңгейшелері толтырылмай қалады.
		1	-1,0,1	+1/2 және -1/2	6	6, 4p <sup>6</sup>			
		2	-2,-1,0,1,2	+1/2 және -1/2	10	10, 4d <sup>10</sup>			
		3	-3,-2,-1,0,1,2,3	+1/2 және -1/2	14	14, 4f <sup>14</sup>			
5	5	0	0	+1/2 және -1/2	2	2, 5s <sup>2</sup>	50	18	Rb –ден Xe дейін 5s, 4d, 5p деңгейшелері біртіндеп толтырылады. деңгейше толтырылады 5d, 4f, 5d,5f және 5q деңгейшелері толтырылмай қалады.
		1	-1,0,1	+1/2 және -1/2	6	6, 5p <sup>6</sup>			
		2	-2,-1,0,1,2	+1/2 және -1/2	10	10, 5d <sup>10</sup>			
		3	-3,-2,-1,0,1,2,3	+1/2 және -1/2	14	14, 5f <sup>14</sup>			

1-ші мысал:

Егерде бас квант саны мен орбитал квант сандарының қосындысы n+l сәйкес 4-ке және 5-ке тең болған жағдайда элемент атомдары деңгейшелерінің электронмен толтырылуын анықтаңыз.

Шешімі:

Әр жағдайға мүмкін болатын мәндерін жазамыз:

$$\begin{array}{ll} \underline{n + l = 4} & \underline{n + l = 5} \\ n = 3; n = 4 & n = 3; n = 4; n = 5 \\ l = 1; l = 0 & l = 2; l = 1; l = 0 \end{array}$$

Деңгейшелердің толтырылуы былай болады 3p → 4s      3d → 3p → 4s.

4s пен 3d орбиталдары энергияларының айырмашылығы салыстырмалы түрде көп емес екенінің арқасында 4s → 3d толтырылуы бұзылуы мүмкін (хром мен мыстағыдай). Энергетикалық күйдің айырмашылығы 5s пен 4d жағдайында (молибден, рутений, поладий, күмістегідей) және ерекше 5d мен 4f жағдайларында (лантаноидтардағыдай) оданда аз болатын сияқты.



*Есептер:*

1. Периодтық жүйедегі екінші және үшінші периодтардың элементтер атодарының электрондық формуласын жазыңдар. Қайсысы s-, ал қайсысы p-элементтерге жатады?

2. Реттік нөмірлері 37, 43, 48, 52 және 54 болатын бесінші периодтың элементтер атомының электрондық формуласын жазып олардың қандай элементтер тобына (семейство) жататынын анықтаңдар?

3. Деңгейшеде бір электроннан орналасқан элементтерді ата: а) 3d; б) 4d; в) 5d. Осы элемент атодарының электрондық формуласын жазып, олардың периодтық жүйедегі орынын, яғни периодын, тобын және топшасын көрсет?

4. Атомдарында жұптаспаған d-электрондары көптеу 4-ші периодтың элементтерін ата. Олардың d деңгейшелерінің электронды- кескінді құрылысын жаз.

5. SF<sub>6</sub> қосылысын түзетін күйдегі күкірт атомының электронды- кескінді құрылысын жаз.

## 5. Коваленттік байланыс

Химиялық байланыстың табиғаты – химияның ең негізгі мәселелерінің бірі. Мұндағы негізгі сұрақ не себептен атомдар бірігіп молекула түзеді? Атомдарды байланыстыратын күштің табиғаты қандай?

1852 жылы ағылшын ғалымы Франкланд химияға атомдылық деген түсінік енгізді. Көп кешікпей бұл түсінік валенттік деп аталды. Химияға валенттік туралы ұғымның енуі химияның ары қарай дамуына үлкен әсерін тигізді.

1861 жылы орыстың ұлы ғалымы А. Н. Бутлеров заттардың құрылыс теориясын ұсынды. Химиялық құрылыс теориясы органикалық химия курсына қарастырылады. Біз бұл теорияның негізгі қағидаларына ғана тоқталып кетеміз.

1. Қай заттың болмасын молекуласындағы атомдар бірімен-бірі белгілі ретпен қосылысқан.

2. Молекуланың құрамындағы атомдар өзді-өзі тікелей не болмаса басқа атом арқылы қосылысса да біріне-бірі әсер етеді.

3. Заттың қасиеті молекуладағы атомдардың қосылысу ретіне және олардың біріне-бірінің әсеріне, яғни «химиялық құрылысына» тәуелді.

4. Заттың химиялық қасиеттеріне сүйене отырып, оның молекуласының құрылысын анықтауға болады, керісінше, формуласы бойынша оның қасиеттерін болжауға болады.

Бутлеровтың құрылыс теориясы химиялық қосылыстардың сан түрлілігін және изомерия құбылыстарын түсіндіріп, молекуланың құрылысы туралы ілімнің негізі болып табылады.

Бутлеровтың құрылыс теориясын әрмен қарай Голландия ғалымы Вант-Гофф пен Франция ғалымы Ле-Бель дамытты. Олар 1874 жылы көміртек атомының валенттіктері тетраэдрдің төбелеріне бағытталған деген болжам

айтты. Вант-Гофф пен Франция ғалымы Ле-Бель пікірі бойынша, егер көміртек атомын тетраэдрдің центрінде орналасқан деп есептесе, оның валенттіктері тетраэдрдің төбелеріне қарай бағыттталып, бірімен-бірі  $109,5^\circ$  бұрыш жасап тұрады.

Кейінірек органикалық молекулалардың құрылысы физикалық әдістермен зерттеліп, Вант-Гофф пен Ле-Бель постулатының дұрыстығын айқындаған. Сонымен, XIX ғасырдың аяғында валенттік күштерінің белгілі бір бағыты болатыны ашылды.

Бутлеров пен Вант-Гофф, Ле-Бель еңбектері заттар молекуласының құрылысын танып білуге үлкен көмегін тигізді. Бірақ осыған қарамастан XIX ғасырда атомдардың молекулаға бірігу себебі және валенттіктің мазмұны әлі де белгісіз болып қала берді. Бұл сұрақтарға жауап тек XX ғасырда атом құрылысы анықталғаннан кейін барып табылды. Қазіргі кездегі ұғымдар бойынша химиялық байланыс атомдардың сыртқы электрондық қабаттарының әсерлесуі нәтижесінде пайда болады демек, атомдарды байланыстыратын күштердің электрлік табиғаты бар деп есептеледі.

Химиялық байланыстың үш түрі бар: коваленттік, иондық және металдық байланыс. Бұлардың ішіндегі ең жиі кездесетіні және ең негізгісі – коваленттік байланыс.

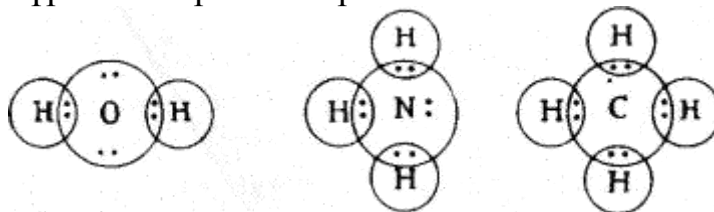
Коваленттік байланыс. 1916 жылы американ ғалымы Льюис химиялық байланыстың электрондық теориясын ұсынды. Бұл теория бойынша екі атом бірімен-бірі екеуіне де ортақ электрон жұбы арқылы байланысады. Льюис теориясы қысқаша былай тұжырымдалады.

1. Сыртқы қабатында 2 немесе 8 электроны бар инертті газдар химиялық жағынан өте инертті демек, мұндай газдардың электрондық қабаты өте тұрақты. Атомдар молекула құрып біріккенде ортақ электрон жұбын құру арқылы өздерінің сыртқы қабаттарын инертті газдардікіндей етуге тырысады.

2. Химиялық байланыс әсерлесуші атомдардың екеуіне де ортақ электрон жұбы арқылы жасалады. Бір электрон жұбын түзу үшін әр атом бір-бір электроннан жұмсайды.

Бір немесе бірнеше электрон жұптары арқылы түзілетін химиялық байланыс коваленттік байланыс деп аталады.

Төменгі схемада Льюис теориясы бойынша су, аммиак және метан молекулаларының құрылыстары келтірілген.



Су молекуласындағы оттегі атомы сегіз электрондық, қабатпен, ал сутек атомдары инертті газ гелий атомы тәрізді екі электрондық, қабатпен қоршалған. Аммиак, және метан молекулаларының құрамындағы сутек атомдары да екі электрондық қабатпен қоршалған.

Оттегі — екі валентті элемент, ортақ электрон жұбын түзуге екі электронын жұмсайды. Сутек — бір валентті элемент, ортақ электрон жұбын түзуге бір

электрон жұмсайды. Демек, Льюис теориясы бойынша атомның, валенттігі ортақ электрон жұп түзуге берген электрон санымен анықталады.

Льюис теориясы жарық көрген кезде электронның, толқындық қасиеттері әлі белгісіз болатын. Электронның, екі жақтылығы кванттық механикада ескеріледі. Сондықтан химиялық байланыстың, қазіргі кездегі теориясы кванттық механикаға негізделген, олар валенттік теориясы деп те аталады.

Кез келген валенттілік теориясы мынадай мәселелерді түсіндіре білуі қажет:

1. Не себептен атомдар молекула түзеді? Атомдарды байланыстыратын күштердің табиғаты қандай?

2. Неліктен атомдар белгілі бір қатынас бойынша ғана қосылысады? Мысалы, көміртек пен сутек  $\text{CH}_4$  молекуласын түзіп, ал  $\text{CH}_5$  не болмаса  $\text{CH}_6$  деген молекулаларды түзбейді? Бұл сұрақты басқаша былай қоюға да болады: валенттік күштерінің қанығу себебі неде?

3. Молекуланың, кеңістіктегі пішіні қандай? Мысалы, не себептен  $\text{CO}_2$  молекуласының құрылысы түзу сызықты, ал  $\text{H}_2\text{O}$  молекуласының, құрылысы бұрышты болып келеді?

Льюис теориясы аталған мәселелерді толық түсіндіре алмады. Бұл сұрақтар кванттық механика пайда болғаннан кейін барып шешілді. Қазіргі кезде коваленттік байланысты кванттық механика тұрғысынан қарастыратын екі әдіс (теория) бар: валенттік байланыс (ВБ) және молекулалық, орбитальдар (МО) әдістері. Валенттік байланыс теориясын 1927 жылы неміс ғалымдары Гайтлер мен Лондан ұсынып, одан әрі 1930 жылдары америкалық ғалымдары Слэтар мен Полинг дамытты. Молекулалық орбитальдар әдісін ұсынып және оны дамытуда Гунд (Германия) пен Маликен (АҚШ) еңбектерінің мәні үлкен болды.

Атомдардың электрон бұлттары әрекеттесіп, бір – бірімен қаптасуы нәтижесінде түзілген молекулалық электрон бұлты екі атомға да ортақ болатын химиялық байланысты коваленттік байланыс деп атайды.

Полюссіз коваленттік байланыс бірдей атомдардың арасында түзіледі. Полюссіз коваленттік байланыс әр түрлі атомдардың арасында түзіледі. Электрон бұлтының электр терістігі басым атомға ығысуы поляризация деп аталады. Полюсті молекулаларды таңбалары қарама – қарсы, бірақ шамалары бірдей, бірінен – бірі белгілі қашықтықта орналасқан зарядтардан ( $+\delta$  және  $-\delta$ ) құралған диполь деп қарастыруға болады.

Зарядтардың арақашықтығы диполь ұзындығы деп аталады. Молекуланың полюстігі оның диполь моментімен сипатталады. Молекуланың диполь моменті  $\mu$  диполь ұзындығы  $l$  мен заряд шамасы  $\delta$  көбейтіндісіне тең.

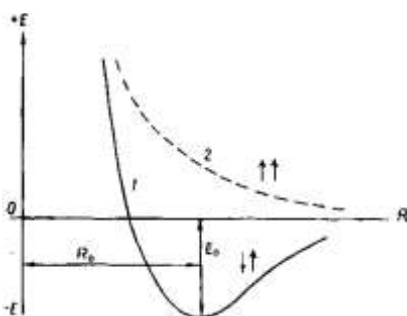
$$\mu = l \cdot \delta$$

Валенттік байланыс әдісі. Атомдар молекула түзгенде энергия ұтымды болады демек, молекула атомдарға қарағанда тұрақты жүйе. Мысалы, сутек атомдары молекулаға біріккенде 431,9 кДж/моль энергия бөліп шығарады.

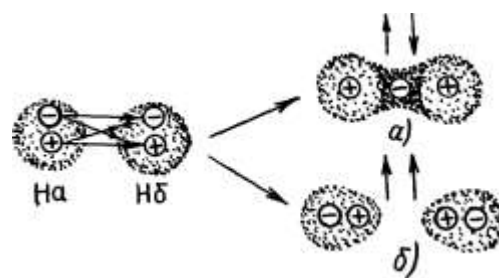


Энергия ұтымы не себептен және қандай жағдайларда болады. Бұл мәселені сутек атомдарының молекуласын түзу мысалынан қарастырамыз.

Сутек атомының жалғыз  $s$  – электроны бар,  $1s^1$  – электрон бұлтының пішіні шар тәрізді. Сутек екі атомы біріне – бірі жақындағанда олардың арасында екі түрлі электростатикалық күштер туады: тартылу және тебілу күштері (3 – сурет). Бір атомның электрон бұлты екінші атомның ядросына тартылады. Біздің мысалымызда  $H_a$  атомының электрон бұлты  $H_b$  атомының ядросына және керісінше,  $H_b$  атомының электрон бұлты  $H_a$  атомының ядросына тартылады.  $H_a$  және  $H_b$  атомдарының ядролары тебіседі, дәл сол сияқты олардың электрон бұлттары да бірін – бірі тебеді.



2 – сурет. Молекуладағы потенциалдық энергияның өзгеруі



3 – сурет. Сутек атомдарының әсерлесуі

Валенттік Байланыс (ВБ) әдісі бойынша сутек атомдары жақындағанда тартылысу және текбісу күштерінің қалай өзгертетінін есептеп, жүйенің потенциалдық энергия қисығын салуға болады. Осындай есептеудің нәтижесінде мына жағдай анықталды. Электрондардың спиндері қарама – қарсы сутек атомдары жақындағанда, жүйенің потенциалдық энергия қисығында минимум пайда болады (2 – сурет). Бұл жағдай сутек атомдарының өзара қосылып, молекула түзгенін көрсетеді. Электрондарының спиндері параллель сутек атомдары жақындағанда тебісу күштері тартылысу күштерінен басым болып, жүйенің потенциалдық энергиясы атомдар жақындаған сайын үздіксіз өседі (2 – сурет. 2 – қисық). Бұл жағдайда спиндері параллель сутек атомдарының молекула құрап бірікпейтінін көрсетеді.

Спиндері антипараллель атомдар жақындағанда ядролар арасындағы кеңістікте электрон бұлтының тығыздығы артады, электрон бұлттары өзара бүркеседі (3а – сурет). Электрон бұлттарының өзара бүркесуінен ядролар арасындағы кеңістік тығыз электрон зонасы пайда болады. Оң зарядталған ядролар осы теріс зарядты зонаға тартылып, тұрақты жүйе сутек молекуласы түзіледі.

Электрондар спиндері параллель атомдар жақындағанда ядролар арасындағы кеңістіктегі электрон бұлтының тығыздығы нөлге жуық, бұл жағдайда электрон бұлттары бүркеспей керісінше тебіседі (3б – сурет). Сол себепті химиялық байланыс түзілмейді.

Коваленттік байланыстың беріктігі электрон бұлттарының бүркесу дәрежесіне тәуелді. Орбитальдар неғұрлым жақсы бүркессе, байланыс соғұрлым берік болады. Байланыстың беріктігі байланыс энергиясының

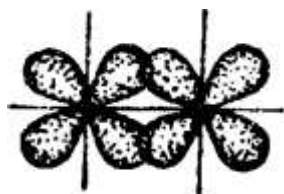
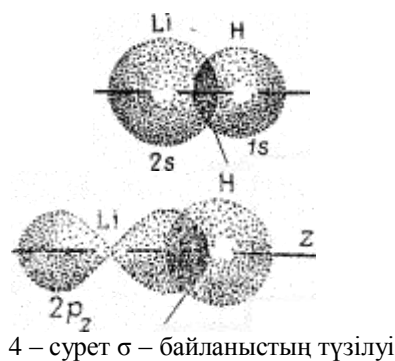
шамасымен сипатталады. Байланыс энергиясы деп байланысты үзуге жұмсалатын энергия шамасын айтады. Байланысты сипаттайтын келесі маңызды шама – байланыс ұзындығы. Байланыс ұзындығы деп байланысқан атомдардың ядроларының арақашықтығын айтады. Байланысқан атомдардың ядроларын жалғастыратын түзулердің арасындағы бұрыш валенттік бұрыш деп аталады.

Молекуладағы потенциалдық энергияның өзгеруі. Атомдар біріне-бірі жақындасқанда олардың, энергиясы бастапқы энергиямен салыстырғанда қалай өзгеретінін қарастырайық. Бұл өзгерістерді график түрінде өрнектеген қолайлы. Ол үшін ординаталар осінің бойына энергияның, Мәндерін, ал абциссалар осінің бойына жақындасушы атомдардың ядроларының, арақашықтығын саламыз. 2 – суретте сутек молекуласының потенциалдық энергиясының қисығы келтірілген. Энергияның нөлдік мәні есебіне өзара әсерлеспейтін, бірінен-бірі алшақ жатқан сутек атомдарының энергиясы алынған, яғни  $E_{\text{Ha}} + E_{\text{Hб}}$  шартты түрде нөлге баланған. Энергияның, оң мәндері атомдардың өзара тебісетінін, ал теріс мәндері атомдардың өзара тартылысатынын көрсетеді.

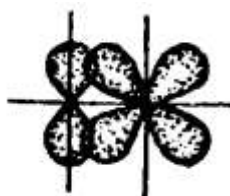
Сутек атомдары жақындай түсіп, белгілі бір аралыққа келгенде біріне-бірі тартылыса бастайды. Соның салдарынан, системаның энергиясы белгілі бір  $E_0$  мәніне дейін төмендейді. Атомдарды әрмен қарай жақындастыратын болсақ, тебісу күштері тартылысу күштерінен басым болып, жүйенің потенциалдық энергиясы күрт өсе бастайды. Демек, жүйенің потенциалдық энергиясының ядролар арақашықтарына тәуелділігін сипаттайтын қисықта минимум шығады. Минимум жеке атомдарға қарағанда энергиясы азайған тұрақты жүйе сутек молекуласының түзілгенін көрсетеді. Минимумге сәйкес келетін энергияның абсолют шамасы ( $E_0$ ) молекуланы қайтадан атомдарға ыдырату үшін жұмсалатын энергияның мөлшерін, яғни түзілген байланыстың энергиясының шамасын көрсетеді,  $E_0 = |E_0|$  мұндағы  $E_0$  — химиялық байланыстың энергиясы. Минимумге сәйкес келетін арақашықтық ( $R_0$ ) ядролардың тепе-теңік арақашықтығы деп аталады.  $R_0$  түзілген байланыстың ұзындығын көрсетеді. Сутек молекуласының тәжірибе жүзінде анықталған байланыс энергиясы  $E = 431,9$  кДж/моль, ал байланыс ұзындығы  $R = 0,074$  нм.

Ковалентті байланыстардың бағыты. Элементтер атомдарының электрон бұлттарының формалары әр түрлі болғандықтан және олар кеңістікте алуан түрлі бағытта орналасқандықтан, олар бір – бірімен түрліше тәсілдермен әрекеттесіп молекулалық электрон бұлттарын түзеді. Осының нәтижесінде түзілген ковалентті химиялық байланыстардың бағыттары әр түрлі болады. Кеңістікте атомдар электрон бұлттарының бір – бірімен қаптасып молекулалық электрон бұлттарын түзу тәсілдеріне қарай ковалентті химиялық байланыстар сигма ( $\sigma$ ), пи ( $\pi$ ), дельта ( $\delta$ ) байланыстар болып бөлінеді.

Сигма байланысы. Атомдардың орбитальдарының бір – бірімен қаптасуы нәтижесінде түзілген молекулалық орбиталь немесе ковалентті химиялық байланыс сол атомдардың ядроларының арасын байланыстыратын белдеу сызығының бойында жатса, онда осы сигма ( $\sigma$ ) байланыс дейді.



5 - сурет  $\pi$  – байланыстарының түзілуі.



6 - сурет  $\delta$  – байланысының түзілуі

Сигма байланысы екі s – немесе екі p - , немесе екі d – орбитальдар және s – пен p -, d – мен s - , d – мен p – орбитальдар әрекеттескенде түзіледі.

Пи – байланысы  $\pi$ . Атомдардың электрон орбитальдарының бір – бірімен қаптасу арқылы түзілген молекулалық орбиталь сол атомдардың ядроларын байланыстыратын белдеу сызығына тік бұрыш жасай жатса онда оны пи ( $\pi$ ) байланысы дейді. (5 – сурет)

$\delta$  – байланыс Бұл байланысты параллель жазықтарда жатқан екі d – орбитальдар өздерінің күлтелерімен түгел бір – бірімен қаптасу нәтижесінде түзіледі. (6 – сурет).

Орбитальдардың гибридтелу теориясы. Көптеген элементтердің атомдары химиялық байланыстар түзуге өздерінің әр түрлі деңгейшелерінде жатқан электрондарын пайдаланады. Осыдан келіп бір элементтің әр түрлі пішінді орбитальдары басқа элементтің орбитальдарымен әрекеттескенде түзілген химиялық байланыстар беріктігі неге бірдей болады деген сұрақ туады. Бұл сұраққа тек элементтер атомдарының гибридтелу теориясы жауап береді. Бұл теория бойынша химиялық байланыс түзердің алдында атомның әр түрлі орбитальдарының пішіндері мен энергиялары бірдей, кеңістікте симметриялы түрде орналасқан жаңа гибридті орбитальдар болады.

Жеке s – немесе p – орбитальдардың қатысуымен түзілген химиялық байланыстарға қарағанда гибридті орбитальдардың қатысуымен түзілген химиялық байланыстар мықтырақ болады. Өйткені гибридті орбитальдар басқа орбитальдарға қарағанда көбірек қаптасады.

Екінші негізгі топша элементтерінің қозған күйлерінде бір s -, бір p – электрондары болады. Сондықтан бұл элементтердің бір s - , бір p – орбитальдарының гибридтелуінен пішіндері және энергиялары бірдей, бір – біріне  $180^\circ$  бұрыш жасай орналасқан екі гибридті орбитальдар түзіледі. (7 – сурет)



7 – сурет.  $2sp$  – гибриді орбитальдары

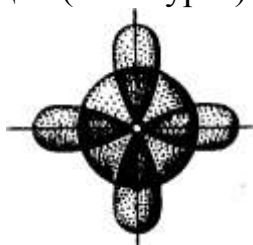
Осы гибриді орбитальдардың қатысуымен түзілген  $BeCl_2$  молекуласындағы екі ковалентті байланыс түзу сызықты  $180^\circ$  бұрыш жасап орналасады (8 – сурет).



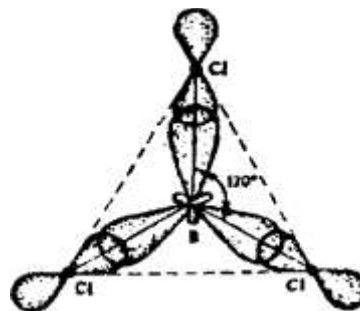
8 – сурет.  $BeCl_2$  молекуласы.

Үшінші негізгі топша элементтері атомдарының қозған күйлерінде бір  $s$  -, екі  $p$  – электрондары болады. Соған сәйкес олардың бір  $s$  – екі  $p$  – орбитальдарының гибридетуінен кеңістікте бір – біріне  $120^\circ$  бұрыш жасай орналасқан үш  $sp^2$  – гибриді орбитальдар түзіледі (9 – сурет).

$BCl_3$  молекуласы үш ковалентті байланыс бір – біріне  $120^\circ$  бұрыш жасай орналасқан (10 – сурет)

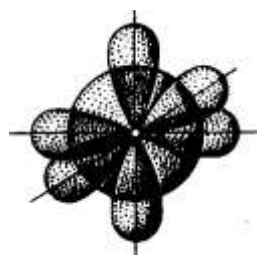


9 – сурет.  $sp^2$  – гибриді орбиталь

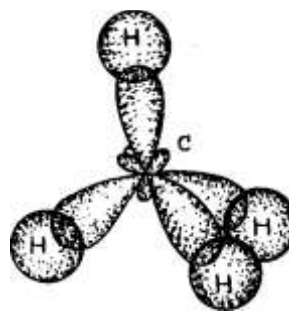
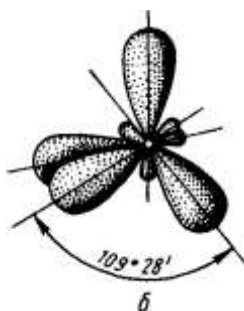


10 – сурет.  $BCl_3$  молекуласы

Төртінші негізгі топша элементтерінің атомдарының қозған күйлерінде бір  $s$  – үш  $p$  – электрондары болады. Осы электрондардың бір  $s$  -, үш  $p$  – орбитальдарының гибридетуінің нәтижесінде кеңістікте бір – біріне  $109^\circ$  бұрыш жасай орналасқан және тетраэдрдің төрт бұрышына қарай бағытталған  $sp^3$  – гибриді орбитальдар түзіледі. Осындай  $4sp^3$  – гибриді орбитальдардың (11 – сурет) қатысуымен түзілген төрт ковалентті байланыстың орналасуы тетраэдр тәріздес болады. Мысалы, көміртегі атомының төрт  $sp^3$  – гибриді орбитальдары төрт сутегі атомдарының  $s$  – орбитальдарымен  $CH_4$  молекуласын түзуі (12 – сурет).



11 – сурет.  $sp^3$  – гибриді орбиталь түзілуі



12 – сурет. Метан молекуласының түзілуі

*Химиялық байланысқа мысал келтірейік.*

Элементтердің электр терістілігінің мәнін пайдалану қолайлы болу үшін олардың салыстырмалы шамалар жүйесі қабылданған, яғни литийдің электр терістілігі шартты түрде 1-ге тең деп саналады. Олардың мәнін келесі кестеден көруге болады.

Полинг бойынша кейбір элементтердің салыстырмалы электр терістілігі

I	II	III	IV	V	VI	VII
H-2,1						
Li-1,0	Be-1,5	B-2,0	C-2,5	N-3,0	O-3,5	F-4,0
Na-0,9	Mg-1,2	Al-1,5	Si-1,8	P-2,1	S-2,5	Cl-3,0
K-0,8	Ca-1,0	Sc-1,3	Ti-1,6			
	Zn-1,6	Ga-1,6	Ge-1,7	As-2,0	Se-2,4	Br-2,8
Rb-0,8	Sr-1,0	Y-1,3	Zr-1,6			
		In-1,5	Sn-1,7	Sb-1,8	Te-2,1	I-2,6
Cs-0,7	Ba-0,9					

Химиялық байланыс түзетін элементтердің салыстырмалы электртерістіліктерін салыстыра отырып екі атомның арасындағы байланыстың электрон тығыздығының қай бағытқа ығысқаны туралы айтуға болады. Бұл кезде байланыстың электрон тығыздығының ығысуы электр терістілігі көбірек элемент атомына қарай ығысады. Әрекеттесуші атомдардың электртерістіліктерінің арасындағы айырмашылық пен электрон бұлтының ығысуы арасында тура байланыс бар. Бөлек атомдардың электр терістіліктерінің айырмашылығы көп болған сайын соншалықты түзілген байланыстың иондық дәрежесіде жоғары болады.

Байланыс энергиясы түзілген ортақ электрон бұлтының тығыздығына байланысты болады, сондай-ақ ядро аралық ара қашықтыққа және байланыстың санына да байланысты. Ядро аралық ара қашықтық өскен сайын байланыстың мықтылығы азаяды, ал байланыстың саны көбейген сайын байланыстың мықтылығы артады.

1-ші мысал:

Жоғарыдағы кестені пайдаланып келесі атомдар жұбының салыстырмалы электр терістіліктерінің айырмашылығын есепте: H- S, H- N, H- Ge, H- K. Мына байланыстардың қайсысының иондық пайызы жоғарырақ және байланыс электрон бұлты қай атомға қарай ығысқан?

Шешімі:

Салыстырмалы электр терістіліктерінің айырымы H- S -0,4; H- N -0,9; H- Ge-0,4; H- K -1,3. Ең үлкен иондық пайыз H- K байланысында. Байланыс электрон бұлты алғашқы екі жұпта S, N атомдарына қарай, ал келесідегілерде H атомына қарай ығысқан.

Есептер:

1. Гелийдің иондану энергиясы мына схема бойынша  $He = He^+ + e^-$  2370 кДж/моль тең. Гелийдің бірінші иондану потенциалын вольтпен есепте.



2. Аргонның электрондық деңгейінен сегізінші электронды жұлып алу үшін қажетті энергияның шамасы 143,5 эВ/атом тең. Осы процеске жауап беретін иондану энергиясын кДж/моль –мен есепте?

3. Хлор атомына электрон қосу энергиясы 356 кДж/моль-ге тең. Осы энергияны эВ/атоммен есепте.

## **6. Молекулалық орбитальдар теориясы. Иондық байланыс. Молекулааралық әсерлесу**

Молекулалық орбитальдар теориясы молекула ядролар мен электрондардан тұратын тұтас жүйе деп қарап, орбитальдарында электрондар теориясы атомдарға қолданылатын кванттық механиканың заңдылықтарын күрделірек жүйе – молекулаларға қолданылады.

Әрбір элементтің атомы бір ядродан тұрады, ал атомдардан түзілген молекула көп ядродан тұрады. Сондықтан молекуланың орбитальдарындағы электрондарға көп ядролар өрісі әсер ететіндіктен атомдардан молекула түзілу кезінде жүйенің энергиясы азаяды.

Атомдардағы сияқты әрбір молекулалық орбитальға квант сандарының белгілі бір мәндері сәйкес келеді. Атомдық орбитальдар s, p, d, f әріптерімен белгіленетіні сияқты молекулалық орбитальдар  $\sigma$ ,  $\pi$ ,  $\delta$ ,  $\phi$  әріптерімен белгіленеді.

Молекулалық орбитальдар теориясы бойынша молекуланы сипаттау үшін, оның орбитальдарының типін ( $\sigma$ ,  $\pi$ ,  $\delta$ ,  $\phi$ ) сол орбитальдардың энергияларының өсуіне байланысты электрондардың орналасу ретін анықтау керек. Атомдардың орбитальдарындағы сияқты, молекулалық орбитальдарда электрондардың орналасу реті Паули принципі мен Гунд ережесіне бағынады.

Молекулалық орбитальдар көп ядролы болғандықтан, атомдармен салыстырғанда, олардың пішіндері күрделірек болады. Сондықтан молекулалық орбитальдар әрекеттесетін атомдық орбитальдарды қосудың және алудың нәтижесінде түзіледі. Егер әрекеттесетін  $\phi_A$  екі атомдардың орбитальдарын немесе толқындық функциялары  $\phi_A$  және  $\phi_B$  деп белгілесек, олардың әрекеттесуінен екі типті молекулалық орбитальдар немесе функциялар түзіледі. АО қосудан  $\phi^+$ , ал оларды алудан  $\phi^-$  МО түзіледі:

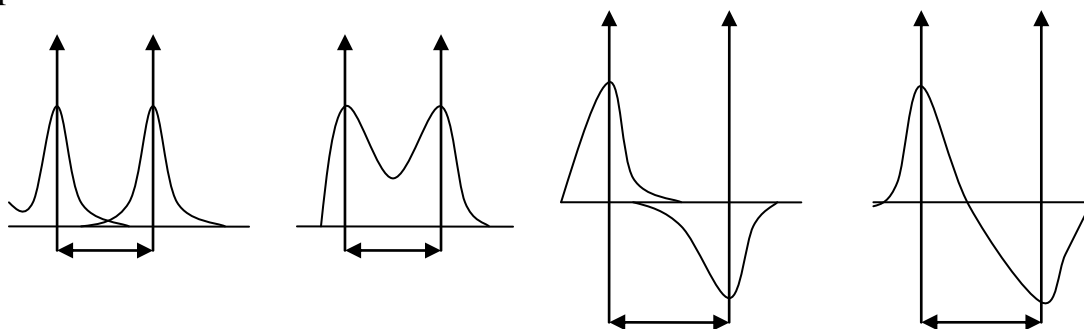
$$\phi^+ = C_{1\phi_A} + C_{2\phi_B}$$

$$\phi^- = C_{1\phi_A} - C_{2\phi_B}$$

Коэффициенттер  $C_1$  және  $C_2$  жеке атомдармен салыстырғанда электрондардың толқындық функцияларын молекуладағы ядролар мен электрондардың әсерін есепке алады. Әрекеттесуге қатысқан атомдарда қанша АО болса, молекулада сонша МО болады. Мысалы, әрқайсысында бірден 1s электрондары бар екі атомның орбитальдарының сызықтық әрекеттесуінен түзілген МО пішіні мен энергиясын қарайық. Бір элементтің екі атомынан құрылған молекуладағы электрондарға тигізетін әсері бірдей болғандықтан, формуладағы коэффициенттер өзара тең ( $C_1 = C_2$ ). Сондықтан оны былай жазамыз:

$$\varphi = \varphi_A + \varphi_B$$

Екі атомның орбитальдарының қосылуы мен алыну процесі суретте көрсетілген.



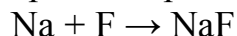
Әрекеттесетін атомдардың екі орбитальдарының толқындық функцияларының таңбалары бірдей болса ( $\varphi + \varphi$ ), олар бір – бірімен қосылып, екі ядролы МО түзеді. Мұның мәнісі екі ядроның арасында электрон зарядының тығыздығы артып, екі ядроның осы кеңістікке таралуы, бір – бірімен байланысуы артады, яғни химиялық байланыс түзіледі. Мұндай химиялық байланысты қамтамасыз ететін энергия тиімді МО – ды байланыстырушы орбиталь дейді ( $\sigma^{\text{байл}}$ ).

Әрекеттесетін АО – дың толқындық функцияларының таңбалары әр түрлі болғанда, олар бір – бірінен алынады да түзілген молекулалық орбитальдың ядро арасындағы электрон зарядының тығыздығы нөлге тең болады, электрон зарядының тығыздығы ядролардың сыртында жинақталады. Мұндай орбитальдар байланыстыруға қарсы немесе босатушы орбитальдар ( $\sigma^{\text{бос}}$ ) деп аталады.

АО – дан МО түзілуі энергетикалық диаграмма арқылы көрсетіледі (сурет).

Иондық байланыс. Иондық байланыстың бірінші теориясын 1916 ж. неміс ғалымы Коссель ұсынды. Коссель теориясы бойынша иондық байланыс қарама-қарсы зарядталған иондардың электростатикалық тартылысуынан болады. Коссель теориясының қағидалары мынадай:

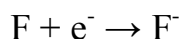
1. Сыртқы қабатында 2 немесе 8 электроны бар инертті газдар химиялық жағынан өте инертті, демек, олардың сыртқы электродық қабаты өте тұрақты.
2. Атомдар молекулаға біріккенде электрон беріп жіберу, не болмаса қосып алу арқылы сыртқы қабатын инертті газдардікіне ұқсатқысы келеді.
3. Әрекеттесуші атомдардың электрон беріп жібергені оң ион – катион, ал электрон қосып алғаны теріс ион – анионға айналады. Түзілген иондар біріне-бірі Кулон заңы бойынша тартылысып байланыс түзеді. Мысал ретінде натрий мен фтор атомдарының әрекеттесуін қарастырайық.



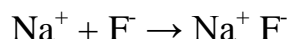
Натрий атомы ( $1s^2/2s^22p^6/3s^1$ ) сыртқы қабатындағы бір электронын беріп, электрондық құрылысы инертті газға ұқсайды натрий катионы  $Na^+$  ( $1s^2/2s^22p^6$ ) айналады:



Фтор ( $1s^2/2s^22p^5$ ) атомы бір электронды қосып алып, сыртқы электрондық қабаты периодтық жүйеде өзінен кейін орналасқан инертті газға ұқсас фтор анионы  $F^-(1s^2/2s^22p^6)$  айналады.



Түзілген натрий катионы  $Na^+$  мен фтор анионы  $F^-$  Кулон заңы бойынша тартылысып молекулаға бірігеді:



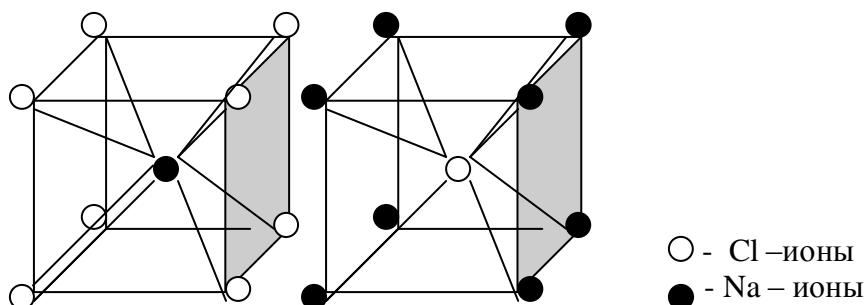
Атомның ионға айналу мүмкіншілігі оның иондану энергиясы мен электрон тартқыштығының шамаларына тәуелді. Катиондарды иондану энергиясының шамасы аз болып келетін I және II топтарда орналасқан сілтілік және сілтілік жер металдар оңай түзеді. Ал аниондарды электрон тартқыштығы жоғары галогендер оңай түзеді. Демек, галогендер сілтілік және сілтілік-жер металдармен әрекеттескенде ионды қосылыстар береді. Жалпы ионды қосылыстардың саны онша көп емес. Жоғарыда аталып кеткен сілтілік және сілтілік-жер металдардың галогенидтерінен басқа ионды қосылыстарға олардың оксидтері, сульфидтері және оттекті қышқылдармен беретін тұздары жатады.

Иондық байланыстың қасиеттері. Иондық байланыстың қасиеттерін коваленттік байланыстың қасиеттерімен салыстырып қарастырамыз. Коваленттік байланыс қанымдылықты көрсетеді. Атомның түзетін коваленттік байланыстарының саны оның валенттік орбитальдарының санынан аспайды. Валенттік орбитальдар пайдаланып біткен соң, атомның коваленттік байланыс түзу мүмкіншілігі қанығады. Мысалы, сутек атомының бір-ақ валенттік орбиталі бар, сутек атомдары сутек молекуласына біріккенде екі атомның екеуінің де валенттік орбитальдары толық пайдаланып бітеді. Сол себептен сутек молекуласы  $H_2$  сутектің үшінші атомын қосып ала алмайды. Иондық байланыс қарама-қарсы зарядталған иондардың кулон күштері арқылы тартылысуы нәтижесінде түзіледі. Ал кулон күштері – қанықпайтын күштер, демек, иондық байланыс қанықпаған байланыс.

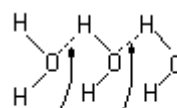
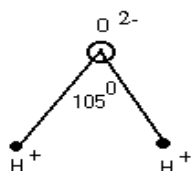
Егер ион зарядталған шар деп есептесек, оның электр күштері ионды қоршаған кеңістіктің барлық жағына біркелкі бағытталған. Катион мен анион біріне – бірі жақындасқанда күш өзгерістерін толық қанықтырмайды. Сол себептен катион да, анион да, басқа бағыттар бойынша қарсы зарядталған көптеген басқа иондарды тартып, байланысқа түсе алады.

Иондық қосылыстардың құрылысы. Иондық қосылыстар – кәдімгі жағдайда қатты кристалдық заттар. Иондарды байланыстыратын қанықпайтын және кесімді бағыты жоқ кулон күштері дедік. Сол себептен иондық қосылыстарды әр ионның өзінің өріс күштерін қанықтыру үшін, өзін қарсы зарядталған иондардың саны белгілі шамадан аспайды. Мысалы, натрий хлоридінің кристалында натрийдің әрбір ионы хлордың алты ионымен

қоршалған (координацияланған), дәл осы сияқты хлор ионы натрийдің алты ионымен қоршалған. Ионды қоршап тұрған қарсы зарядталған иондар саны сол ионның координациялық саны деп аталады.



Сутектік байланыс. Сутектік байланыстар молекула аралық байланысқа да, молекула ішіндегі байланысқа да жатуы мүмкін. Молекулааралық сутектік байланыс көбнесе құрамында сутегі бар полюсті молекулалар әрекеттескенде түзіледі. Сутегі электртерістігі басым элементтермен әрекеттесіп полюсті молекулалар түзеді. Бұл молекулалардағы молекулалық электрон бұлты электр терістігі басым элементке ауысады да, ол элемент біршама теріс зарядталады, ал сутегі оң зарядталады. Осындай полюсті бір молекуладағы оң зарядты сутегінің екінші молекуладағы теріс зарядты элементке тартылуы нәтижесінде түзілген байланысты сутектік байланыс дейді. Мысалы, су молекуласындағы сутегінің электр терістігі аз, ал оттегінің электр терістігі көбірек болғандықтан, олардың арасында түзілетін молекулалық электрон бұлты оттегіне қарай ауысып, оны біршама теріс зарядтайды, ал сутегі біршама оң зарядталады:



Сутектік байланыс

Судың осындай полюсті молекулалары бір-бірімен әрекеттескенде бір молекуладағы оң зарядты сутегі атомы екінші молекуладағы теріс зарядталған оттегінің дайын жұп электрондарына тартылып сутекті байланыс түзеді.

Сутекті байланыстар көп нүктелер арқылы көрсетілген. Сутекті байланыстың түзілуі заттардың қасиеттеріне әсер етеді, олардың қайнау, балқу температуралары артады.

*Байланыстың дипольдық моменті және молекуланың құрылымына есептер шығару.*

Байланыс түзіп тұрған атомның біреуіне бұлттың электрондық тығыздығының ығысуы оң және теріс күштер орталықтарының ассиметриясына әкеледі, яғни арақашықтығы  $l$  байланыс диполінің ұзындығы деп аталады да соның полярлылығының өлшемі болып табылады.

Байланыс полярлығы дипольдің  $\mu$  электр моменті арқылы өрнектедеді, ал  $\mu = l \cdot q_e$ . Мұндағы  $q_e$  электрон заряды  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Молекуланың электрлі диполінің моментін тәжірибе жүзінде анықтасақ, онда олардың құрылысы бойынша да айтуға болады.

Молекуланың және күрделі ионның түзілу механизмін түсіндіру үшін валентті байланыс әдісімен қатар молекулалық орбиталдар әдісінде қолданылады.

Валенттік байланыс әдісінде орталық атомның электрондық орбиталдарының араласуы, яғни гибридтелуі туралы түсінік қолданылады.

Молекуланың немесе бөлшектің құрылысын анықтағанда келесі ұсыныстарды сақтаған дұрыс болады:

1. Берілген молекуладағы тотығу дәрежесіне сәйкес орталық атом орбиталінің электронды-кескіндік формуласын жазу керек.

2. Орталық атомды алыс тұрған атомдармен үзік сызық арқылы қосып  $\sigma$ -байланыстың санын анықтау керек.

3. Орталық атомның тотығу дәрежесінен  $\sigma$ -байланыстың саны кем болса қосымша штрихтармен  $\pi$ -байланысты белгілеу керек.

4. Байланыстың түзілуіне қатыспайтын алыс және орталық атомдардың екі электронды орбиталдарын қос нүктемен немесе үзік сызықпен белгілеу керек.

5. Таза немесе гибридті болатын  $\sigma$ -байланыс түзетін орталық атом орбиталдарының сипатын ескеріп молекуланың кеңістіктік құрылысын анықтау қажет.

Атомдардан молекула түзілген кезде, олардың құрамындағы электрондар молекула үшін ортақ болып келеді. Осындай жолмен түзілген молекулалық орбиталдар (МО) атомдық орбиталдардың (АО) қосындысы немесе айырымының нәтижесі, сондықтан МО әдісін кейде *атомдық орбиталдардың сызықтық комбинация әдісі* деп те атайды.

Бастапқы АО энергиялары бір-біріне жуық шамалар болу керек, ал орбиталдары бір-бірімен максималды қабысатындай болу керек.

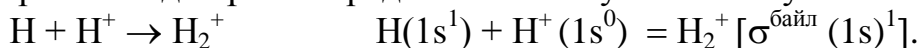
МО электрондарының орналасуы көп электронды атомдардағы энергетикалық деңгейлердің электрондармен толығыуы сияқты Паули принципі мен Гунд ережесіне бағынады.

Молекулалық орбиталдар байланыстыратын және бос болып екіге бөлінеді. Мысалы атомдық  $1s$ -орбиталдар қосылған кезде екі орталықты молекулалық орбитал түзіледі, ал оны байланыстыратын орбитал деп атап  $\sigma^{\text{байл}} 1s$ -деп белгілейміз.

Байланыстыратын молекулалық орбитаолдағы электронның энергиясы бастапқы атомдық орбиталдармен салыстырғанда аз болады да түзілген байланыстың беріктілігін арттырады. Сәйкес бос екі орталықты молекулалық орбитал  $\sigma^{\text{бос}} 1s$   $1s$  –атомдық орбиталдардың айырымының нәтижесі. Бос молекулалық орбиталдарда электронның энергиясы бастапқы атомдық орбиталдармен салыстырғанда көп болады да түзілген байланыстың беріктілігі кеміп энергетикалық жағынан тиімсіз болады.

Атомдардың арасында байланыс түзілу үшін бос орбиталға қарағанда байланыстыратын орбиталда электрондар санының көп болуы жеткілікті.

Қарапайым жағдайда байланыс байланыстыратын молекулалық орбиталдың бір электроныменде түзіле береді. Мысалы сутегі молекуласы ионының түзілуі:



Бөлшектің құрылысын анықтау үшін ең қажеттісі магниттік қасиет болып табылады. Магниттік өріске байланысты барлық заттар парамагнитті және диамагнитті болып бөлінеді. Парамагнитті заттар магниттік өріске тартылады, ал диамагниттілер алшақтайды. Заттардың магниттік қасиеттері олардың құрамындағы молекулалардың, атомдардың, иондардың магниттік қасиеттерімен анықталады. Бөлшекте барлық электрондар жұптасқан болса және олардың магниттік моменттері бірімен тең болса, онда  $\mu = 0$ , бөлшек диамагнитті. Бөлшектің парамагнетизмділігі ондағы бір немесе бірнеше жұптаспаған электронның болуымен түсіндіріледі. Мұндай бөлшектердің магниттік моменттерінің қосындысы мына формуламен анықталады:  $\mu = \sqrt{t(t+2)}$  мұндағы  $t$  – жұптаспаған электрон саны.

1-ші мысал:  $\text{F}_2$  молекуласы мен  $\text{F}_2^+$  ионының магниттік қасиеттерін және байланыс санын салыстырыңыздар. Қай бөлшектің энергиясы үлкен?

Шешімі:

Келесі схеманы қарастырамыз:

Молекулалық орбиталдар	$\text{F}_2$ молекуласы	$\text{F}_2^+$ ионы
$\sigma^{\text{бос}} 2p_x$	----	----
$\pi^{\text{бос}} 2p_y \quad \pi^{\text{бос}} 2p_z$	--↓↑--      --↓↑--	--↓↑--      --↓--
$\sigma^{\text{байл}} 2p_x$	----	--↓↑--
$\pi^{\text{байл}} 2p_y \quad \pi^{\text{байл}} 2p_z$	--↓↑--      --↓↑--	--↓↑--      --↓↑--
$\sigma^{\text{бос}} 2s$	--↓↑--	--↓↑--
$\sigma^{\text{байл}} 2s$	--↓↑--	--↓↑--

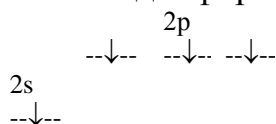
$\text{F}_2$  молекуласы диамагнитті, себебі жұптаспаған электрондары жоқ, ал  $\text{F}_2^+$  ионы – парамагнитті, яғни  $t=1$ , байланыс саны  $\frac{8-6}{2} = 1$  (байланыс саны байланысқан және бос МО электрондар санының жарты айырмасына тең) және  $\frac{8-5}{2} = 1,5$ . Олай болса  $\text{F}_2^+$  ионында байланыс энергиясы көп.

2-ші мысал:

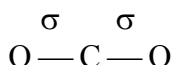
Карбонат ионы мен  $\text{CO}_2$  молекуласының кеңістіктік құрылысын анықта?

Шешімі:

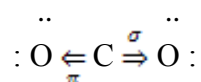
C (IV) –тің электронды-кескіндік формуласы мынадай болады:



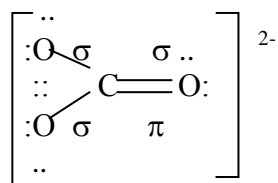
Оттегі атомдарымен  $\sigma$ -байланыс түзу үшін  $\text{CO}_2$  молекуласының сызықты кеңістіктік құрылысын анықтайтын екі sp-гибридті байланыс түзетін көміртегі атомының бір s- және бір p-электрондары қатысады:



Оттегі атомдарының жұптасқан электрондары мен  $\pi$  - байланыстарын белгілегеннен кейін  $\text{CO}_2$  молекуласының құрылысы мынадай болады:



$\text{CO}_3^{2-}$  ионында оттегі атомдарымен  $\sigma$ -байланыс түзген кезде карбонат ионының үш бұрышты құрылысын анықтайтын және үш  $sp^2$ -гибридті байланыс түзетін көміртегі атомының бір s- және екі p-электрондары қатысады:



*Есептер:*

1. Байланыс диполінің ұзындығы Н-О  $l = 0,315 \cdot 10^{-10}$  м. Оның электр диполінің моментін есепте.
2. HBr молекуласының электр диполінің моменті  $2,66 \cdot 10^{-30}$  Кл·м. Метрмен оның диполінің ұзындығын есепте.
3.  $\text{SiH}_3$  молекуласын түзу кезіндегі кремний атомы орбиталдары гибридтелудің қай түрінде болады және оның кеңістіктік құрылысы қандай болады?
4. Бром атомы орбиталдары гибридтелудің қай түрінде болады және  $[\text{BF}_4]^-$ -ионының кеңістіктік құрылысы қандай болады?
5.  $\text{TiF}_4$  тетраэдрлі молекуласыдағы титан атомы орбиталдары гибридтелудің қай түрінде болатынын анықта?
6.  $\text{Li}_2$  және  $\text{Be}_2$  молекулалары түзілуі мүмкін ба және олардың байланыс саны қанша болуы мүмкін?
7.  $\text{N}_2 \rightarrow \text{N}_2^+$  -ке және  $\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^+$ -ке ауысу байланыс санына және энергиясына қалай әсер етеді.
8.  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{O}_2^{2-}$  бөлшектерінің байланыс саны мен энергияларын салыстырыңыз.
9.  $\text{NO}^+$ ,  $\text{NO}$  және  $\text{NO}^-$  бөлшектерінің МО энергетикалық диаграммасын тұрғызып байланыс саны мен энергияларын салыстырыңыз.
10.  $\text{LiH}$  молекуласының АО және МО энергетикалық диаграммаларын тұрғызыңдар.

## 7. Химиялық термодинамика туралы түсінік

### Термодинамиканың бірінші заңы

Термодинамика энергияның бір түрден басқа түрлеріне ауысу заңдылықтарын зерттейді. Термодинамиканың бінеше заңдылықтары бар, олардың ішінде екеуі негізгі заңдарға жатады.

Химиялық термодинамика – термодинамиканың заңдарын химиялық процестерге қолданады. Химиялық термодинамика – химиялық реакциялар

кезінде байқалатын энергияның бір түрден басқа түрге айналуын, реакциялардың бағытын және реакциялардың осы жағдайда өздігінен жүру шегін, сонымен қатар химиялық тепе-теңдіктің болу жағдайларын анықтайтын ғылым.

Термодинамика жүйелерді зерттейді. Жүйе дегеніміз бір-бірімен әрекеттесу жағдайындағы және өзін қоршаған ортадан ойша бөлектенген бірнеше заттардың жиынтығы. Жүйе гомогенді және гетерогенді болып бөлінеді. Гомогендік жүйе бір фазадан, гетерогендік жүйе екі немесе бірнеше фазадан тұрады. Фаза дегеніміз жүйенің басқа бөліктерінен жанасу беті арқылы бөлінген құрамы мен қасиеттері бірдей жүйенің бөлігін айтады. Мысалы, күміс нитратының судағы ерітіндісі гомогендік жүйеге жатады, өйткені еріген күміс нитраты да, еріткіш суда бір күйде – сұйық күйде болады. Енді осы жағдайда күміс нитратын көп мөлшерде алса, оның артық мөлшері ерімей қатты кристалл күйінде қалады. Бұл жағдайда жүйе қатты күйдегі күміс нитраты кристалдарынан және сұйық ерітіндіден тұратындықтан гетерогенді болады.

Жүйенің күйін оның температурасы, қысымы, көлемі, массасы сипаттайды. Бұлардан басқа жүйенің күйін және онда болып жататын өзгерістерді сипаттау үшін, оның ішкі энергиясының  $\Delta U$ , энтальпиясының  $\Delta H$ , энтропиясы  $\Delta S$ , Гиббс энергиясының қалай өзгертінін білу керек.

Химиялық реакцияның энтальпиясы. Термодинамиканың бірінші заңы энергияның сақталу заңының жеке көрінісі болып есептеледі және оған мынадай анықтама беруге болады:

Энергияның әр түрлі пішіндері бір-біріне тек эквивалентті мөлшерде ауысады.

Басқаша сөзбен айтқанда, сыртқы ортамен зат және энергия алмаспайтын жекелеген жүйенің барлық энергия түрлерінің қосындысы әр уақытта тұрақты болады.

Жекелеген жүйе жылу сіңіру арқылы бір күйден екінші күйге ауысқанда жұмсалған жылу ( $Q$ ) мөлшері жүйенің ішкі энергиясы ( $\Delta U$ ) өзгертуге және белгілі бір жұмыс ( $A$ ) жасауға пайдаланылады:

$$Q = \Delta U + A$$

Келтірілген теңдеу термодинамиканың бірінші заңының математикалық көрінісі – термодинамикаға қолданылған энергия сақталу заңының көрінісі. Мұндағы  $Q$  – жүйенің сіңірген жылуының мөлшері,  $\Delta U$  – жүйенің ішкі энергиясының өзгеруі,  $A$  – жүйенің істеген жұмысының мөлшері.

Жүйенің ішкі энергиясы – молекулалардың, атомдардың, иондардың, электрондардың кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысынан тұратын толық энергия. Кинетикалық энергия бөлшектердің үдемелі, айналмалы және тербелмелі қозғалыстарының энергиясы. Потенциалдық энергия бөлшектердің өзара тартылуы (тебісуі) күштерінен құралады.

Жүйенің ішкі энергиясының ( $U$ ) абсолюттік мәнін анықтауға болмайды, сондықтан жүйе бір күйден ( $U_1$ ), екінші күйге ( $U_2$ ) көшкенде байқалатын ішкі энергияның өзгеруін  $\Delta U$  анықтайды:



$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Химиялық реакциялар үшін жүйенің жасайтын жұмысы (А) жүйе бір күйден екінші күйге көшкенде өзгерген көлемді ( $\Delta V$ ) қысымға (Р) көбейткенге тең:

$$A = P \cdot \Delta V$$

Енді термодинамиканың бірінші заңын химиялық реакцияларға қолдану жағдайын қарастырайық:

Химиялық реакциялар жүру жағдайларына қарай негізінен изобара-изотермалық және изохора-изотермалық болып бөлінеді.

Изобара-изотермалық реакциялар тұрақты қысымда және тұрақты температурада жүреді. Мұндай реакциялардың көпшілігі ашық ыдыста (тұрақты қысымда) және кәдімгі температурада жүреді. Изобара-изотермалық реакциялар тұрақты көлемде және тұрақты температурада жүреді. Мұндай реакцияларды жабық ыдыста (автокластарда) жүргізеді.

Термодинамиканың бірінші заңын изохора-изобаралы реакцияларға қолдануды қарастырайық. Заңның математикалық көрінісі мынадай:

$$Q_v = \Delta U + A = \Delta U + P\Delta V$$

Изохора-изотермалық реакциялар жүргенде жүйенің көлемі өзгермейді.

$$\Delta V = 0$$

Олай болса, өзгерген көлемнің қысымға көбейтіндісі де, соған сәйкес істелетін жұмыстың мөлшері де нөлге тең болады. Бұдан шығатын қорытынды изохора-изотерма реакциялар жүрген кезде жұмсалатын жылудың мөлшері жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге ғана жұмсалады:

$$Q_v = U_2 - U_1 = \Delta U$$

Сонымен жүретін химиялық реакциялардың көлемдері тұрақты болса, бөлінетін және сіңірілетін жылудың мөлшері жүйенің ішкі энергиясын өзгертуге және сыртқы қысымға қарсы жұмыс жасауға жұмсалады:

$$Q_p = \Delta U + A = (U_2 - U_1) + P(V_2 - V_1)$$

Мүшелерінің орнын ауыстырып, теңдеуді былай жазуға болады:

$$Q_p = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1)$$

$U + PV$  қосындысын  $H$ -қа тең деп белгілеп, теңдеуді мынадай етіп жазуға болады:

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

$\Delta H$  – жүйенің энтальпиясы деп аталады, яғни энтальпияны көлемі ұлғаятын жүйенің энергиясы деп қарастыруға болады.

Жүйенің ішкі энергиясының  $U$  абсолюттік өлшеуге болмайтыны сияқты энтальпияның да абсолюттік мәнін өлшеуге болмайды. Сондықтан жүйе бір күйден екінші күйге өткенде өзгертін энтальпияны  $\Delta H$  өлшейді. Энтальпияның мәнін кило-джоульмен (кДж) немесе килокалориямен (ккал) көрсетеді.

Химиялық реакциялар жылу шығару немесе жылу сіңіру арқылы жүреді. Жылу шығара жүретін реакцияларды экзотермиялық, жылу сіңіре жүретін реакцияларды эндотермиялық деп атайды.

Химиялық реакцияларға қатысатын және түзілетін заттармен бірге реакцияның жылу эффектісі көрсетілген теңдеулерді термохимиялық теңдеулер дейді.

Термохимиялық теңдеулерді жазғанда термодинамика бойынша бөлінген жылу теңдеудің оң жағына минус (-) белгісімен, ал сіңірген жылу плюс (+) белгісімен көрсетіледі. Бұдан былай термохимиялық теңдеулерді жазғанда осы термодинамикалық таңбаларды қолданып жазамыз.

Термодинамикалық теңдеулердің мысалы ретінде сутегі мен оттегінен су, азот пен оттегінен азот (II) оксиді түзілуі реакцияларын келтіруге болады.

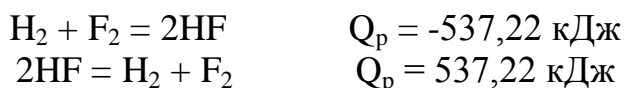


#### Термохимия заңдары

Химиялық процестердегі жылу эффектілерінің басын біріктіретін термохимияның екі заңы бар. Олардың екеуінде жалпы энергия сақталу заңының дербес түрлері болып саналады.

Термохимияның бірінші заңы Лавуазье – Лаплас заңы деп аталады. Оның анықтамасы мынадай: жай заттар қосылып күрделі зат түзгенде бөлінетін (не сіңірілетін) жылу мөлшері сол күрделі зат қайтадан жай заттарға ыдырағанда сіңірілетін (не бөлінетін) жылуға тең.

Мысалы:



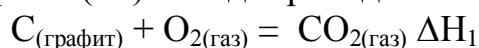
Термохимияның бірінші заңын кеңірек мағынада былай деп те айта береді: тіке реакцияның жылу эффектісі кері реакцияның жылу эффектісіне тең, тек таңбасы қарама – қарсы.

Лавуазье – Лаплас заңының кеңірек мағынада былай деп те айта береді: тіке реакцияның жылуы кері реакцияның жылуынан аз болсын делік. Онда бір осы реакцияны кезекпе-кезек екі бағытта жүргізе отырып, жылу эффектілерінің айырмасына сай жоқтан бар етіп тегін энергияға ие болар едік, сөйтіп, «мәңгі двигательдің» көзі табылар еді. әрине, олай болмайтыны анық. Энергияның жалпы мөлшері өзгерместен сақталу үшін екі бағытта жүре алатын бір реакцияның бірдей жағдайда алынған жылу эффектілері өзара тең болатыны күмәнсіз.

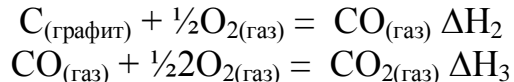
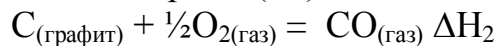
Термохимияның екінші заңын орыс ғалымы Г. И. Гесс ашқан. Бастапқы заттар бірдей болғанымен одан шығатын өнімдері әр түрлі жолдармен алуға болады. Осындай бастапқы және соңғы заттар бірдей болып, бірақ химиялық реакция әр түрлі сатылармен жүретін кездегі жылу мөлшерін Гесс заңы анықтап береді. Ол химиялық реакция тікелей жүрсін, бірнеше сатыда өтсін, бәрібір оған сай жылудың мөлшері тұрақты болады дейді. Басқаша айтқанда, химиялық реакцияның жылу эффектісі оның жүру жолына тәуелді емес, тек реагенттер мен өнімдерге тәуелді.

Гесс заңының мәнін көміртегі мен оттегінен көміртегі (IV) оксидінің түзілу реакциясы арқылы түсіндіруге болады.

Бірінші әдіс бойынша графит түріндегі көміртегімен оттегінің әрекеттесуінен бірден көміртегі (IV) оксиді түзіледі.



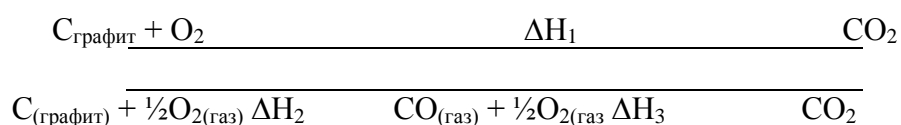
Екінші әдіс бойынша графит түріндегі көміртегі оттегімен әрекеттесіп алдымен көміртегі (II) оксидін CO түзеді, онан соң екінші кезеңінде, көміртегі (II) оксиді оттегімен әрекеттесіп көміртегі (IV) оксидін CO<sub>2</sub> түзеді.



Осы екі теңдеуді қосып екінші реакцияның жиынтық теңдеуін былай жазуға болады:



Бұл реакцияларды сызба-нұсқа түрінде былай көрсетуге болады:



Бұл екі реакцияға да қатысатын заттардың және нәтижесінде түзілетін заттардың түрлері де (табиғаты) күйлері де бірдей болғандықтан, яғни екеуіне де графит түріндегі көміртегі мен газ күйіндегі оттегі қатысатындықтан және нәтижелерінде көміртегі (IV) оксиді түзілетіндіктен, бұл екі реакцияның жылу эффектілері (энтальпиялары) өзара тең болады.

Бұдан графит түріндегі көміртегімен газ күйіндегі оттегі әрекеттесу реакциясының жылу эффектісі ( $\Delta H_1$ ), бастапқы және түзілетін заттары осындай, бірақ екі сатыдан тұратын екінші реакцияның жылу эффектісіне ( $\Delta H_2 + \Delta H_3$ ) тең болады.

Осы теңдеуді пайдаланып екі жылу эффектілерінің мәндері белгілі болса, үшіншісінің мәнін есептеу қиын болмайды.

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3$$

Гесс заңынан бірнеше салдар шығады. Олардың маңыздылары:

Тура реакцияның жылу эффектісі кері таңбамен алынған кері реакцияның жылу эффектісіне тең:

Мынадай қайтымды реакция жүрсе:

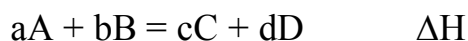


Мұнда Гесс заңынан шығатын салдар бойынша:

$$\Delta H_1 = -\Delta H_2$$

Кез келген реакцияның жылу эффектісін немесе жылу эффектісі белгілі болса, реакцияға қатысатын заттың түзілу жылуын ( $H_T$ ) мынадай салдар бойынша табады:

Реакцияның жылу энтальпиясы оның нәтижесінде түзілген заттардың түзілу жылуларының (энтальпияларының) қосындысынан реакцияға қатысатын заттардың түзілу жылуларының қосындысын алып тастағанға тең. Реакция теңдеуіндегі заттардың алдындағы коэффициенттері олардың сәйкес түзілу жылуларына көбейткіш болады. Мысалы, мынадай реакция жүреді екен делік:



Гесс заңы бойынша бұл реакцияның жылу эффектісін былай табады:

$$\Delta H = (c\Delta H_C + d\Delta H_D) - (a\Delta H_A + b\Delta H_B)$$

Заттардың түзілу энтальпиялары. Гесс заңын және одан шығатын салдарлар арқылы заттардың түзілу энтальпияларын пайдаланып термохимияда көптеген есептеулер жүргізеді.

Жай заттардан химиялық қосылыстың 1 моль түзілгенде бөлінетін және сіңірілетін жылудың мөлшерін сол заттың түзілу энтальпиясы дейді.

Термохимиялық есептеулерге қолайлы болу үшін барлық химиялық қосылыстардың түзілу энтальпияларын бірдей жағдайға келтіреді. Температура 298°K, қысым 1 атм жағдайда тұрақты болатын химиялық қосылыстардың түзілу энтальпияларын олардың стандартты түзілу энтальпиялары дейді және оларды  $H^0_{298}$  таңбасымен белгілейді. Стандартты жағдайда тұрақты болатын жай заттардың түзілу энтальпияларын нольге тең деп қабылдаған.

Термодинамиканың екінші заңы процестің бағытын, оның осы жағдайда қандай шекке дейін жүретінін және тепе-теңдіктің жағдайын анықтайды. Термодинамиканың екінші заңының мәндері бірдей бірнеше анықтамалары бар, соның біреуі:

Жылу өздігінен салқын денеден жылы денеге ауыспайды. Басқаша айтқанда, жылу өздігінен жылуы көбірек денеден жылуы азырақ денеге қарай ауысады. Термодинамиканың екінші заңы бойынша жылытқыш пен суытқыштың арасында температура айырмасы болған жағдайда ғана жылу жұмысқа айналады, онда да барлық жылу емес, тек оның белгілі бір бөлімі ғана, яғни пайдалы әсер коэффициенті ғана жұмысқа айналады:

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Мұндағы  $\eta$  – жылудың пайдалы әсер коэффициенті,  $A$  – жасалған жұмыстың мөлшері,

$Q$  – жұмыс істейтін дененің жылытқыштан алған жылуының мөлшері,  $T_1$  – жылытқыштың температурасы,  $T_2$  – суытқыштың температурасы.

Жұмыс істейтін дененің алған барлық жылуы жұмысқа айналмайды, оның тек бір бөлігі ғана жұмысқа айналады:

$$A = Q_1 - Q_2$$

Жылудың қалғаны ( $Q_2$ ) суытқышқа ауысады, сондықтан жылудың пайдалы әсер коэффициентін былай жазуға болады:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Осы жағдайда еске алып, жылудың пайдалы әсер коэффициентінің ақырғы түрін былай жазуға болады:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Келтірілген теңдеу термодинамиканың екінші заңының математикалық өрнегі. Бұл теңдеуден жылытқыш пен суытқыштың температура айырмасы

неғұрлым көп болған сайын жылу машинасының пайдалы әсер коэффициенті соғұрлым көп болатынын көруге болады.

Термодинамиканың екінші заңынан кез келген жекелеген жүйенің өздігінен энергиясын азайтуға ( $T_1 - T_2$ ) тырысатынын көруге болады.

Енді термодинамиканың екінші заңын химиялық процестерге қолдануды, яғни бұл заңның негізінде химиялық реакциялардың бағытын анықтау мәселесін қарастырамыз.

Химиялық реакциялар не себепті белгілі бір бағытта жүреді, олардың химиялық тепе-теңдік күйге ауысуы қандай жағдайларға байланысты деген заңды сұрақтар туады.

Термодинамиканың екінші заңы бойынша жүйедегі процестер өздігінен энергиясын азайту, яғни жылу бөлу бағытында жүретіндіктен, химиялық реакциялар да өздігінен өзінің ішкі энергиясын азайту бағытында жүреді деп жорамалдауға болады.

Бұдан шығатын қорытынды кәдімгі жағдайда өздігінен жылу бөлу арқылы жүретін экзотермиялық реакциялар жүруге тиісті. Шынында да кәдімгі жағдайда өздігінен көптеген экзотермиялық реакциялар жүретінін тәжірибелер дәлелдеді.

Бірақ химиялық реакциялардың бағытын жүйенің ішкі энергияларының азаюы анықтайды деп тұжырымдау көптеген қайшылықтарға әкеліп соғады. Өйткені кәдімгі температурада көптеген тұздар өздігінен жылу сіңіре ериді және кейбір химиялық реакциялар өздігінен жылу сіңіре жүреді. Бұл процестер жүргенде жүйенің энергиясы азаймайды, керісінше, көбейеді. Мысалы аммоний нитраты өздігінен жылу сіңіре ериді.

Сонымен эндотермиялық химиялық реакциялардың еру процестерін тек жүйенің энергиясы азаюы тұрғысынан түсіндіруге болмайды.

Осы айтылғандардан реакцияның бағытына, өздігінен жүруіне жүйенің энергиясы азаюынан басқа да фактордың әсер ететіні байқалады.

Термодинамиканың екінші заңы бойынша жүйе жұмыс жасау үшін жылу жылырақ денеден салқынырақ денеге ауысуы керек. Бұл заңнан шығатын маңызды салдар – жүйенің істейтін максимал жұмысы жылытқыш пен суытқыштың температура айырмасына  $T_1 - T_2$  ғана байланысты емес, сонымен қатар жылытқыш температурасының  $T_1$  абсолютті мәніне де байланысты.

Сондықтан жүйенің сіңіретін жылуы  $Q$  мен жылу алмасу кезіндегі температураның  $T$  арасындағы байланысты анықтау үшін зерттеулер жүргізілді. Осының нәтижесінде энтропия ( $S$ ) деп аталатын жаңа термодинамикалық функция енгізілді.

Тұрақты температурада ( $T$ ) жүретін процестің энтропиясының өзгеруі  $\Delta S$  мен жүйенің сіңіретін жылуының арасында мынадай байланыс бар екені анықталды:

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{қайтымды}}}{T}$$

Мұндағы  $\Delta S$  – жүйенің энтропиясының өзгеруі,  $Q_{\text{қайтымды}}$  – тұрақты температурада қайтымды процесс жүретін жүйенің сіңірген жылуы,  $T$  – абсолюттік температура.

Тұрақты қысымда, тұрақты температурада жүретін қайтымды процестер үшін теңдеу былай жазылады:

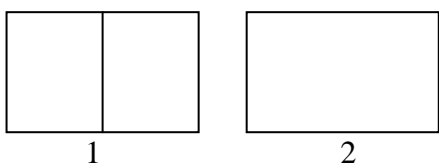
$$\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$$

Мұндағы  $\Delta H$  – жүйедегі процестің энтальпиясы. Осы теңдеу арқылы химиялық реакцияның энтальпиясы абсолютті температураға бөлу арқылы процесс жүрген кезде жүйенің энтропиясы қанша өзгереді есептеледі.

Енді химиялық реакцияның энтропиясы деген не, ол қалай өзгереді және ол химиялық реакциялардың жүруіне және бағытына қалай әсер етеді деген мәселелерді қарастырайық. Екі түрлі газдың молекулалары белгілі бір кеңістікте энергия жұмсамай-ақ өздігінен келмейді, яғни әр газды жеке жинау үшін энергия жұмсау керек. Бұдан әр түрлі газдардың молекулаларының өздігінен араласуының қозғаушы күші энергия емес екенін, сондықтан да жүйенің энергиясының өзгеруі процестің бағытын анықтауға жеткіліксіз екенін байқаймыз.

Энтропия құбылысын түсіну үшін мынадай мысал келтірейік.

Бірдей температурадағы және бірдей қысымдағы ыдыстың қозғалмалы бөгет арқылы бөлінген бір бөлімінде инертті газ гелий, дәл осындай екінші бөлімінде инертті газ неон бар.



Бұл газдардың сыртқы қабаттары электрондармен қаныққандықтан, олар бір-бірімен молекулааралық байланыс арқылы да әрекеттеспейді. Газдардың мұндай жеке тұрған күйін 1 мен белгілейік. Енді газдарды бөліп тұрған бөгетті алса, екі газ молекулалары бір-бірімен өздігінен араласып, біраздан кейін ыдыстың барлық көлемінде біркелкі тарайды. Газдар араласқаннан кейінгі жүйенің соңғы күйін 2 деп белгілейік.

Араласу кезінде жүйенің қысымы, температурасы, энергиясы өзгермейді, газдар да бір-бірімен әрекеттеспейді, бірақ газдардың араласу процесі өздігінен жүреді.

Енді газдар өздігінен соңғы күйден (2) қайтадан бастапқы (1) күйге ауыспайды.

Бастапқы күйде ыдыстың әр бөлімінде әр газдың молекулалары өзара белгілі бір ретпен орналасқан еді, ал екі газдың молекулалары араласқаннан кейін жүйеде ретсіздік байқалады.

Бұдан шығатын қорытынды: энергиясы өзгермей өздігінен жүретін процестер жүйеде реттілік азайып ретсіздік күшейетін бағытта жүреді.

Кез келген жүйе үнемі қозғалыта болатын аса көп бөлшектерден (молекулалар, атомдар) тұратындықтан, жүйелерде өздігінен жүретін

реттіліктен ретсіздікке ауысу сияқты бір жақты процестер механика заңдарынан басқа ықтималдылық теориясына да бағынады. Осы теория тұрғысынан жоғарыда айтылған гелий мен неон газдары молекулалары кіші көлемде жеке ретті орналасқанынан гөрі үлкен көлемде ретсіз қозғалуының ықтималдығы көбірек.

Немесе жоғарыда айтылған ыдыстың бір бөліміне ақ, екінші бөліміне кара құм салып ыдысты шайқасақ, біраздан кейін ақ құм мен кара құм түйіршіктері ыдыста біркелкі араласады, енді ары қарай ыдысты қалай және қанша шайқасақта, құмдар бастапқы қалпына келмейді. Бұл келтірілген мысалда құм түйіршіктері араласу процесінің не себепті бір бағытта жүретінін көрсетеді - әр түсті құм түйіршіктерінің жеке ретпен орналасуынан гөрі, олардың араласып ретсіз орналасуының мүмкіндігі әлдеқайда көбірек екенін көрсетеді.

Жүйедегі ретсіздіктің сандық мәнін энтропия анықтайды. Энтропия жүйе күйінің ықтималдығының логарифмдік өрнектелуі

$$\Delta S = R \lg W = 2,303 R \lg W$$

Мұндағы  $R$  – газ тұрақтысы,  $W$  – жүйе күйінің ықтималдығы.

Егер жүйе бір күйден (1) екінші күйге (2) ауысатын болса, онда оның энтропиясының өзгеруін былай табады:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = R \lg W_2 - R \lg W_1 = R \lg \frac{W_2}{W_1}$$

Энтропияның сандық мәні Дж/К-мен, ал энтропияның заттың 1 моіне қатынасы Дж/моль·К арқылы өлшенеді.

Сонымен жүйенің энергия қоры өзгермей өздігінен жүретін процестер энтропиясының өсу бағытында жүреді.

Химиялық қосылыстардың энтропиялары өзара салыстыру үшін стандарт жағдайларға келтіреді. Температура 298°K (25°С) қысым 101 кПа болғанда заттардың энтропияларын стандартты деп  $S_{298}$  белгілейді.

Заттардың әр түрлі агрегаттық күйлерін, олардың осы жағдайдағы қасиеттері деп қарап тиісті энтропияларының сандық мәні арқылы көрсетуге болады. Мысалы, судың агрегаттық күйлеріне байланысты, ол күйлерге сәйкес келетін энтропияларының мәндері де әр түрлі:

$S_{298}^0$ Дж/моль	$H_2O_{(крис\tau)}$ 39,33	$H_2O_{(сұйық)}$ 70,08	$H_2O_{(бу)}$ 188,72
---------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------

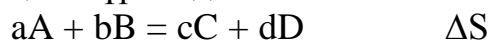
Бұл мысалдардан заттың қатты күйден сұйық күйге, сұйық күйден газ күйіне ауысқанда энтропияларының өсетінін байқауға болады.

Жүйеде бөлшектердің көбеюі, олардың орналасуымен қозғалуындағы тәртіпсіздіктің күшеюі энтропияны көбейтеді.

Химиялық реакцияның өз бетімен жүруіне жүйенің энтропиясының артуы көмектеседі. Химиялық реакциялардың нәтижесінде газ түзілетін болса немесе түзілетін газдардың көлемі қатысатын газдардың көлемінен көп болса, жүйенің энтропиясы артады, ал мұның өзі сол реакцияның өз бетімен жүруіне көмектеседі.

Заттардың энтропияларының мәндерін пайдаланып, реакция жүрген кезде оның энтропиясы қалай өзгертінін табады.

Мынадай жалпы реакция жүрсін делік:



Бұл реакция жүрген кезде энтропияның өзгеруі, энтальпияны тапқандағы сияқты Гесс заңын пайдаланып анықтайды, яғни энтропияның өзгеруі реакция нәтижесінде түзілген заттардың энтропияларының қосындысынан реакцияға қатысқан заттардың энтропияларының қосындысын азайтқанға тең:

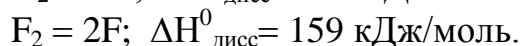
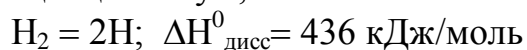
$$\Delta S = (c\Delta S_C + d\Delta S_D) - (a\Delta S_A + b\Delta S_B).$$

*Химиялық термодинамиканың негізіне есептер шығару.*

Көптеген қосылыстардың түзілу жылуының мәні  $\Delta H^0$  арнайы кестелерде немесе анықтамаларда келтіріледі. Бірақ жай заттардың түзілу жылуы стандартты жағдайда нөлге тең болады.

Химиялық процестерге төменде көрсетілген процесстердіде жатқызуға болады.

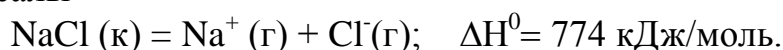
1. Жай газ тәріздес заттардың молекулаларының бөлек атомдарға диссоциациялануы, мысалы:



Бұл жылу эффектілер  $H_2$  және  $F_2$  молекулаларының байланыс энергияларына сәйкес келеді.

Жай заттардың, соның ішінде газдардың молекулаларының диссоциациялану жылуы және түзілген газ тәріздес қосылыстың түзілу жылуы белгілі болса онда оның бөлек атомдардан түзілуінің жылуын есептеуге болады.

2. Иондық кристаллдардың газ тәріздес иондарға диссоциациялануы, мысалы



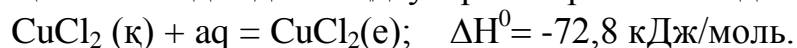
Мұндағы жылу эффектісі натрий хлоридінің кристалдық торының энергиясын сипаттайды.

3. Электронды қосу немесе бөліп алу нәтижесінде атомның ионизациялануы, мысалы

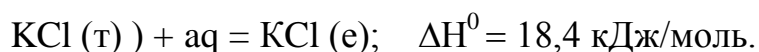


Мұндағы процестердің жылу эффектісі натрий атомының иондалу энергиясын, ал хлор атомының электрон тартқыштығын сипаттайды.

4. Еру процесі кезінде еріткіш пен еріген заттың табиғатына байланысты жылу жұтылады немесе бөлінеді. 1 моль еріткіште соншалықты заттың еруі кезіндегі бөлінетін немесе жұтылатын жылудың мөлшері берілген еріткіштегі берілген заттың еру жылуы деп аталады. Олай болса сулы ертінділер төзілген жағдайда бұл процесс келесідегідей теңдеулермен өрнектелінеді:







Химиялық процестердің жылу эффектісін зерттеу кезінде экзотермиялық реакциялар, соның ішінде жылуды көп бөлетіндері, қарқынды өздіктерінен жүретін реакциялар болады, ал жайрағырақ өздігінен жүретіндеріде экзотермиялық реакциялар болып табылады, бірақ олардың жылу эффектілерінің мәні азырақ болатыны байқалады. Осы байқаулар негізінде химиялық әрекеттесуге түсу мүмкіндігінің өлшемі реакцияның жылу эффектісі болып табылады деген жалпы принцип айтылды.

Химиялық әрекеттесуге түсу мүмкіндік немесе химиялық реакцияның қозғаушы күші жүйенің бос энергиясының өзгерісімен анықталады. Оны тұрақты температура мен қысымда анықтап Гиббс энергиясы деп атайды.

Энтропия, энтальпия және Гиббс энергиясының өзгерістерінің арасындағы байланысты стандартты жағдайда былай көрсетуге болады:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 \text{ немесе жалпы түрде } \Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

1-ші мысал: Метанның ( $\Delta H_{\text{жану}} = -890$  кДж/моль) және сутегінің ( $\Delta H_{\text{жану}} = -286$  кДж/моль) жану жылуларын біле отырып құрамы 60%  $\text{H}_2$ -ден және 40%  $\text{CH}_4$ -тен тұратын газдың жылутүзгіштік қабілетін есептеп шығар?

Шешімі: 1 м<sup>3</sup> газ 600 л сутегі және 400 л метаннан тұрады, яғни 600/22,4 моль  $\text{H}_2$ -ден және 400/22,4  $\text{CH}_4$ -нан тұрады. Газдың жылутүзгіштік қабілетін былай есептейміз

$$286 \frac{600}{22,4} + 890 \frac{400}{22,4} = 23\,550 \text{ кДж/м}^3.$$

Есептер:

1. Судың (с) түзілу жылуын және реакцияның жылу эффектісін  $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O (с)} + 1/2 \text{ O}_2; \quad \Delta H^0 = -97,9 \text{ кДж/моль}$  біле отырып  $\text{H}_2\text{O}_2$ -нің түзілу жылуын есепте?
2.  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  молекулаларының диссоциациялану энергиясы және  $\text{HCl}$ -дың түзілу жылуы сәйкес 436; 243 және -92 кДж/моль құрайды.  $\text{HCl}$ -дың түзілу атомарлы жылуын және байланыс энергиясын есепте?
3.  $\text{CuSO}_4$ -тің еру және гидратталу жылулары сәйкес 66,1 және -77,8 кДж/моль құрайды.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -ның еру жылуын есепте?
4. 38 г күкіртті көміртегін жаққанда қанша жылу бөлінеді, егерде оның түзілу жылуы  $\Delta H^0 = 62,7 \text{ кДж/моль}$  тең болса?
5. Мырыш оксидінің көмірмен тотықсызданып  $\text{CO}$  түзілу реакциясының  $\Delta H^0$  мәнін табыңыз, егерде  $\Delta H^0_{\text{ZnO}} = -348 \text{ кДж/моль}$  тең болса?

## 8. Химиялық реакцияның жылдамдығы. Химиялық тепе-теңдік

### Химиялық реакциялардың жылдамдығы

Химиялық реакциялардың жүру заңдылықтарын зерттеу химияның негізгі мәселесі. Химиялық заттар алу үшін реакцияның жүру механизмі мен жылдамдығын білу керек. Реакцияның жүру механизмін, жылдамдығын және сол жылдамдыққа әрекеттесетін заттардың концентрацияларының,

температураның, қысымның, катализатордың әсерін зерттейтін ғылым химиялық кинетика деп аталады.

Әр түрлі реакциялар әр түрлі жылдамдықпен жүреді. Кейбір реакциялар өте жай жүреді, ал басқа біреулері өте тез қопарылыс беріп жүреді. Бір реакцияның өзі жағдайларға байланысты әр түрлі жылдамдықпен жүреді. Мысалы, сутегі мен оттегінің қоспасы қалыпты температурада әрекеттеспей көп уақыт өзгеріссіз қала береді, ал енді осы қоспаны  $630^{\circ}\text{C}$  – ға дейін қыздырса немесе қыздырмай – ақ тиісті катализатор қолданса, реакция қопарылыс беріп, су түзіледі.

Химиялық реакция кезінде реакцияласушы заттардың мөлшері, демек, концентрациясы өзгереді. Сондықтан химиялық реакцияның жылдамдығын кесімді уақыт ішінде (секунд, сағат, жыл) реакцияласушы заттардың концентрациясының өзгеруімен өлшейді.

Концентрация дегніміз көлем бірлігіндегі заттың мөлшері, көбнесе 1 л/моль саны алынады. Мысалы, реакция басталмас бұрын заттың концентрациясы  $C_0$  (3 моль), реакция басталғанына  $t$  (5) минут өткеннен кейін өлшегенімізде  $C_1$  (2 моль) қалған болса, реакцияның жылдамдығы:

$$v = \frac{C_0 - C_1}{t} = \frac{3 - 2}{5} = 0,2 \text{ моль/мин}$$

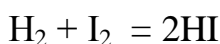
Реакцияның жылдамдығына температураның әсері. Заттардың әрекеттесуі үшін олардың бөлшектері өзара кездесіп соқтығысуы қажет. Соқтығысу нәтижесінде бөлшектердің электрон бұлттарының тығыздықтары өзгеріп, жаңа химиялық байланыс түзіледі. Тәжірибе жүзінде температура әрбір  $10^{\circ}\text{C}$  – қа артқанда реакция жылдамдығы 2-4 есе өсетіндігі анықталған. Бұл ереже оны ашқан ғалымның атымен Вант – Гофф ережесі деп аталады.

Вант – Гофф ережесінің математикалық теңдеуін жылдамдық константаларының не жылдамдықтардың арақатынасы арқылы өрнектесек:

$$\frac{k_{t+10}}{k_t} = \gamma = 2 - 4 \quad \frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma \frac{t_2 - t_1}{10}$$

$\gamma$  – жылдамдықтың температуралық коэффициенті, оның мәні 2 – 4 аралығында жатады. Бұл қатынастардың жуықтан орындалатынына қарамастан көптеген процестердің температураға тәуелділігін білу маңызды роль атқарады. Айталық,  $t$  градус температурада 1 сағатта аяқталатын реакция  $t + 100$  градуста  $1 \cdot 2^{10}$ , яғни 1000 сағатқа немесе 40 күнге созылады, ал  $t - 100$  градуста не бары  $1 \cdot 2^{-10} = 3,6$  секундта өтеді.

Концентрацияның әсері. Химиялық реакция тездеу үшін, реакцияласушы заттардың молекулалары жиі түйісуі қажет екендігі анықталды. Түйісуді жиілендіру үшін алдымен реакцияласушы молекулалардың санын, демек, концентрациясын өсіру керек. Мысалы:



реакциясын алсақ, реакцияның жылдамдығы минутына 0,001 моль болсын. Енді, реакцияласушы заттың бірінің айталық, иодтың концентрациясын 3 есе өсірдік; онда иод пен сутектің молекулаларының белгілі уақыт ішінде түйісу саны үш есе артады, демек, олардың арасындағы

реакцияның жылдамдығы да үш есе артады; 2 есе өсірсек, онда реакцияның жылдамдығы алты есе артып, минутына  $0,001 \cdot 3 \cdot 2 = 0,006$  моль болады.

Химиялық реакцияның жылдамдығына әрекеттесуші заттардың концентрациясының әсерін зерттеген, Норвегияның екі ғалымы Гульдберг пен Вооге 1867 жылы мынандай қорытындыға келеді:

Химиялық реакцияның жылдамдығы реакцияласушы заттар концентрацияларының көбейтіндісіне тура пропорционал.

Мұны әрекеттесуші массалар заңы деп атайды. Енді сол заңды математика тіліне аударып, реакцияны жалпы теңдікпен жазайық:



A және B затының концентрацияларын [A] және [B] деп, реакцияның жылдамдығын  $\nu$  арқылы белгілесек, онда,

$$\nu = k \cdot [A] \cdot [B]$$

болады; бұл арадағы  $k$  – пропорционалдық коэффициенті деп аталады.

Егер алынған теңдікте [A] = 1 және [B] = 1 болса, онда,

$$\nu = k$$

болады, демек,  $k$  – реакцияласушы заттардың концентрациялары бірге тең (1 моль/л) болған жағдайдағы реакция жылдамдығы,  $k$  - әрбір реакцияның өзіне лайықты тұрақты шама, ол тек қана реакцияласушы заттардың жаратылыстық қасиетіне қарай және температураға тәуелді өзгереді, сондықтан оны реакцияның жылдамдық константасы деп атайды.

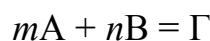
Реакцияласу үшін заттың біреуінен теңдік бойынша бір емес бірнеше молекула керек болса, онда, реакция жылдамдығының теңдігі басқа түрде болады, мысалы:



Осы реакция жүру үшін A затының екі молекуласы мен B затының бір молекуласы бір мерзім ішінде түйісу керек. Мұндай жағдайда математикалық анализге сәйкес реакция жылдамдығының теңдігінде A заты концентрациясының мәнін екі рет алу қажет:

$$\nu = k \cdot [A] \cdot [A] \cdot [B] = k \cdot [A]^2 \cdot [B]$$

жалпы алғанда A затының  $m$  молекуласымен B затының  $n$  молекуласы реакцияласса:



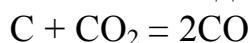
реакцияның жылдамдығының теңдігі мынадай түрге ауады:

$$\nu = k \cdot [A]^m \cdot [B]^n$$

мысалы:



Егер реакцияға қатты зат қатынасатын болса, олар әрдайым бар массасымен емес, тек сыртқы бетімен ғана реакцияласады, сондықтан реакция жылдамдығын анықтағанда оның концентрациясы есепке алынбайды: газ және еріген заттардың концентрациясы ғана есептеледі. Мысалы:



Реакциясының жылдамдығы былай жазылады:

$$v = k \cdot [\text{CO}_2]$$

Катализатордың әсері. Катализатор дейініміз – реакцияның жылдамдығын өзгертіп, бірақ реакция нәтижесінде өздері химиялық өзгермей қалатын заттар.

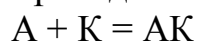
Әрбір реакцияның өзіне лайықты катализаторлары болады, ол катализатор басқа реакцияларға әсер етпеуі мүмкін. Кей жағдайда әр түрлі катализаторлар қолданып, бір заттан бірнеше өнімдер алуға болады. Реакцияға катализатор қатысқандықтан ондағы актив молекулалар саны артады, содан барып реакциялар жылдамдығы артады.

Катализаторлар қатты, сұйық және газ күйінде де болады. Қатты катализаторлардың катализаторлық активтігінен айырылып қалуы оның улануы, мұндай заттар катализатордың уы деп аталады. Катализатордың уымен қатар активаторлары белгілі, бұл өз бетінше катализаторлық активтілігі жоқ, бірақ аз мөлшерде катализаторға араластырса, оның активтігін көтеретін заттар; мұндай заттарды промотр деп атайды. Реакция жылдамдығын тездететін катализатордан басқа реакцияны баяулататын қасиеттері бар заттар да бар, оларды ингибитор деп атайды.

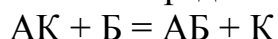
Катализатор әсерінен жылдамдығын өзгертетін процестерді каталитикалық процесс немесе катализ деп атайды.

Катализде гомогенді және гетерогенді болады. Гомогенді катализде катализатор да, реакцияласушы заттар да бір фазада болады. Гетерогенді катализде катализатор мен реакцияласушы заттар әр түрлі фазаға жатады.

Гомогенді катализдегі катализатордың әсері аралық қосылыстардың түзілуі арқылы түсіндіріледі. Айталық  $A + B = AB$  реакциясы өте баяу жүреді; оған катализатор  $K$  қатынастырсақ, реакция тездейді, өйткені ол арада реакцияласқыш аралық қосылыс  $AK$  түзіледі:



Түзілген аралық қосылыс  $AK$ ,  $B$  затымен реакцияласып бізге керекті  $AB$  қосылысын түзеді: катализатор  $K$  бос таза күйде бөлініп шығады;



Бұдан катализатор реакцияға қатысқанымен реакция нәтижесінде химиялық өзгермей қалатындығын көреміз.

Ле – Шателье принципі. Химиялық тепе – теңдік тұрақты жағдайда ғана қалпында болады. Жағдайын – концентрацияны, температураны, қысымды өзгертсе, тепе – теңдік бұзылып, тіке немесе кері реакцияның бағытына қарай ауысып ығысады.

Жағдайын өзгерткеннен химиялық тепе – теңдіктің ығысуының тәртібі Ле – Шателье принципі деп аталатын жалпы ережеге бағынады.

Химиялық тепе – теңдік күйіне келіп тұрған жүйенің жағдайының (концентрация, температура, қысым) біреуін өзгерту, тепе – теңдікті сол өзгертуге қарсы әрекет туғызатын реакция бағытына қарай ығыстырады.

Температура көтерілгенде тепе – теңдік эндотермиялық реакция бағытына қарай, ал температура төмендегенде экзотермиялық реакция бағытына қарай ығысады. Мұны Вант – Гофф заңы деп атайды.

Химиялық тепе – теңдікте тұрған заттардың ішінде газ күйіндегі заттар болса, онда тепе – теңдікке қысымның да әсері болады. Ле – Шателье принципіне сәйкес тепе – теңдікте тұрған жүйенің сыртқы қысымын күшейткенде тепе – теңдік жүйедегі молекулалардың жалпы саны азаятын реакцияның бағытына қарай, яғни ішкі қысымның кемитін жаққа қарай ығысады. Керісінше, сыртқы қысымды кеміткенде тепе – теңдік жүйедегі молекулалардың жалпы саны көбейетін реакцияның бағытына қарай, яғни ішкі қысымның өсуі жағына қарай ығысады.

*Химиялық реакция жылдамдығына және химиялық тепе-теңдікке есептер шығару.*

Гетерогенді жүйелер үшін, мысалы, қызған көмір мен су буының әрекеттесуі кезінде әрекеттесу тек беттік қабатта келесі реакция бойынша жүреді  $C + H_2O = CO + H_2$ .

Реакцияның жылдамдығы су буының концентрациясына, сондай-ақ қатты көмірдің беттік ауданына, яғни оның уатылу дәрежесіне байланысты. Тұрақты уатылу дәрежесі мен температурада реакцияның жылдамдығы су буының концентрациясына тәуелді.

Егер жүйеде бір немесе бірнеше газ тәріздес заттар болғанда химиялық реакцияның жылдамдығы қысымға байланысты.

1-ші мысал: сутегі мен иодтың тепе-теңдік концентрацияларын есептеңдер, егерде олардың бастапқы концентрациялары 0,02 моль/л тең, ал HI-тың тепе-теңдік концентрациясы 0,03 моль/л тең болған жағдайда және тепе-теңдік константаларын есепте?

Шешімі:  $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$  реакция теңдеуінен көрінгендей 0,03 моль HI-тың түзілуіне 0,015 моль сутегі және сонша иод жұмсалады, олардың тепе-теңдік концентрациялары тең және  $0,02 - 0,015 = 0,005$  моль/л құрайды, ал тепе-теңдік константасы

$$K_{\text{тепе-теңдік}} = \frac{0,03^2}{0,005 \cdot 0,005} = 36.$$

*Есептер:*

1. а) Азот пен оттегінің; б) сутегі мен оттегінің; в) азот (II) оксиді мен оттегінің; г) көміртегі диоксиді мен қызған көмірдің арасындағы жүретін реакция жылдамдығының өрнегін жазыңдар.

2.  $A + 2B = AB_2$  теңдеуі бойынша гомогенді жүйеде жүретін химиялық реакцияның жылдамдығының өрнегін жазыңдар және егерде а) А-ның концентрациясын 2 есе өсірсе; б) В – ның концентрациясын 2 есе арттырса; в) екі заттың да концентрациясын 2 есеге өсірсе реакцияның жылдамдығы қанша есеге артатынын анықтаңыздар?

3. Температураны  $50^0$  С көтергенде реакция жылдамдығы 1200 есеге артты.  $\gamma$ -ны есептеңіз?

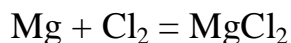
4.  $A + B \leftrightarrow C$  жүйесінің тепе-теңдік константасы үшін өрнекті жазыңдар, егерде а) А, В және С- кез-келген қатынаста бір-бірімен шексіз араласатын газдар, сұйықтықтар немесе ертіндідегі заттар; б) А және С – газ, ал В- қатты зат; в) А- қатты зат, ал В және С- ертіндідегі заттар.

5.  $\text{H}_2 + \text{S} \leftrightarrow \text{H}_2\text{S}$  жүйесінің тепе-теңдігі қай бағытқа ығысады, егерде а) сутегінің концентрациясын өсірсе; б) күкіртті сутегінің концентрациясын азайтса?

## 9. Тотығу-тотықсыздану процесстері

### Тотығу – тотықсыздану процесі

Бейорганикалық химиядағы реакциялардың барлығын екіге бөлуге болады: 1) реакцияласушы элементтердің валенттілігі өзгермей реакцияласу, 2) валенттігі өзгеріп реакцияласу. Біріншісіне жататын түрлері иондар арасындағы алмасу реакциялары, ол реакциялардың теңдіктерін де жазу оңай. Екіншісіне жататын қосылу, ығыстыру және бір сыпыра, көбнесе, күрделі болып келетін, химиялық реакциялар. Реакцияласушы элементтердің валенттіктерінің өзгеруі, реакция кезінде оның атомдарының, молекулаларының, иондарының электрондары бірінен – біріне ауысып кетуіне болады, ондайда олардың тотығу күйі (дәрежесі) өзгереді. Осындай реакцияларды тотығу – тотықсыздану реакциялары деп атайды. Мысалы:

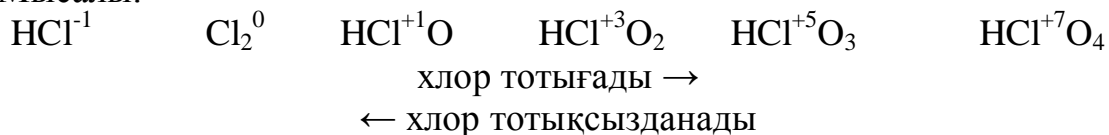


Тотығу дәрежесінің оң, теріс және нөлдік болуы мүмкін, әдетте оны араб сандарымен көрсетіп жанына +, - таңбаларын жазып элементтің символының үстіне жазылады.

Тотығу деген термин ертеден келеді, ол кезде тотығу деп оттеппен қосылуды айтатын. Тотықсыздану, одан да ертеде алхимиктер заманында, оксидтерден таза металл шығарып алу кезінде қолданылған. Сонымен тотығу – оттекті қосып алу, тотықсыздану оттекті қосылыстан тартып алу деген түсінік ұзақ уақыт қолданылады.

Бергі заманда тотығу деп, тек оттекті қосып алу емес, сутекті қосып алуды да айтатын болады.

Оданда бергі кезде тотығу деп оттеппен есептелген валенттіктің өсуін, сутекпен есептелген валенттіктің кемуін атады: осыған кері тотықсыздану деп оттек бойынша валенттіктің кемуін, сутек бойынша валенттіктің өсуін айтатын болды. Мысалы:



Қазіргі кездегі ғылым тотығу мен тотықсыздануды элементтен элементке электрон көшуіне тәуелді процесс деп түсіндіреді. Сондықтан тотығу және тотықсыздану деген терминдерді оттек пен сутекке ғана байланыстырмай, оларға кеңірек мағына береді.

Тотығу – тотықсыздану процесінің осы күнгі теориясын жасаған. Ол теорияның негізгі қағидалары мыналар:

1. Тотығу дейтініміз, атомның, молекуланың, ионның электрон беру процесі. Мысалы:

а) атом электронын берсе, оң зарядты ионға:

$\text{Cl} - 7e^- \rightarrow \text{Cl}^{+7}$  айналады.

б) теріс зарядты ион электрон берсе, бейтарап атомға:

$\text{Cl}^- - e^- \rightarrow \text{Cl}^0$ , оң зарядты ионға  $\text{Cl}^- - 2e^- \rightarrow \text{Cl}^+$  айналады,

в) оң зарядты ион электрон берсе, оның оң заряды берген электрон санына сәйкес өседі:  $\text{Cl}^+ - 4e^- \rightarrow \text{Cl}^{+5}$

2. Тотықсыздану дегеніміз атомның, молекуланың немесе ионның электрон қосып алу процесі. Мысалы:

а) атом электрон қосып алса, теріс зарядты ионға айналады:  $\text{Cl}^0 + e^- \rightarrow \text{Cl}^-$ ;

б) оң зарядты ион электрон қосып алса, заряд саны кеміген оң зарядты ионға:

$\text{Cl}^{+5} + 4e^- \rightarrow \text{Cl}^+$ , бейтарап атомға  $\text{Cl}^{+5} + 5e^- \rightarrow \text{Cl}^0$ , теріс зарядты ионға:  $\text{Cl}^{+5} + 6e^- \rightarrow \text{Cl}^-$  айналады.

3. Тотықтырғыш – электрон қосып алушы бөлшек (атом, молекула, ион).

4. Тотықсыздандырғыш – электрон беруші бөлшек (атом, молекула, ион).

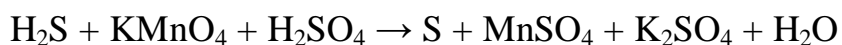
Тотықтырғыш, тотықсыздандырғыш дейтініміз электрон алатын, беретін заттың аты; тотығу, тотықсыздану дегеніміз электрон беру немесе алу процесінің аты. Тотықтырғыш электрон қосып алатын зат, ал электрон қосып алу процесі тотықсыздану деп аталады, демек тотықтырғыш реакция кезінде өзі тотықсызданады. Енді тотықсыздандырғыш электрон беретін зат, ал электрон беру процесін біз тотығу дедік, демек тотықсыздандырғыш реакция кезінде тотығады.

Тотығуды электрон беру процесі дедік, бірақ осы процесте сол берген электронды алатын процесс, яғни тотықсыздану процесі болмаса тотығу процесі жеке бола алмайды. Демек, электрон көшуімен байланысты әрбір реакция қарама – қарсы екі процестің тотығу мен тотықсызданудың – бірлесуі. Осындай реакциялардың барлығын қазіргі кезде тотығу – тотықсыздану процесі деп атайды.

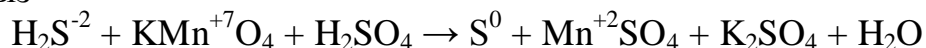
Тотығу – тотықсыздану реакцияларын құрастыру және теңестіру

Тотығу – тотықсыздану реакцияларын теңестірудің екі тәсілі бар, электронды баланс және ионды – электронды тәсілдері. Екі тәсілдің де негізі бірдей: ол - тотығу – тотықсыздану процесінде тотықсыздандырғыш берген электрондардың саны тотықтырғыш қосып алған электрондардың санына тең болуы шарт.

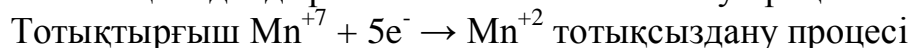
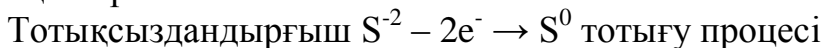
Ең әуелі электронды баланс тәсілі бойынша мынадай реакцияны теңестіріп көреміз.



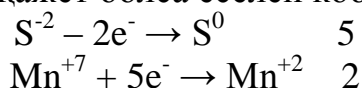
Реакция кезінде тотығу дәрежесі өзгертін элементтерді тауып, олардың үстіне жазамыз



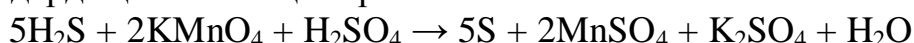
Тотықтырғыш пен тотықсыздандырғышты тауып, тотығу және тотықсыздану процестерін жеке – жеке жазамыз:



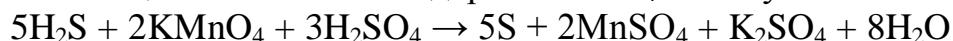
Тотықсыздандырғыш берген және тотықтырғыш алған электрондарды баланса келтіру үшін, олардың теңестіру коэффициентін табады. Теңестіру коэффициентін табу екі санның мысалы, 2 мен 5 – тің ең кіші ортақ еселігін анықтаудан басталады. Әдетте, оны табу үшін екі санды өзара көбейтіп алады  $2 \cdot 5 = 10$ , содан соң көбейтіндіні әрбір атомның алған не берген электрон санына бөліп коэффициентті анықтайды. Іс жүзінде тотықсыздандырғыштың коэффициенті тотықтырғыш алған электрон санын тотықсыздандырғыштың коэффициенті етіп, айқастырып қояды. Егер олар өзара еселеніп келсе, бірдей санға бөліп қысқартып немесе қажет болса еселеп көбейтіп жаза береді:



Анықталған коэффициенті бойынша тотығу – тотықсыздану реакциясына қатысқан атомдардың санын теңестіріп аламыз:

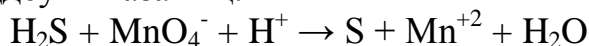


Реакцияға қатысқан, бірақ тотығу дәрежесі өзгермеген атомдары бар заттардың коэффициентін осы белгілі болған коэффициенттер арқылы шығарып алады. Реакция жүретін орта – күкірт қышқылы, ол жеткілікті мөлшерде алынған, сондықтан қажетті жеріне барып қосыла алады. Мысалы, теңдіктің сол жағындағы  $H_2SO_4$  алдындағы коэффициент 1 тең, ал реакция өнімдерінен  $3SO_4^{-2}$  қажет екендігі көрініп тұр, оны бастапқы қышқыл молекулалары береді. Сондықтан 3 деген коэффициентті  $H_2SO_4$  алдына қоямыз. Әлі есепке алынбаған сутек атомдары бар, реакцияға кіріскен  $16H$  – қа сай  $8H_2O$  шығады. Оған қажет 8 оттегі атомдары  $2KMnO_4$  молекуласынан алынады:

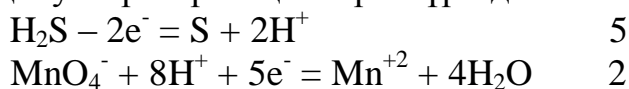


Осылайша реакцияға қатысқан және одан шыққан заттардың атомдарын түгелдей санап, өзара теңестіреді. Іс жүзінде химиялық реакция теңдеуін әлденеше рет қайталап жазудың қажеті болмайды, бірден тотығу – тотықсыздану коэффициенттерін қойып, қалғандарын соған қарап, ойша теңестіру дұрыс.

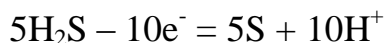
Осы келтірілген реакцияның теңдеуін енді ионды – электронды тәсіл бойынша қайта теңестіріп көреміз. Ол үшін реакцияға қатысатын, яғни тотығып, тотықсызданатын не байланысатын бөлшектерді ғана қалдырып, реакцияның иондық теңдеуін жазайық:



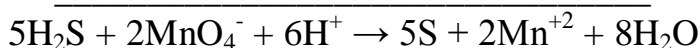
Бұдан тотығуға және тотықсыздануға қатысқан бөлшектерді екі бөліп, тотығу және тотықсыздану жарты реакциялары түрінде жазамыз:



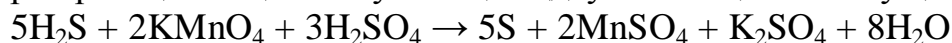
Соңғы теңдеуде  $MnO_4^{-}$  анионындағы 4 оттегі атомын байланыстыру үшін  $8H^{+}$  керектігін бірдей ескеріп жазамыз. Табылған коэффициенттерге теңдеулердің оң жағы мен сол жағын көбейтіп, қоссақ иондық теңдеудің теңескен түрі шығады:







Бұған қарап реакцияның молекулалық теңдеуін толық етіп жазу қиын емес:



Тотығу – тотықсыздану реакцияларының типтері

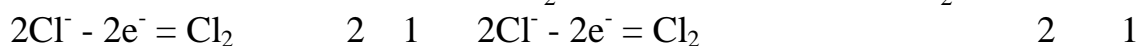
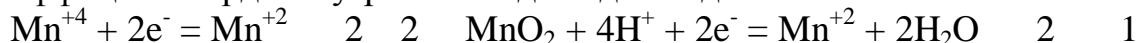
Барлық мүмкін болатын тотығу – тотықсыздану реакцияларын үш типке бөліп қарастыруға болады.

1. Атом аралық және молекула аралық тотығу – тотықсыздану реакциялары - әр түрлі атомның, ионның, молекулалардың арасында электрон ауысуының нәтижесінде жүреді. Бұл ең жиі кездесетін реакциялар.

Қоңыр түсті марганец диоксидін тұз қышқылының ерітіндісіне салғанда, еріп түссізденіп, өткір иісті газ – хлор бөлінгенін байқаймыз:



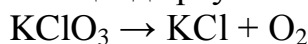
Коэффициенттерді табу үшін екі әдісті де пайдаланамыз:



Бөлінген  $\text{Mn}^{+2}$  иондарын байланыстыру үшін тағы да  $2\text{HCl}$  қажет екендігін ескеріп, реакцияның толық теңдеуін жазамыз:

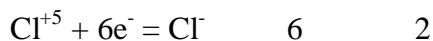


2. Молекула ішіндегі тотығу – тотықсыздану реакциялары - бір ғана молекуладағы екі түрлі атомның бірінен – біріне электрон бұлтының ауысуынан болады. Көбіне мұндай реакциялар күрделі заттардың ыдырауына сай келеді. Мысалы, Бертолле тұзының ыдырауы:

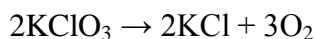
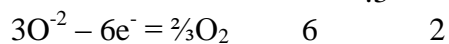


Баяу қыздырған бұл тұз өзгеріске ұшырап, өзінен жануды қолдайтын газ оттекті және құрамында  $\text{Ag}^+$  иондарымен тұнба түзетін  $\text{Cl}^-$  иондары бар тұз түзетінін ажырату қиынға түспейді.

Тотықтырғыш пен тотықсыздандырғыштың алдындағы коэффициент бірдей болатындықтан теңестіру коэффициентін табарда атомдардың арақатынасын молекуладағыдай етіп алады.  $\text{Cl} : \text{O} = 1 : 3$ .

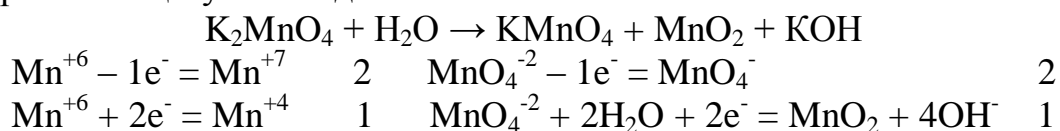


:3



3.Өзіндік тотығу – тотықсыздану немесе диспропорциялану реакциялары – бір ғана атомның түрінің тотығып, әрі тотықсыздануынан шығады. Мұндай реакция жүру үшін, диспропорцияланатын атомның тотығу дәрежесі аралық күйде болуы шарт, сонда ғана ол өзі тотығып әрі тотықсыздана алады. Мысалы, жасыл түсті  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  судағы ерітіндісін қыздырғанда оның күлгін түсі  $\text{KMnO}_4$  түзетінін, әрі қоңырқай түсті  $\text{MnO}_2$  тұнбаға түсетінін көрер едік. Сонымен

катар, бастапқы бейтарап орта, күшті негізді ортаға айналғандығын индикатормен анықтауға болады.



Екі коэффициенттің бір молекуланың алдына қойылатынын ескеріп, оларды өзара қосып ортақ коэффициент табамыз:



Барлық уақыттарда тотығу – тотықсыздану реакциялары осы үш типтің біреуіне ғана сай келеді деп ойлауға болмайды, кейде олар бірігіп, бір процесте де кездеседі.

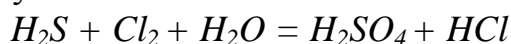
*Тотығу-тотықсыздану процестеріне есептер шығару.*

1-ші мысал:

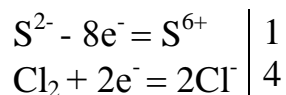
Күкіртті сутекті хлорлы сумен тотықтырғанда күкірт және тұз қышқылдары түзіледі. Реакция теңдеуін теңестіріңіз.

Шешімі:

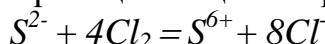
Реакция теңдеуін жазамыз:



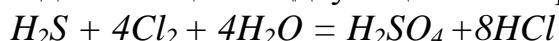
$\text{S}^{2-}$  ионы мен және  $\text{Cl}_2$  молекуласының тотығу жағдайлары өзгеріске ұшырайды:



$\text{S}^{2-}$  -тотықтырғыш беретін электрон саны тотықтырғыш  $\text{Cl}_2$ - қосып алатын электронның санына тең болу үшін екінші теңдікті 4-ке көбейтеміз. Екі теңдікті біріктіргеннен кейін реакцияның электрондық кескінін аламыз

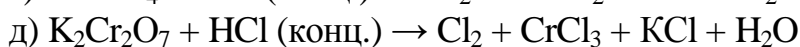
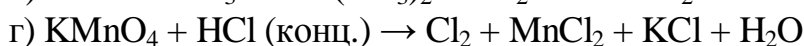
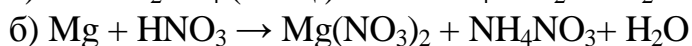
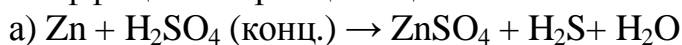


Көрініп тұрғандай  $\text{H}_2\text{S}$ -тің бір молекуласының тотығуына хлордың төрт молекуласы қажет, нәтижесінде бір молекула күкірт қышқылы және сегіз молекула тұз қышқылы түзіледі. Соңынан су молекуласының санын көрсететін коэффициент қойылады. Реакция теңдеуінің жалпы түрі:



*Есептер:*

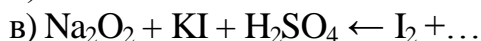
1. Тотықтырғышта тотықсыздандырғышта бір зат болатын теңдеудің коэффициенттерін қойыңыз :



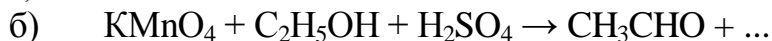
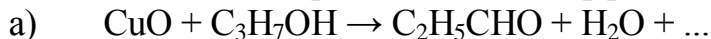
2. Төменде көрсетілген реакция кескіндерінде тотықтырғышта,

тотықсыздандырғышта пероксидтер болып табылатын теңдеуді көрсет және теңдеуді аяқта:

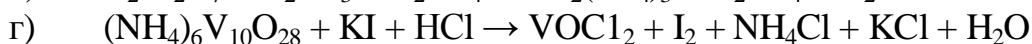




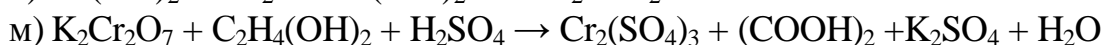
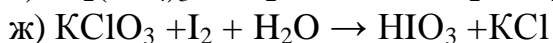
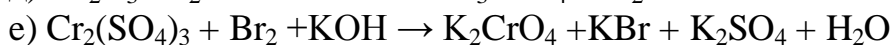
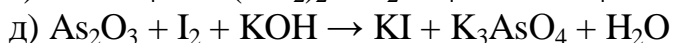
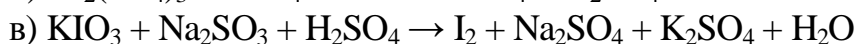
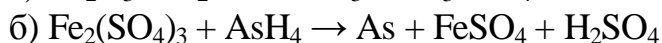
3. Теңдеуді аяқтап органикалық тотықсыздандырғыштармен тотықсызданатын реакцияның коэффициенттерін қойыңыз:



4. Келесі кескін бойынша жүретін реакциялардың тотықтырғышы мен тотықсыздандырғышының эквивалентін есепте :



5. Келесі тотығу-тотықсыздану реакциясының коэффициентін қойыңыз:



## 10. Ерітінділердің түзілуі

Ерітінділер. Ерітінді дегеніміз ең кемінде екі компоненттен тұратын бір текті жүйе. Ерітінділердің ең маңыздысы сұйық ерітінділер, демек газ, сұйық және қатты заттардың сұйықтағы ерітіндісі.

Әрбір ерітінді еріген зат және еріткіштен тұрады. Еріткіш деп ішінде еріген зат молекула, не тіпті ион түрінде біркелкі болып араласатын ортаны айтамыз. Кей жағдайда компоненттердің қайсысы еріген зат, қайсысы еріткіш болып саналады. Егер ерімес бұрын екі компонентте бірдей агрегаттық күйде болған болса, онда қайсысының мөлшері көп болса соны еріткіш дейді.

Заттардың ерігіштігі. Әр түрлі заттардың ерігіштігі еріткіштің табиғатына, сыртқы термодинамикалық жағдайларға – температураға, қысымға байланысты болады. Заттардың ерігіштігін түсіндіретін жалпы теория жоқ, тек «ұқсас заттар

бір – бірінде ериді» деген қағида бар. Мысалы, ионды немесе полюсті болатын суда ериді. Көптеген органикалық заттар органикалық еріткіштерде ериді. Сонымен жеке алған зат кез келген еріткіште ери бермейді, тек белгілі бір еріткіште немесе еріткіштерде ериді.

Сан жағынан заттардың ерігіштігі қанық ерітіндісінің концентрациясымен немесе 100 г еріткіштегі еріген заттың мөлшерімен анықталады.

Газдардың ерігіштігі қысым артуына байланысты өседі, ал температураның жоғарлауына байланысты кемиді. Газдар ерігіштігінің қысымға байланыстылығын Генри заңы анықтайды. Тұрақты температурада газдардың ерігіштігі қысымның өсуіне тура пропорционал.

Сұйықтардың сұйықта ерігіштігі температураның жоғарлауына байланысты артады, ол қысымға байланысты болмайды. Қатты заттардың сұйықта ерігіштігі температура өскен сайын артады, ал қысым онша әсер етпейді.

Ерітінділердің концентрациясын көрсету жолдары.

Ерітінділердің маңызды сипаттамаларының біріне концентрация жатады. Концентрация – ерітіндінің немесе еріткіштің белгілі мөлшеріндегі еріген заттың мөлшері.

Ерітіндінің концентрациясын шамамен анықтау үшін концентрациялы және сұйытылған деген деген түсініктер қолданылады. Концентрациялы ерітіндіге еріген заттың мөлшері көп болады, ал сұйытылған ерітіндіде еріген заттың мөлшері аз болады.

Мысалы 100 г суда 50 г калий иодиді еріген болса, бұл концентрациялы, ал 100 г суда 0,5 г калий иодиді еріген болса, бұл сұйытылған ерітінді, себебі бірінші ерітіндіде еріген заттың мөлшері көп, екіншісінде аз.

Концентрациялы және сұйытылған деген ұғымдар еріген заттың дәл мөлшерін көрсете алмайды және бұл екі ерітіндінің арасында белгілі бір шек болмайды.

Ерітіндінің массасы тұрақты болғанда оның концентрациясы үлеспен немесе пайызбен көрсетіледі.

Массалық үлес – еріген зат массасы ерітінді массасының неше үлесі екенін көрсететін сан.

Массалық пайыз – ерітіндінің 100 массалық бірлігінде еріген заттың неше массалықбірлігі бар екенін көрсететін сан.

Массалық пайыз, массалық үлестен 100 есе көп болады, яғни массалық үлестен массалық пайызға көшу үшін массалық үлесті 100 көбейту керек.

Молярлық үлес ерітіндідегі барлық молекулалардың қаншасы еріген заттың молекулаларының үлесіне тиетінін көрсететін сан. Еріген затпен еріткіш молекулаларының үлестерінің қосындысы 1, ал олардың молекулалық пайыздарының қосындысы 100 – ге тең. Жай заттардан тұратын ерітінділердің концентрацияларын атомдық үлеспен немесе атомдық пайызбен көрсетеді.

Молярлық концентрация 1 л ерітіндіде еріген заттың моль санымен өлшенеді.

$$M = \frac{m \cdot 1л(1000мл)}{Mr \cdot V}$$

Нормальдық концентрация 1 л ерітіндіде еріген заттың эквивалент санымен өлшенеді.

$$N = \frac{m \cdot 1л(1000мл)}{\Xi \cdot V}$$

Титр дегеніміз ерітіндінің 1 л – дегі кг саны немесе 1 миллилитріндегі грамм саны.

Мольдік концентрация 1 кг еріткіште еріген заттың моль санымен өлшенеді.

$$M = \frac{m \cdot 1кг(1000г)}{Mr \cdot V}$$

Осмос қысымы. Ерітінділердің, оның ішінде сұйық ерітінділердің қасиеттерін зерттегенде, ол ерітіндідегі заттың күйі газ күйіне ұқсас екендігі анықталады. Газдардың негізгі қасиеті – диффузия арқылы кең көлем алуға тырысады. Осы қасиет еріген затта да болады, мысалы, бір ыдысқа қанттың концентрленген ерітіндісі құйылады және оның үстіне араласып кетпейтіндей етіп, ештеп сол қанттың сұйық ерітіндісін құяды. Бұл жағдайда екі жақты диффузия басталады, яғни қанттың молекулалары концентрленген ерітіндіден сұйық ерітіндіге, ал судың молекулалары, керісінше, сұйық ерітіндіден концентрленген ерітіндіге диффузияланады. Біраз уақыт өткен соң, қанттың да, судың да молекулалары әбден араласып, ерітінді біртектіге айналады.

Енді су молекулаларын өткізетін, одан ірірек қант молекулаларын өткізбейтін түбі шала өткізгіштен жасалған ыдысқа қант ерітіндісін құяды. Осы ыдысты ішіндегі ерітіндісімен таза су құйылған екінші кеңірек ыдыстың ішіне қойса (сурет), бір жақты диффузия байқалады. Мұнда су молекулалары ғана диффузияланады, әрі олар қанттың ерітіндісі құйылған кіші ыдысқа тез көшеді, кері өтуі баяуырақ болады. Осының нәтижесінде қант ерітіндісінің концентрациясы кемиді. Осындай шала өткізгіш арқылы болатын бір жақты диффузияны осмос деп атайды.

Осмос салдарынан сыртқы ыдыстан ішкі ыдысқа көшкен су ондағы сұйықты түтіктің бойымен жоғары көтереді. Ішкі түтікте туған гидростатикалық қысым белгілі шамаға жеткен кезде осмос тоқтайды. Осмос туғызатын күшті ерітіндінің осмос қысымы дейді.

Осмос қысымы ерітіндінің концентрациясына, температурасына тәуелді.

$$P = cRT$$

Мұнда P – ерітіндінің осмос қысымы; c – ерітіндінің мольдік концентрациясы; R – константа (газ тұрақтысы); T – абсолют температура.

Ерітіндінің осмос қысымы, сол еріген зат газ күйінде болып, осы температурада, ерітіндінің көлеміндей көлем алып тұрғандағы туғызатын қысымына тең (Вант – Гофф заңы).

Айтылған осмос заңы тек сұйық ерітінділерге сәйкес келеді. Қышқыл, гидроксид және тұздардың ерітінділері бұл заңға бағынбайды.

Ерітінділер буының қысымы. Ерітінділердің бетіндегі буының қысымы сумен (еріткішпен) салыстырғанда едәуір төмен болуы ерітінділердің қасиеттерінің бірі.

Әрбір сұйық белгілі температурада бетіндегі буымен тепе – теңдікте болады, яғни оның бетінен үзіліп шығып буға айналатын молекулалар саны будан қайтып сұйыққа қонатын молекулалар санына тең болады.

1889 жылы француз физмгі Рауль толып жатқан ерітінділермен жұмыс істей келе мынадай заңды ашқан:

Электродит емес заттардың сұйық ерітінділерінің буының қысымының кемуі, еріткіштің кесімді мөлшерінде еріген заттың мөлшеріне пропорционал.

Егер таза еріткіштің бу қысымын  $P$  деп, ерітіндінікіні  $P_1$  деп белгілесек,  $P - P_1$  бу қысымының кемуін көрсетеді, оны әдетте  $\Delta P$  деп белгілейді. Енді еріген заттың моль санын  $n$  деп, еріткіштің моль санын  $N$  деп белгілесек, Рауль заңы былай жазылады:

$$\Delta P = \frac{P \cdot n}{N}$$

Рауль заңына сұйық ерітінділер ғана бағынады.

Қышқыл, гидроксид және тұздардың ерітінділері Рауль заңына бағынбайды.

Ерітінділердің қатуы және қайнауы. Әрбір таза заттың өзіне тән белгілі қату және қайнау температуралары болады. Суда бір затты еріткенде, бу қысымы кемиді. Соның салдарынан  $100^{\circ}\text{C}$  ерітіндінің бетіндегі бу қысымы  $101,3$  кПа кем болады; оны атмосфералық қысымға жеткізу үшін, ерітіндіні  $100^{\circ}\text{C}$  жоғары қыздыру керек. Сондықтан, ерітіндінің қайнау температурасы еріткіштікінен жоғары болады. Демек, еріген зат, ерітіндінің қату температурасын төмендетіп, қайнау температурасын жоғарлатады.

Ерітінділердің қату және қайнау температураларын өлшеп, оны сан жағынан есептеген Рауль болатын. Оның экспериментальдық қорытындылары Рауль заңы деп аталады.

1. Қату температурасының төмендеуі, еріткіштің сол салмақ мөлшерінде еріген заттың мөлшеріне пропорционал.

2. Түрлі заттардың эквимолекулалық мөлшерлері бір еріткіштің бірдей етіп алынған мөлшерінде ерітілген болса, ол ерітінділердің қату температурасы бірдей градус санына төмендейді.

Бір моль затты  $1000$  г еріткіште еріткендегі қату температурасының төмендеуі әрбір еріткіштің өзіне тән тұрақты шама. Оны еріткіштің криоскопиялық константасы дейді.

Ерітіндінің қайнау температурасының көтерілуі жөнінде де Рауль осындай заңдар тапқан. Бір моль зат  $1000$  г еріткіште ерігендегі қайнау температурасының көтерілуін еріткіштің эбулиоскопиялық константасы дейді.

Рауль заңы былай жазылады:

$$\Delta t = K \cdot C$$

Мұндағы  $\Delta t$  қату температурасының төмендеуі, қайнау температурасының көтерілуі;  $K$  – криоскопиялық немесе эбулиоскопиялық константа;  $C$  - 1000 г еріткіште еріген заттың моль саны.

Моль саны дегеніміз заттың граммен алынған массасын молекулалық массаға бөлгенге тең. Демек  $C$  орнына  $\frac{m}{Mr}$  қоямыз, сонда  $\Delta t = K \cdot \frac{m}{Mr}$  оны түрлендірсек  $Mr = K \cdot \frac{m}{\Delta t}$  Осы формула арқылы еріген заттың молекулалық массасын табуға болады.

*Ертінділер тақырыбына есептер шығару.*

1-ші мысал: 250 мл ертіндіде 2,3 г еріген зат бар. 27°C ертіндінің осмостық қысымы 249 кПа тең. Еріген заттың молекулалық массасын тап?

Шешімі:

1 л ертіндіде 2,3·4=9,2 г еріген зат бар. 0°C –гі ертіндінің осмостық қысымы мынаған тең:  $\frac{249 \cdot 273}{300} = 227 \text{ кПа}$

9,2 г еріген зат 1 л ертіндіде -----227 кПа осмос қысымын туғызады  
 $x$  г еріген зат 1 л ертіндіде-----2270 кПа осмос қысымын туғызады  
 сонда  $x=92$ .

Осмос қысымы газдың заңдылықтарына бағынатын болғандықтан бұл есептеуге Менделеев-Клапейрон теңдеуінің өзгертілген түрін пайдалануға болады  $pV=RT$ .

Мұндағы  $V$ - құрамында 1 моль еріген заты бар ертіндінің көлемі. Еріген заттың молярлық концентрациясын ( $C$ ) табамыз:

$V$  л ертіндінің құрамында --- 1 моль еріген зат бар

1 л ертіндінің құрамында ---  $C$  моль еріген зат бар

Мұндағы  $C=1/ V$  және теңдеу мынадай күйде болады

$p_{\text{осмос}} = CRT$ . Молярлық концентрация  $C$ -ны  $m/M$  арқылы өрнектеп ( $m$  дегеніміз 1 л ертіндідегі еріген заттың массасы, ал  $M$ - молекулалық массасы)  
 $p_{\text{осмос}} = m RT/M$ .

*Есептер:*

1. Тығыздығы 1,087 г/см<sup>3</sup> болатын 20 мл 10%-ды  $\text{HCl}$ -дың ертіндісімен әрекеттесу үшін тығыздығы 1,04 г/см<sup>3</sup> болатын 5%-ды  $\text{KOH}$  ертіндісінің қандай көлемі қажет?

2. 30 мл 0,1н сілті ертіндісін бейтараптандыру үшін 12 мл қышқыл ертіндісі қажет болды. Қышқыл эквивалентінің молярлық концентрациясын анықтаңдар.

3.  $\text{CaCl}_2$  –нің гидратталу жылуын анықта, егерде сусыз тұздың 1 моль еріткенде 18 кал/моль жылу бөлінеді, ал кристаллогидраттың 1 моль еріткенде 16 кал/моль жылу сіңіріледі.

4. Құрамында 3,74 г заты бар 90 г  $\text{H}_2\text{O}$  –ның ертінді бетіндегі су буының парциальды қысымы  $20^\circ\text{C}$  температурада 17,37 мм сын.бағ. тең. Еріген заттың молекулалық салмағын тап, егерде сол температурада таза су бетіндегі бу қысымы 15,54 мм сын.бағ. құраса.

5. 7 л ертінді құрамында 24,4 г электролит емес бар.  $0^\circ$  -та ертіндінің осмостық қысымы 1,3 атм. тең. Электролит еместің молекулалық массасын тап.

6. 1,6 г электролит емес 250 г суда ерітілген. Ертіндінің қату температурасы  $0,2^\circ$  тең. Электролит еместің молекулалық массасын тап.

7. 5 г затты 200 г суда еріткен. Ертіндінің қайнау температурасы  $T_{\text{қайнау}} = 100,432^\circ$  тең. Еріген заттың молекулалық массасын тап.

8.  $\text{AgCl}$ -дың  $0,01\text{н}$   $\text{NaCl}$  ертіндісіндегі ерігіштігі таза судағы ерігіштігімен салыстырғанда қанша есе төмендейді? ( $K_{\text{AgCl}} = 1,6 \cdot 10^{-10}$ ).

9. 10 мл  $0,2\text{н}$  қорғасын нитратының ертіндісі мен 20 мл  $0,01\text{н}$  натрий хлоридін араластырғанда тұнба түсе ма ( $K_{\text{PbCl}_2} = 1,7 \cdot 10^{-5}$ )?

10. Егер бірдей көлемдегі  $0,2\text{н}$   $\text{CaCl}_2$  және  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ертінділерін араластырсақ ( $K_{\text{CaSO}_4} = 6,1 \cdot 10^{-5}$ ) тұнба түсе ма?

## 11. Электролит ертінділер

### Электролиттік диссоциация теориясының негізгі ұғымдары

1887 ж. С Аррениус электролиттердің электролиттік теориясын ұсынды. Ол теория бойынша барлық заттар электролиттер және электролит еместерге бөлінеді. Электролиттерге барлық қышқылдар, негіздер, тұздардың судағы ертінділері мен балқымалары, ал электролит еместерге көпшілік органикалық қосылыстар жатады.

Электролиттер молекулалары суда ерігенде оң және теріс иондарға диссоциацияланады. Оң зарядталған иондар катиондар, ал теріс зарядталған иондар аниондар деп аталады. Әлсіз электролиттер ертінділерінде тек диссоциация ғана жүріп жатпайды, сонымен қатар оған қарама-қарсы ассоциация, яғни ыдыраған молекулалардың қайта қосылып молекула түзілуі де болады. Сонымен қатар электролиттің диссоциацияланбаған молекулалар саны азайған сайын иондану процессі азаяды да молярзация жылдамдығы артады. Соңында диссоциацияланбаған молекулалар және иондар саны динамикалық тепе-теңдік күйіне келеді де өзгеріссіз қалады. Сөйтіп, электролиттік диссоциация дәрежесімен сипатталады.

Иондарға ыдыраған молекулалар санының, еріген молекулалардың жалпы санына қатынасын электролиттік диссоциациялану дәрежесі деп атайды ( $\alpha$ ):



$$\alpha = \frac{\text{Иондарға ыдыраған молекулалар саны } C_{\text{дисс}}}{\text{Еріген молекулалардың жалпы саны } C_{\text{жалпы}}}$$

Диссоциациялану дәрежесін тәжірибе жүзінде анықтауға болады. Мысалы,  $\alpha = 0,3$  немесе 30 % делік. Бұл электролиттің 100 молекуласынан 30 – иондарға ыдыраған деген сөз. Егер  $\alpha = 0$  болса, диссоциация жүрмегені, егер  $\alpha = 100$  % болса, электролит түгелдей иондарға ыдыраған. Егер 0,1 М сірке қышқылының диссоциациялану дәрежесі  $\alpha = 0,0132$  болса, онда молекулалардың 0,0132 (немесе 1,32 %) иондарға ыдыраған, ал қалған 0,9868 (немесе 98,68 %) диссоциацияланбаған қалпында қалған.

Диссоциациялану дәрежесі электролиттің табиғатына, қолданылған еріткішке және ерітінді концентрациясына байланысты болады. Ерітіндіні сұйылтқан сайын электролиттің диссоциациялану дәрежесі өседі. Диссоциациялану дәрежесіне қарай барлық электролиттер күшті, әлсіз және орташа күшті болып үш топқа жіктеледі.

Күшті электролиттер – 0,01 М – 0,1 М ерітінділері 30 % және одан да аса диссоциацияланатын болса, оларға тұз, күкірт, азот қышқылдарын негіздер КОН, Са(ОН)<sub>2</sub>, NaOH және Ва(ОН)<sub>2</sub> және суда еритін көптеген тұздар жатады.

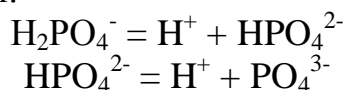
Әлсіз электролиттер – диссоциациялану дәрежесі 3 % - тен аспайтын электролиттер жатады. Оларға көмір қышқылы Н<sub>2</sub>СО<sub>3</sub>, күкіртті сутек Н<sub>2</sub>С, бор қышқылы Н<sub>3</sub>ВО<sub>3</sub>, аммиак NH<sub>4</sub>OH көптеген органикалық қышқылдар мен негіздер де бұл топқа жатады.

Орташа күші бар электролиттер – диссоциациялану дәрежесі 3 пен 30 % арасында болатын электролиттер. Бұларға орта фосфор қышқылы Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>, күкіртті қышқыл Н<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, қымыздық қышқылы Н<sub>2</sub>С<sub>2</sub>О<sub>4</sub>, магний гидроксиді Mg(ОН)<sub>2</sub> жатады.

Электролиттік теория бойынша қышқылдың қышқылдық қасиетін анықтаушы барлық қышқылдардың сулы ерітінділерінде болатын сутек катионы Н<sup>+</sup>. Демек қышқылдың иондану дәрежесі мен концентрациясы неғұрлым жоғары болса, химиялық жағынан ол соғұрлым күшті болады. Мысалы, орта фосфор қышқылының сулы ерітіндісі алдымен сутектің бір катионын бөліп шығарады.



Бұл сатыдағы оның диссоциациялану дәрежесі 0,1 М ерітіндіде 26 % болады. Екінші және үшінші сатыларының диссоциациялануы төмендегі теңдеулермен көрсетуге болады:



Бұлардың диссоциациялану дәрежесі 0,11 % - ке тең. Демек, ортафосфор қышқылында Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub> диссоциациялану бірінші сатыда жүреді. Н<sub>2</sub>РО<sub>4</sub><sup>-</sup> анионы өзін әлсіз қышқыл ретінде, ал НРО<sub>4</sub><sup>2-</sup> анионы өте әлсіз қышқыл ретінде көрсетеді.

Сілтілердің күштілігі де олардың ерітіндідегі диссоциациялану дәрежесімен ОН<sup>-</sup> ионының концентрациясына байланысты болады.

Барлық иондар сулы ерітіндіде гидраттанған күйде екенін ұмытпау керек, яғни су дипольдарымен қосылған (байланысқан), мысалы,  $\text{Na}^+$  - 70,  $\text{K}^+$  - 20 – ға жуық су молекуласын  $\text{H}_3\text{O}^+$  гидроксоний ионы деп атайды.

Электролиттік диссоциация – қайтымды процесс, өйткені қайткенде де диссоциацияланбаған молекулалар мен иондар арасында тепе-теңдік орнауға әкеледі, сондықтан бұған массалардың әрекеттесуші заңын қолдануға болады. Жалпы түрде әлсіз электролиттердің электролитті диссоциациялануын былай жазуға болады:



Электролиттің диссоциациялану константасын өрнектейтін болсақ

$$K = \frac{[\text{A}] \cdot [\text{B}]}{[\text{AB}]}$$

$K$  – электролиттің диссоциациялану константасы деп аталады.

$K$  шамасы үлкен болған сайын, әлсіз электролит күштірек диссоциацияланады және тепе-теңдік күйіндегі ерітіндіде оның иондарының концентрациясы жоғарырақ болады.

Әлсіз электролиттің константасы мен диссоциациялану дәрежесі арасында белгілі байланыс бар, оны математикалық өрнектеуге болады. Ол үшін екі ионға ыдырайтын электролиттің молярлық концентрациясын  $C$  деп белгілесек, ал оның диссоциациялану дәрежесін әдеттегідей  $\alpha$  деп белгілейік. Онда әрбір түзілген ионның концентрациясын  $C\alpha$ , ал диссоциацияланбаған молекулалар  $C(1 - \alpha)$  тең болады. Бұл мәндерді диссоциациялану теңдеуіне қоятын болсақ, онда

$$\frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1 - \alpha)} = K \text{ немесе } K = \alpha^2 C / C(1 - \alpha)$$

Бұл теңдеу Освальдтың сұйылту заңының математикалық өрнегі болып табылады.

Айтарлықтай әлсіз электролиттерде диссоциациялану дәрежесінің  $\alpha$  – шамасы аз, ал  $1 - \alpha$  шамасы  $1$  – ге жуық, сондықтан олар үшін  $C\alpha^2 \approx K$  немесе

$$\alpha = \sqrt{K/C}$$

Ерігіштік көбейтіндісі. Электролит беретін қатты заттардың көпшілігінің, әсіресе, тұздардың кристалдары ионнан тұрады, сондықтан олар ерігенде ерітіндіге көшетін молекула емес, жеке иондар. Кристалл ерумен қатар әрдайым кері процесс еріген зат кристалға қайта қонып, кристалдану болып жатады. Сондықтан ерітінді қанық күйге келгенде, ондағы туатын тепе – теңдік еріп болмаған қатты заттың тұнбасы мен ерітіндіге көшкен иондар арасында болады.

Мысалы нашар еритін  $\text{CaSO}_4$  – тің қанық ерітіндісін алсақ, оның ыдыс түбінде ерімей жатқан тұнбасы иен ерітіндіге көшкен  $\text{Ca}^{2+}$  және  $\text{SO}_4^{2-}$  иондарының арасында жылжымалы тепе – теңдік болады:



Осы тепе – теңдікке әрекеттесуші массалар заңын қолдансақ, тепе – теңдік константасы былай жазылады:

$$K = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$$

Бұл теңдіктен нашар еритін электролиттің қанық ерітіндісіндегі иондары концентрациясының көбейтіндісі, сол температурада тұрақты шама екенін көреміз. Осы шама электролиттің ерігіштігін көрсететін болғандықтан оны ерігіштік көбейтіндісі деп атаймыз.

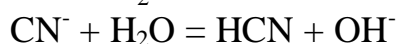
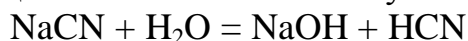


Нашар еритін электролиттің ерітіндісіне аттас ион қосса, электролиттің ерігіштігі кемиді.

Тұздардың гидролизі. Тұздардың көпшілігі суға ерігенде, оның иондары, судың сутек не гидроксид ионымен қосылады, мұны тұздардың гидролизі дейді.

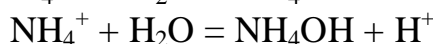
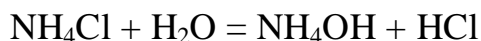
Тұздың өзін қышқыл мен негізден яғни катион мен анионнан тұрады деп қарасақ, онда негізінде төрт түрлі тұз болуы мүмкін екен: әлсіз қышқыл мен күшті негізден түзілген тұз, күшті қышқыл мен әлсіз негізден түзілген тұз, әлсіз қышқыл мен әлсіз негізден түзілген және күшті қышқыл мен күшті негізден түзілген тұздар. Енді осы әр түрлі тұздардың гидролизін қарастырамыз:

1. Әлсіз қышқыл мен күшті негіздің тұзы. Мысалы NaCN, NaCH<sub>3</sub>COO, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> сияқты тұздар. Судың молекулалары аз да болса диссоциацияланады. Судың иондары NaOH және HCN молекулаларын түзуге болар еді; бірақ NaOH күшті негіз болғандықтан оның молекулалары ерітінді жағдайында болғандықтан бұл иондардан түзіле алмайды, ал HCN - әлсіз қышқыл. Сондықтан нашар диссоциацияланатын HCN молекулаларын түзеді:



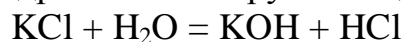
Мұнда гидроксид иондарының концентрациясы өсіп, ерітінді сілтілік реакция көрсетеді.

2. Күшті қышқыл мен әлсіз негізден тұратын тұз. Оның мысалы NH<sub>4</sub>Cl, CuCl<sub>2</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. NH<sub>4</sub>Cl тұзын суда ерітсек, ерітіндідегі гидролиз процесі мына түрде көрсетіледі:



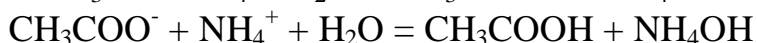
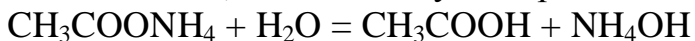
Нәтижесінде ерітіндіде OH<sup>-</sup> иондарынан H<sup>+</sup> иондары көбірек болады, ерітінді қышқылдық реакция көрсетеді.

3. Күшті қышқыл мен күшті негізден тұратын тұз. Мұндай тұздардың мысалына калий хлоридінің гидролизін келтіруге болады:



Калий хлориді гидролизінің теңдеуі күшті негіз бен күшті қышқылдан түзілген тұздардың иондарының су иондарымен әрекеттеспейді, сол себепті ерітінді бейтарап болады.

4. Әлсіз негіз бен әлсіз қышқылдан тұратын тұз. Мысалы CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S бұл тұздардың катионы да, анионы да сумен әрекеттеседі:



Түзілетін қышқыл мен негіздің күшіне қарай, қайсысы басым болса, ерітіндінің ортасы аздаған қышқылдық немесе негіздік болуы мүмкін.

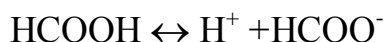
Гидролиздену дәрежесі. Гидролиздену дәрежесі дегеніміз тұздың гидролизденген мөлшерінің оның жалпы еріген мөлшеріне қатынасы, оны пайызға шағуға болады:

$$h\% = \frac{C_2}{C_{\text{ж}}} \cdot 100$$

*Электролит ертінділері тақырыбына есептер шығару.*

1-ші мысал:

Құмырсқа қышқылының диссоциациялану константасы диссоциациялану теңдеуі бойынша



$2,1 \cdot 10^{-4}$  тең.  $0,3$  М құмырсқа қышқылы ертіндісінің диссоциациялану дәрежесі мен сутегі ионының концентрациясын табыңыз?

1-ші шешімі:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{-4}}{0,3}} = 2,64 \cdot 10^{-2}$$

Бұл дегеніміз  $2,64\%$ -ға сәйкес келеді.

$$[\text{H}^+] = C_{\alpha} = 0,3 \cdot 2,64 \cdot 10^{-2} = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ г - ион/л}$$

2-ші шешімі:

Жалпы түрде диссоциациялану константасы үшін өрнекті жазайық:

$$K = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{НСОО}^-]}{[\text{НСООН}]}$$

Теңдіктің алымы иондардың концентрацияларының көбейтіндісі, ал бұл концентрациялар өз ара тең, сондықтан алымын мына  $[\text{H}^+]^2$  өрнекпен ауыстыруға болады. Егерде қышқылдың диссоциацияға ұшыраған бөлігін ескермесек, онда өрнектің бөлімі қышқылдың диссоциацияға ұшырамай қалған бөлігінің концентрациясының шамасын көрсетедіде электролиттің жалпы концентрациясына тең деп есептейміз. Олай болса

$$K = \frac{[\text{H}^+]^2}{C}; \quad [\text{H}^+] = \sqrt{K \cdot C}$$

$[\text{H}^+]$  - ті табамыз:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{2,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,3} = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ г - ион/л}$$

$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{C} = \frac{7,9 \cdot 10^{-3}}{0,3} = 2,64 \cdot 10^{-2}$$

*Есептер:*

1. Натрий ацетатының ертіндісі қандай ортаны береді? Күшті негіз бен әлсіз қышқылдан түзілген тұз ертіндісі қандай ортаны көрсетеді?
2.  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$  иондарының қатысуымен анион бойынша гидролиздену реакцияларының теңдеуін жазыңдар.  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  гидролизденуінің молекулалық түрдегі теңдеуін жаз.
3. Катион бойынша гидролиз дегеніміз не? Мына катиондардың  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  қатысуымен бойынша гидролиздену реакцияларының теңдеуін катион бойынша жазыңдар.  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$  гидролизденуінің молекулалық түрдегі теңдеуін жаз.
4.  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{S}_3$  –тердің гидролиздері соңына дейін жүретіні неліктен? Тұздардың гидролиздену дәрежесіне температура қалай әсер етеді?
5. Гидролиз және гидролиздену константасы дегеніміз не? а) Күшті негіз бен әлсіз қышқылдан; б) әлсіз негіз бен күшті қышқылдың; в) әлсіз негіз бен әлсіз қышқылдың арасында түзілетін тұздар үшін гидролиздену константаларын жазыңдар.
6. Келесі гидролиздену реакция теңдеулерін қысқаша иондық және молекулалық түрде жазып гидролиз нәтижесінде ортаның (рН) қалай өзгеретінін көрсетіңіз:
 

а) $\text{K}_2\text{CO}_3$ , $\text{NaNO}_2$ , $\text{Na}_2\text{S}$ , $\text{CH}_3\text{COONa}$ , $\text{K}_3\text{PO}_4$ .	в) $\text{Al}_2\text{S}_3$ , $\text{AlCl}_3$ , $\text{PCl}_5$ .
б) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , $\text{FeCl}_3$ .	г) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .
7. Натрий ацетататының гидролиздену константасын анықтаңдар, егерде  $\text{CH}_3\text{COOH}$  –тың диссоциациялану константасы  $1,8 \cdot 10^{-5}$  –ке тең болса.
8. 0,2М ертіндідегі  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  –тің 1-ші сатысы бойынша гидролиздену дәрежесін есептендер.

## 12. Комплексті қосылыстар

Комплексті қосылыстар туралы ілімнің негізін жасаған Швейцария ғалымы Альфред Вернер. Вернердің пікірі бойынша қосылыстардың бірінші ретті (қарапайым) және жоғары ретті деп екі топқа бөлуге болады. Жоғары ретті қосылыстар бірінші ретті қосылыстардың өзара бірігуі нәтижесінде түзіледі. Олардың кейбіреулері қатты күйінде де еріген күйінде де тұрақты болады, ал енді біреулері қатты күйінде тұрақты болғанымен, ерітіндіде құрам бөліктеріне ыдырап кетеді. Мұндай қатты күйінде де және еріген күйінде де тұрақты болып келетін жоғары ретті қосылыстар комплексті қосылыстар деп аталады.

Вернердің жұмысы координациялық теория деп аталады. Координациялық теория бойынша комплексті қосылыста орталық орын алып тұрған ион, не атом комплекс түзуші деп аталады. Мысалы, мына қосылыстар  $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{NH}_3$  не  $\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{KCl}$  комплексті қосылыстар болады. Бұлардағы  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$  мыс және платина иондары комплекс түзуші.

Комплекс түзушінің айналасына, соның әсері жететіндей жақындатқанда жиналған, яғни координацияланған иондарды не молекулаларды лигандтар (аддендтер) деп атайды. Осылар (комплекс түзуші мен лигандтар) бірігіп, комплексті қосылыстың ішкі сферасын құрайды. Ішкі сфераға орналаспай

қалған иондар комплексті қосылыстың сыртқы сферасын құрайды. Комплексті қосылыстарды жазғанда олардың ішкі және сыртқы сфераларын айырып көрсету үшін ішкі сфераны квадрат жақшаға алады. Мысалы:



Комплексті қосылысты суға еріткенде сыртқы сферадағы иондар диссоциацияланып кетеді. Сондықтан оның комплекс ионымен байланысы иондық болады. Енді ішкі сферада координацияланған иондар болсын, не молекулалар болсын, олар комплекс түзушімен байланысқан қалпында диссоциацияланбайтын комплекс болып қала береді. Мысалы,  $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$  сияқты аммиакат комплексті қосылыс  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$  былай диссоциацияланады:



Комплекстің ішкі сферасында координацияланатын лигандтар иондар не бейтарап, бірақ полюсті молекулалар болуы мүмкін, онымен қатар бұлар аралас болуы мүмкін, мысалы  $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$  дұрысында мынадай комплексті қосылыс  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$

Комплекс түзушінің айналасына координацияланған лигандтардың жалпы саны сол комплекс түзушінің координациялық саны деп аталады. Жиі кездесетін комплексті қосылыстарда координациялық сан алтыға не төртке тең, сирегірек екіге, не үшке тең болады.

Комплекс ионның заряд саны сыртқы иондар зарядының қосындысына тең, бірақ кері мәнді болады, мысалы  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$  комплекс ион теріс екі валентті, себебі сыртқы сферада оң бір валентті сутектің екі ионы бар.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$  қосылысында комплекс ион оң екі валентті,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$  қосылысында сыртқы сфера жоқ, сондықтан бұл қосылыс суда диссоциацияланбайды, бейэлектрлит.

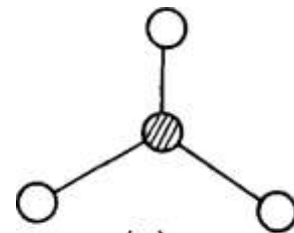
Комплексті қосылыстың құрамы белгілі болса, комплекс түзушінің зарядын табу қиын емес. Ол үшін комплексті қосылыстың формуласына кіретін басқа иондардың барлығының зарядтары алгебралық қосындысын шығарып, оған теріс мән қояды, мысалы  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$  оның қосындысы  $(4 \cdot 0) + (2-) + (2-) = (4-)$ , демек, бұл арада комплекс түзуші платина оң төрт валентті.

Координациялық теория. Комплексті қосылыстардың құрылысы. Координациялық сан 2 бір валентті күміс Ag, алтын Au, мыстың Cu комплексті қосылыстарында кездеседі. Мысалы,  $[\text{CuCl}_2]^-$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $[\text{AuCl}_2]^-$ . Мұндай комплекстерде орталық атом мен екі лиганд бір түзудің бойына орналасады, демек, құрылысы түзу сызықты болады.

Координациялық сан 3 сирек кездеседі. Мысал ретінде сынаптың мынадай комплексті қосылысын:  $[(\text{CH}_3)_3\text{S}], [\text{HgJ}_3]$  келтіруге болады.  $[\text{HgJ}_3]$  – ионының құрылысы тең қабырғалы үшбұрыш сияқты (II – формула).



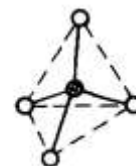
Комплекс түзушінің координациялық саны 4 болғанда комплексті ионның құрылысы тетраэдр немесе квадратты болып келеді (III және IV формулалар).



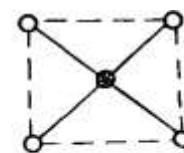
Тетраэдрлы комплекстерді бейметалдар және кейбір металдар түзеді. Мысалы,  $[\text{BeF}_4]^{2-}, [\text{BF}_4]^{-}, [\text{BCl}_4]^{-}, [\text{BBr}_4]^{-}, [\text{ZnCl}_4]^{2-}, [\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}, [\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$  және т. б.

(II)

Жазық квадратты комплекстерді d – металдары түзеді. Мысалы,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}, [\text{PtCl}_4]^{2-}, [\text{PdCl}_4]^{2-}, [\text{AuCl}_4]^{-}$  және т. б.



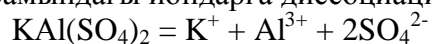
Координациялық саны 5 болып келетін комплекстер онша көп емес. Мұндай комплекстердің құрылысы үшбұрышты бипирамида немесе квадратты пирамида сияқты болады (V және VI формулалар).



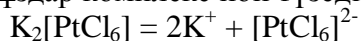
(IV)

Ең жиі кездесетін координациялық сан 6. Мұндай комплекстердің құрылысы октаэдр сияқты. Алтыдан үлкен координациялық сандар сирек кездеседі. Ондай комплекстерді 5 және 6 – периодтағы d – металдары, лантаноидтар және актиноидтар түзеді.

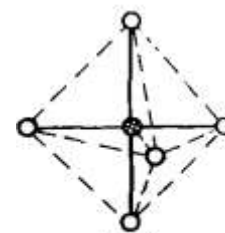
Шынында да қос тұздар мен комплексті тұздардың арасында үлкен айырмашылық жоқ. Қос тұзды координациялық ішкі сферасы берік емес, тұрақсыз комплексті қосылыс деп қарауымыз керек. Бұл екеуінің негізгі айырмашылығы еріген кезде қос тұздар құрамындағы иондарға диссоциацияланады:



Ал комплексті тұздар комплекс ион түзеді.



Сондықтан қос тұздарды комплексті тұздардан айырмашылығын көрсету үшін  $\text{K}_2[\text{CuCl}_4]$  деп жазбайды,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{KCl}$  деп жазады.



(V)

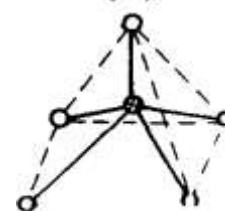
Комплексті қосылыстардың беріктігін сипаттау үшін, комплексті ионның диссоциациялану тепе – теңдігін алып, комплекстің тұрақсыздық константасын есептейді. Мысалы:

$$K_T = \frac{[\text{Pt}^{4+}] \cdot [\text{Cl}^-]^6}{[\text{PtCl}_6^{2-}]}$$

Неғұрлым  $K_T$  мәні кіші болса, соғұрлым комплексті ионның беріктігі арта түседі. Комплексті ионның диссоциациялануы қайтымды процесс болғандықтан оған термодинамика заңдарын қолдануға болады:

$$G^0 = -RT \ln K_p = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

Комплекстердің аталуы. Комплексті қосылыстарды атағанда алдымен теріс зарядталған лигандтар, одан соң саны көрсетіліп бейтарап лигандтар, одан соң барып орталық атом аталады. Орталық атомның тотығу дәрежесі жақша ішіндегі рим цифрымен белгіленеді. Мысалы:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]$  дихлоротетрааммин кобальт (III). Орталық атомның тотығу дәрежесі нөл болғанда (0) белгісі қолданылады. Комплексті ионның аталуы комплексті



(VI)

катионның аталуына ұқсас, тек орталық атомның атауына ат деген жалғау жалғанады. Мысалы:

$[\text{BeF}_4]^{2-}$  - тетрафторбериллат (II)

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  - гексацианоферрат (VI)

Комплекс толық аталғанда алдымен катион, одан соң анион аталады.

Мысалдары:

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_6$  – Гексаамминкобальт (III) хлорид

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_3$  – Дихлоротетрааквохром (III) хлорид

$\text{K}_3[\text{Al}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$  – Калий триоксалатоалюминат (III)

$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  – Калий гексацианоферрат (II)

$\text{K}_3[\text{Co}(\text{CN})_5\text{NO}]$  – Калий пентацианонитрозилкобальт (III).

*Комплексті қосылыстар тақырыбына есептер шығару.*

1-ші мысал:

Платинаның (IV) комплексті қосылыстарындағы комплексті иондардың зарядтарын анықтау керек: 1)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4 \text{Cl}_2]$ ; 2)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_5]$  және 3)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2 \text{Cl}_4]$ ?

Шешімі:

1) Платина ионының тотығу дәрежесі +4 -ке тең, ал аммиак молекуласының заряды нольге тең, ал екі хлорид иондарының заряды -2-ге тең; зарядтардың алгебралық қосындысы

$$+4+(-2) = +2,$$

Осылай қарастырсақ басқа иондардыңда зарядтарын табамыз

2)  $+4+(-5) = -1,$

3)  $+4+(-4) = 0.$

Бірінші жағдайда сыртқы сферада теріс зарядталған ион болады, ал екінші жағдайда оң зарядталған ион, ал үшінші жағдайда практика жүзінде электролит емес.

*Есептер:*

1.  $\text{A}^{+4}$  комплекс түзгіштің координациялық саны 6-ға тең. Аммиакты және цианидті комплекстерінің формуласын жазып көрсетіңіз.

2. Келесі қосылыстардың  $\text{PtCl}_4 \cdot \text{KCl} \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{NH}_3$ ;  $\text{Fe}(\text{CN})_3 \cdot 3\text{KCN}$ ;  $\text{HgI}_2 \cdot 2\text{KI}$ ;  $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  координациялық формулаларын жазыңдар.

3. Келесі қосылыстардағы :  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ;  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4] \cdot [\text{PtCl}_4]$  комплекс түзгіш атомның тотығу дәрежесін анықта.

4. Мына лигандтардың:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{C}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$  қайсысы монодентатты, полидентатты және көпірлі (мостиковый)?

5.  $\text{NH}_3$  пен  $\text{PH}_3$  молекулалары, орталық атомдарында бөлінбеген электрон жұптары бар құрылысы жағынан ұқсас болып келеді. Олай болса неліктен лигандық қасиет тек аммиакқа ғана тән?



6. Электрондық конфигурациясы ұқсас және зарядтары бірдей иондар комплекс түзуге қабілеттілігі жағынан неліктен бір-бірінен ерекшеленеді?  $\text{Be}^{2+}$  мен  $\text{Ba}^{2+}$  иондарын салыстырыңыздар.

7. Нағыз комплекс түзгіш қасиеттері жоғары элементтер периодтық жүйенің қай жерінде орналасқан? Ол немен түсіндіріледі?

8. Координациялық сан электрондық құрылысқа, атомның немесе комплекс түзгіш ионның радиусына, лигандтың табиғатына қалай байланысты?  $(\text{AlF}_6)^{3-}$ ,  $(\text{SiF}_6)^{3-}$ ,  $(\text{BF}_4)^-$  иондары сәйкес хлорлы қосылыстарымен салыстыранда тұрақтылау болып келетінін қалай түсіндіруге болады?

9. Әр түрлі комплекс түзгіштен түзілген комплекстік иондардың кеңістіктік формаларының әр түрлі болуын қалай түсіндіруге болады:

Комплекс түзгіш ион:

$\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^+$   
 $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$   
 $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$

Комплексті ионның формасы:

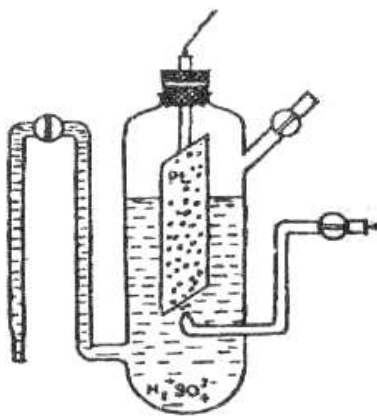
сызықты  
Тетраэдр тәрізді  
Октаэдр тәрізді

10. Комплекс түзгіштің гибридтік орбиталінің бағытын ескере отырып ( $sp^3$  және  $sd^3$  – тетраэдр өсі бойынша;  $sp^3d^2$  – октаэдрлік), келесі комплекстік иондардың кеңістіктегі формасын анықтаңдар:  $[\text{BeF}_4]^-$ ,  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ,  $[\text{AlF}_6]^{3-}$ ,  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$ ,  $[\text{PbF}_8]^{4-}$ ,  $[\text{PbF}_8]^{4-}$ .

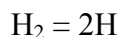
### 13. Электрохимиялық процестер

Металдардың стандартты электродтық потенциалдары. Металдардың электродтық потенциалдарының абсолюттік мәндерін тікелей өлшеу осы уақытқа дейін мүмкін болмай отыр. Сондықтан металдардың электродтық потенциалдарын басқа бір электродпен салыстырмалы потенциалдарын өлшейді. Бұл мақсат үшін салыстырмалы электрод ретінде стандартты сутектік электрод қолданылады да оның потенциалы нөлге тең деп алынады.

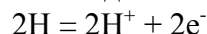
Стандартты сутектік электрод дегеніміз сутек иондарының ( $\text{H}^+$ ) активтік концентрациясы 1 моль/л – ге тең күкірт қышқылына батырылған беті электролиттік жолмен кеуек платинамен қапталған платина электроды. Платина пластинкасы арқылы атмосфералық қысыммен сутегі газы жіберіледі (сурет - ). Сутегі молекулалары кеуек платинада адсорбцияланады және онда жақсы ериді. Платина катализатор ретінде әсері еруінің нәтижесінде сутегі молекулалары аздап атомдарға ыдырайды.



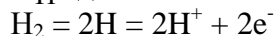
Стандартты сутегі электроды



Платина электродының күкірт қышқылымен жанасқан бетінде түзілген сутек атомдары иондары ыдырайды немесе ерітіндегі сутегі иондары сутек атомдарына айналады:



Сонымен платинаға сіңірілген газ күйіндегі сутек мен ерітіндінің арасында мынадай тепе – теңдік күйінде процестер жүреді:



Бұл тотығу – тотықсыздану процестерінің жүруін платина тікелей қатыспайды, бірақ ол газ күйінде сутегіні көп мөлшерде сіңіріп алып, процестерді жүруіне катализатор ретінде әсер етеді және сутегіне жасалған электрод сияқты жұмыс істейді.

Осы процестердің нәтижесінде түзілген сутегі электродының потенциалын нөлге тең деп алады. Металдардың электродтық потенциалдарының сандық мәндері олардың химиялық активтілігін көрсетеді. Сондықтан металдардың химиялық активтігін бір – бірімен салыстыру үшін олардың потенциалдарын өлшейтін ерітінділердегі иондарының концентрациялары бірдей болуы керек.

Металдардың стандарттық потенциалдарын ( $E^0_{298}$ ) өлшеу үшін стандартты сутектік электрод пен аниондарының активтік концентрациясы 1 моль/л – ге тең тұзының ерітіндісіне батырылған зерттелетін электродтан гальваникалық элемент құрастырады.

Сонымен иондардың концентрациясы 1 моль/л – ге тең өзінің тұзының ерітіндісіне батырылған металл мен стандартты сутектік электродының потенциалдар айырмасы металдың стандарттық электродтық потенциалы деп аталады.

Металдардың стандарттық потенциалдарын бір вертикаль немесе горизонталь қатарға олардың алгебралық мәндерінің өсу ретімен орналастырса, металдардың активтік немесе электрохимиялық кернеу қатары шығады.

Металдың стандарттық электродтық потенциалдарының мәндері олардың атомдарының тотықсыздандырғыштық және иондарының тотықтырғыштық қабілеттерін көрсетеді. Металдардың стандартты электродтық потенциалдарының мәні неғұрлым аз болған сайын, олардың тотықсыздандырғыштық қасиеті соғұрлым күшті болады. Металдың стандартты электродтық потенциалының мәні неғұрлым оң болған сайын, оның ионының тотықтырғыштық қабілеті күшті болады.

Металдардың электродтық потенциалдары жағдайларға, атап айтқанда ортаның қышқылдығына, температураға, концентрацияға байланыстылығы мына теңдеумен көрінеді:

$$E = E^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg C_{\text{тт}}$$

Мұндағы  $E^0$  – металдың стандартты электродтық потенциалы;  $R$  – газ тұрақтысы,  $T$  – абсолюттік температура,  $n$  – металл иондарының заряды,  $F$  –

Фарадей саны,  $C_{\text{т}}$  және  $C_{\text{ттз}}$  сәйкес тотыққан және тотықсызданған формулаларының концентрациялары.

Бұл теңдеуге  $25^{\circ}\text{C}$  ( $298\text{K}$ ) үшін тұрақтылардың ( $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{град}$ ,  $F = 96500 \text{ Кл}$ ) мәндерін қойғаннан кейін оның түрі мынадай болады:

$$E = E^0 \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{\text{т}}}{C_{\text{ттз}}}$$

Осы теңдеуді пайдаланып тұздарының ерітінділеріндегі иондарының концентрациясы стандарттық жағдайдан өзгеше, яғни,  $1 \text{ моль/л}$  – ден көп немесе аз болатын ерітінділерге батырылған металдың электродтық потенциалын табады.

*Электрохимиялық процестерге есептер шығару.*

1-ші мысал:

Күкірт қышқылының сұйытылған ерітіндісі арқылы  $1 \text{ сағат}$  бойы күші  $5 \text{ А}$  болатын ток өткен. Ыдыраған судың массасын және электродтарда бөлініп шыққан оттегі мен сутегінің көлемдерін табыңыз ( $0^{\circ}$  - та және  $760 \text{ мм.сын. бағ.}$ )?

Шешімі:

Электролит арқылы өткен электр тогының мөлшері  $5 \text{ А} \cdot \text{сағатқа}$  тең, немесе  $3600 \cdot 5 = 18000 \text{ Кл}$ - тең. Егер  $26,8 \text{ А} \cdot \text{сағат}$   $1 \text{ г-экв-ті}$  ыдырататын немесе бөлетін болса, онда  $5 \text{ А} \cdot \text{сағат}$   $5/26,8 \text{ г-экв.}$  –ті бөледі немесе ыдыратады. Судың  $1 \text{ г-экв-і}$   $9 \text{ г}$  құраса, ал  $5/26,8 \text{ г-экв}$   $9 \cdot 5/26,8 = 1,67 \text{ г.}$  суды құрайды.

Сутегінің грамм-эквиваленті ( $1/2 \text{ моль}$ ) қалыпты жағдайда  $11,2 \text{ л}$  көлем алса, біздің жағдайымыздағы көлем  $11,2 \cdot 5/26,8 = 2,09 \text{ л-ге}$  тең. Оттегінің грамм-эквиваленті ( $1/4 \text{ моль}$ ) қалыпты жағдайда  $5,6 \text{ л}$  көлем алса, біздің жағдайымыздағы көлем  $5,6 \cdot 5/26,8 = 1,045 \text{ л-ге}$  тең.

*Есептер:*

1. Мыс сульфатының ертіндісін  $1,2 \text{ А}$  ток күшімен  $40 \text{ минут}$  бойы электролизге ұшыратқанда катодта қанша грамм мыс бөлінеді?

2.  $0,27 \text{ г}$  күміс бөліну үшін күміс нитраты ертіндісінен  $0,5 \text{ А}$  ток күшін қанша минут өткізу қажет?

3.  $25 \text{ минут}$  бойына никель сульфаты ертіндісін электролизге ұшыратқанда ток күшінің қандай мәнінде катодта  $0,5 \text{ никель}$  бөлініп шығады?

4.  $4,5\%$ -ды  $0,5 \text{ л}$  натрий гидроокисінің ертіндісі ( $\rho=1,05$ ) бар электролизер арқылы  $10 \text{ А}$  ток күші өткен. Қанша сағаттан кейін натрий гидроксиді ертіндісінің концентрациясы  $10\%$ -ке жетеді.

5. Мыс сульфатының ертіндісін электролизге ұшыратқанда анодта  $0^{\circ}\text{C}$  және  $760 \text{ мм.сын. бағ}$   $350 \text{ мл}$  оттегі бөлінді, ал катодта қанша грамм мыс бөлінеді?

## 14. Сілтілік металдар, Бірінші топтың s – элементтері (I A тобы)

Сілтілік металдардың жалпы сипаттамасы. Бірінші негізгі топшаның немесе IA тобының литий Li, натрий Na, калий K, рубидий Rb, цезий Cs, франций Fr құрайды. Бұларды сілтілік металдар деп атайды, өйткені натрий мен калийдің гидроксидтері сілтілер болатыны ерте кезден белгілі болған.

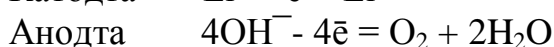
Элементтердің ядро зарядтарының өсуіне байланысты олардың атомдарының, иондарының радиустары заңды түрде үлкейеді және соған сәйкес иондану энергияларының мәндері біртіндеп кемиді. Әр периодтың басында тұрған сілтілік металдардың радиустары өздерінен кейін тұрған негізгі топша элементтерінің радиустарынан үлкен және соған сәйкес металлдық қасиеттері басым келеді.

Химиялық реакциялар кезінде сілтілік металдар өздерінің бір s-электронын оңай беріп тотығады да  $I^+$  тотығу дәрежесін көрсетеді. Бұлар ең күшті тотықсыздандырғыштар. Литийден францийға қарай электрондық қабаттарының, соған сәйкес радиустарының өсуіне байланысты тотықсыздандырғыш қабілеттері де артады.

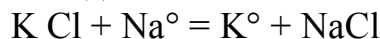
Сілтілік металдардың табиғатта таралуы және алынуы. Сілтілік металдар өте активті болғандықтан, табиғатта тек қосылыстар түрінде кездеседі. Жер қыртысының 2,4 массалық проценті натрийдің, 2,4 массалық проценті калийдің үлесіне тиеді, ал қалған барлық сілтілік металдардың үлесіне 0,014 массалық проценті келеді.

Натрий, натрий хлориді түрінде көп мөлшерде теңіз, көл суларында, тас тұзының қалың қабаттары түрінде жер шарының көптеген аудандарында кездеседі, Натрий сульфатының мол қоры Каспий теңізіндегі Қара-Бұғаз көлде кездеседі. Калий тұздарының қорлары сирек кездеседі. Калий хлоридінің мол қоры Соликамскіде.

Литий мен натрийді олардың хлоридтерінің немесе гидроксидтерінің балқымаларын электролиздеу арқылы алады:

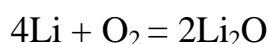


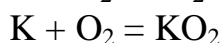
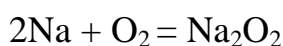
Калийді калий хлоридіне немесе калий гидроксидіне натрий буын жіберу арқылы тотықсыздандырып алады:



Сілтілік металдардың қасиеттері. Сілтілік металдар пышақпен оңай кесілетін жаңа кесілген жері күміс түсті, жеңіл, жұмсақ, оңай балқитын ақ түсті заттар.

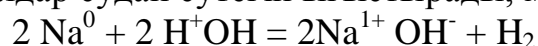
Сілтілік металдар аса күшті тотықсыздандырғыштар болғандықтан көптеген металл еместермен әрекеттеседі. Сілтілік металдар ауада тотығып кетеді, сондықтан оларды керосинде сақтайды. Рубидий мен цезий ауада өздігінен жанып кетеді, ал басқалары аздап қыздырғанда жанады. Жанудың нәтижесінде литий қалыпты оксид, натрий перокси, ал калий, рубидий, цезий супероксидтер түзеді:



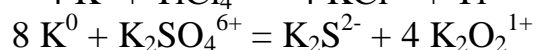
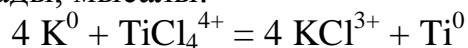


Сілтілік металдар галогендермен, күкіртпен, азотпен, сутекпен әрекеттесіп сәкес салидтер, сульфидтер, нитридтер, гидридтер түзеді.

Сілтілік металдар судан сутегін ығыстырады, мысалы;



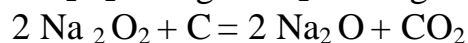
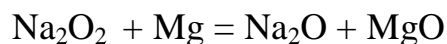
Сілтілік металдар көптеген күрделі заттармен әрекеттесіп әр түрлі иондарды тотықсыздандырады, мысалы:



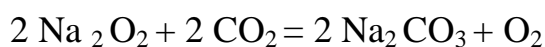
Сілтілік металдадың қосылыстары. Сілтілік металдарды ауада жаққанда (литийден басқалары) пероксидтер мен супероксидтер түзетіні жоғарыда айтылды.

Бұл пероксидтер мен супероксидтер қыздыруға тұрақты қатты заттар.

Натрий пероксиді мен калий пероксиді күшті тотықтырғыштар. Олар ұнтақталған металдармен, көмірмен, фосформен, органикалық заттармен жылу бөле әрекеттеседі:

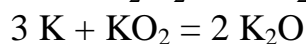
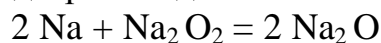


Натрий пероксидінің көміртегі (IV) оксидімен әрекеттесу реакциясын сүңгуір қайықтарда тыныс алуға қажет оттегін алу үшін қолданылады:

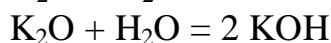


Натрий пероксидінің тотықтырғыш қасиетін маталарды, сабынды, сүйекті, жүндерді ағарту үшін қолданылады. Натрий пероксиді синтетикалық жуғыш заттардың құрамына кіреді.

Натрий пероксиді мен калий супероксидтерін металдармен әрекеттестіру арқылы олардың қалыпты оксидтерін алады:



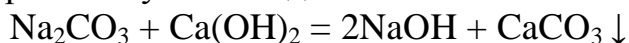
Натрий мен калийдің негіздік оксидтері сумен әрекеттесіп сәйкес негіздер түзеді:



Натрий гидроксиді (күйдіргіш натр немесе натрий сілтісі) мен калий гидроксиді (күйдіргіш калий немесе калий сілтісі) ақ түсті, кристалды қатты заттар. Суда көп жылу бөле өте жақсы еритін күшті негіздер. судағы ерітінділерінде толықтай иондарға ыдырап кетеді. Басқа негіздер сияқты қышқылдармен, қышқылдық оксидтермен, тұздармен әрекеттеседі.

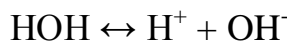
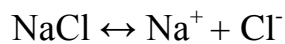
Күйдіргіш натр, күйдіргіш калийдің практикалық маңызы бар. Өнеркәсіпте химиялық және электрохимиялық әдісермен алады.

Химиялық әдіс бойынша натрий сілтісін сода мен кальций гидроксидінің (сөндірілген ізбестің) әрекеттесуінен алады:

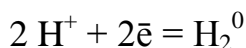


Түзілген кальций корбанаты тұнбаға түсетіндіктен, химиялық тепе-теңдік оңға қарай ауысып, реакция натрий гидроксидінің түзілу бағытына қайтымсыз жүреді.

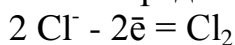
Электролиттік әдіс бойынша натрий гидроксидін натрий хлоридінің ерітіндісін электролиздеу арқылы алады. Мұндай ерітіндіде натрий хлориді натрий және хлор иондарына, ал су аз мөлшерде болса,  $H^+$  және  $OH^-$  иондарына ыдырайды:



Электродтарды ерітіндіге батырғанда натрийға карағанда (-2,71 В) потенциалының мәні көбірек (-0,41 В) болғандықтан, сутегі катиондары тотықсызданады:



Анодта хлорид – иондар тотығып газ күйдегі хлор бөлінеді:



Ерітіндіде қалған  $Na$  және  $OH^-$  иондары қайнатып суалтқаннан кейін натрий гидроксидін түзеді:



Калий гидроксиді де жоғарыда көрсетілген жолдармен алады. Калий гидроксиді мұнай өнімдері бензинді, керосинді тазартуға, сабын өндіруге, жасанды жібек, қағаз жасауда қолданылады.

Калий гидроксиді, натрий гидроксидіне карағанда қымбатырақ болғандықтан сирек қолданылады, ол көбінесе сұйық сабындар жасауға жұмсалады.

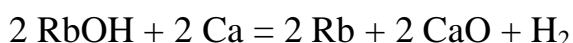
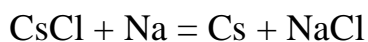
Натрий мен калий барлық қышқылдармен тұздар түзеді. Натрийдің маңызды тұздарына натрий хлориды  $NaCl$  натрий сульфаты  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  натрий нитраты  $NaNO_3$  жатады.

#### Рубидий, цезий, франций

Рубидий, цезий, франций натрий мен калийге карағанда активті басым металдар, олар барлық металл еместермен, сумен, қышқылдармен қатты әрекеттеседі.

Табиғатта рубидий мен цезий қоспа түрінде калий хлоридімен бірге кездеседі, ал франций табиғатта кездеспейді, оны жасанды жолмен алады.

Рубидий мен цезий металдарын олардың гидроксидтерінен, галидтерінен жоғары температурада натриймен немесе кальциймен тотықсыздандырып алады, мысалы:



Цезийдің валенттік электрондары оңай үзілетіндіктен, оны фотоэлементтерде катод ретінде қолданады, ал фотоэлементтерді радиолокаторларда, автоматтық бақылау құралдарында пайдаланады.

*Есептер:*

1. 2,86 мэкв/л –ге тең уақытша кермектілікті жою үшін 1000 л H<sub>2</sub>O –ға қанша грамм Ca(OH)<sub>2</sub>–ні қосу қажет?
2. Магний гидроксидінің 18°C температурада ерігіштігі 2·10<sup>-4</sup> моль/л –ге тең. Осы заттың ерігіштік көбейтіндісін тап.
3. Аммоний гидроксиді көмегімен магний гидроксидін неліктен толықтай тұндыруға болмайды?
4. 1 кг: а) магнезитті; б) доломитті; в) әкті күйдіру кезінде бөлінетін көміртегі диоксидінің массасын теория жүзінде есептеңіз.

### 15. s – Элементтер. II A тобы

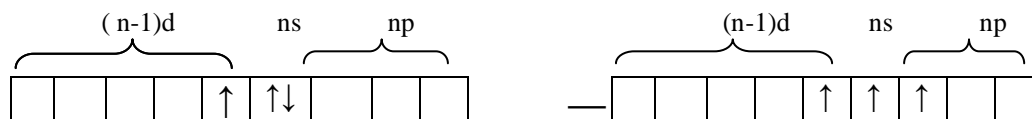
Жалпы сипаттамасы. Екінші топтың S-элементтеріне немесе екінші негізгі топшаға бериллий Be, магний Mg, кальций Ca, стронций Sz, барий Ba, радий Ra жатады. Бұл элементтер қысқа периодты екінші негізгі топшаға, ал ұзын периодты II A тобына орналасқан. Бұрыннан келе жатқан қалыптасқан аты бойынша бұл материалдардың бериллий мен магнийден басқаларын сілтілік жер металдары деп те атайды. Өйткені бұл металдардың сілтілік қасиеттері болар. Оксидтері қиын балқитындықтан, ертеде “жер” днеп аталған металдардың оксидтерінің қасиеттеріне ұқсас.

Екінші негізгі топша элементтерінің және жай заттарының физикалық тұрақтылары 12-кестеде келтірілген.

II A тобы элементтері мен жай заттардың кейбір тұрақты шамалары.

Тұрақтылары	Be	Mg	Ca	Sz	Ba	Ra
Сыртқы қабат электрондары	2s <sup>2</sup>	3s <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup>	5s <sup>2</sup>	6s <sup>2</sup>	7s <sup>2</sup>
Атомның (Э <sup>0</sup> ) радиустары, им	0,113	0,160	0,197	0,215	0,221	0,235
Ионның (Э <sup>2+</sup> ) радиустары, им	0,034	0,074	0,104	0,120	0,138	0,144
Атомдардың иондану потенциалдары, Эв						
Э <sup>0</sup> → Э <sup>+</sup>	9,32	7,65	6,11	5,69	5,21	5,28
Э <sup>0</sup> → Э <sup>2+</sup>	18,21	15,03	11,87	11,03	10,00	10,15
Тығыздығы, г/см <sup>3</sup>	1,85	1,74	1,54	2,63	3,76	6
Балку температурасы С <sup>0</sup>	1285	650	842	770	772	960
Қайнау температурасы С <sup>0</sup>	2470	1095	1495	1390	1860	1500
Стандартты электродтық потенциалдары, В	-1,85	-2,36	-2,86	-2,89	-2,90	-2,92
Жер қыртысында таралуы, атомдық үлесі, %	1,2·10 <sup>-3</sup>	2	2	1·10 <sup>-2</sup>	5,7·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-10</sup>

Қалыпты күйде екінші негізгі топша элементтер атомдарының сыртқы қабатының *s*-қабатшасында спиндері қарама-қарсы жұптасқан екі электрондары болады. Сондықтан 11 А элементтерінің қалыпты жағдайдағы валенттігі нөлге тең болады. Сырттан энергия жұмсау арқылы қоздырып екі жұп *s*-электрондардың біреуін осы қабаттың *p*-ұяшығына көшіріп дара электрондарының санын нөлден екіге дейін арттыруға болады:



Қозған күйдегі екінші негізгі топша элементтерінің бір *s*-, *p*-электрондық орбитальдары гибридтеліп бір-біріне  $180^\circ$  бұрыш жасай орналасқан екі *sp* гибридті орбитальдарын түзеді. Сондықтан бұл элементтер атомдарының басқа бір валентті элементтер атомдарымен (мысалы Х) әрекеттесуінен түзілген молекулалардың пішіндері сызық тәріздес болады да, ондағы химиялық байланыстарда бір-біріне  $180^\circ$  бұрыш жасай орналасады.

II А тобы элементтерінің реттік нөмірлерінің өсуіне байланысты заңды түрде атомдық және иондық радиустары артады, соған сәйкес олардың иондану потенциалдарының мәндері кеміп химиялық активтері артады.

Табиғатта таралуы. Екінші негізгі топша элементтерінен радий радиоактивті, сондықтан табиғатта өте аз ( $2 \cdot 10^{-10}$  массалық проценті), ал бериллий, стронций және барий аз мөлшерде кездеседі. Магний мен кальций әр түрлі қосылыстар түрінде жер қыртысында көп таралған.

Бериллий қосылыстарының ішіндегі аса маңыздысы бериллий  $3 \text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ . Бұл минералдың көкшіл түрі аквамарин, ал жасыл түрі изумруд деп аталатын асыл тастар.

Магний, кальций, стронций, барий табиғатта карбонаттар, сульфаттар, фосфаттар, силикаттар түрінде алынады.

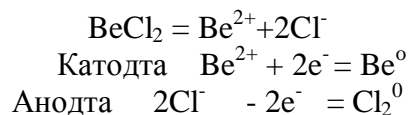
Бұл металдардың аса маңызды карбонаттары әктас, бор, мрамор  $\text{CaCO}_3$  магнезит  $\text{MgCO}_3$ , доломит  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$  стронцианит, витерит  $\text{BaCO}_3$ .

Аталған металдардың маңызды сульфаттары гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , алебастр  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , кизерит  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , целестин  $\text{SrSO}_4$ , барит  $\text{BaSO}_4$ .

Металдардың басқа, одан маңызды қосылыстары бар олар мына минералдар: Фосфорит  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , апатит  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{F}, \text{Cl})_2$ , балқытқыш шпат  $\text{CaF}_2$ , асбест  $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{MgSiO}_3$ , карналлит  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

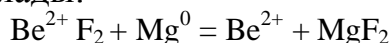
Екінші негізгі топша элементтерінің алынуы бұл топшаның металдарын электролиттік және термиялық әдістермен байытады.

Бериллийді  $\text{BeCl}_2$  мен  $\text{NaCl}$  қоспасының балқымасын электролиздеу арқылы алады.





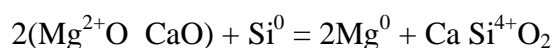
Термиялық әдіспен бериллий фторидын магниймен тотықсыздандыру арқылы таза бериллий алады:



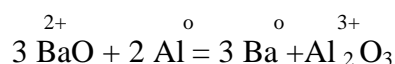
Өнеркәсіпте магнийдің көп мөлшерін тазартылған карналитті  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  Электролиздеу арқылы өндіреді:



Сонымен қатар магнийді термиялық әдіспен алу үшін магний оксидін немесе күйдірілген доломитты күшті тотықсыздандырғыштармен : алюминиймен, кремниймен, кокспен т.б. әрекеттісіреді:



Кальцийді де магний сияқты  $\text{CaCl}_2$  – ні электролиздеу арқылы да, термиялық әдіспен де өндіреді. Соңғы әдіспен металдардың оксидтерін алюминий арқылы жоғары температурада тотықсыздандырады:

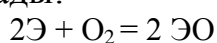


Екінші негізгі топша элементтерінің қасиеттері. Бұл топшадағы элементтер – күміс тәрізді ақ түсті металдар. Бұлардың барлығы да жеңіл металдарға, (радийден басқасы) жатады.

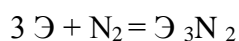
Химиялық қасиеттері жағынан бұлар сілтілік металдардан кейін күшті тотықсыздандырғыштар. Жай және күрделі заттармен әрекеттескенде бұл металдар сыртқы қабаттарындағы 2s- электрондарын беріп химиялық қосылыстарда 2+ -ке тең тотығу дәрежесін көрсетеді. Тотықсыздандырғыштық қасиеттері бериллийден радийға қарай артады. Өйткені осы бағытта олардың атомдарының радиустары артады, сыртқы электрондардың ядроға тартылу күші кемиді, иондану потенциалдарының мәні азаяды, ал электрондар атомнан оңай үзіліп кетеді.

Екінші негізгі топша металдары қалыпты температурада немесе қыздырғанда барлық метал еместермен әрекеттеседі.

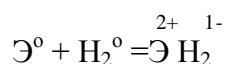
Барлық металдар ауадағы оттегімен әрекеттесіп тотығады, ал тотығу қабілеті бериллийден радийға қарай артады. Ауада бериллий мен магнийдің тотығуы нәтижесінде пайда болған жұқа оксидтер қабығы оларды ары қарай тотығудан қорғап тұрады, ал қалған элементтер оттегімен тотығып сәйкес оксидтеріне айналады:



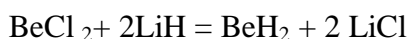
Бұл топшаның элементтері азотпен қыздырғанда әрекеттесіп сәйкес нитридтер түзеді:



Топша элементтерінің бериллийден басқалары сутегімен әрекеттесіп гидридтер түзеді:

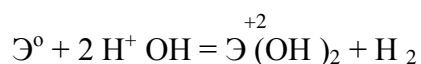


Бериллий сутегімен тікелей әрекеттеспейді, сондықтан бериллий гидридін жанама жолмен, яғни бериллий хлориды мен литий гидридiнiң арасындағы алмасу реакциясының нәтижесінде алады:

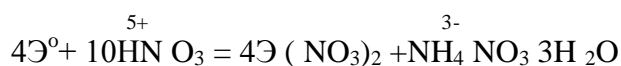


Екінші негізгі топша металдары күрделі заттардың көбісімен әрекеттеседі. Электрохимиялық кернеу қатарында олар сутегінен бұрын орналасқандықтан, қышқылдардан сутегін оңай ығыстырады.

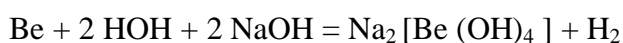
Гидроксидтерінің суда ерігіштеріне қарай топша металдары сумен әртүрлі әрекеттеседі. Бериллийдің гидроксиді суда ерімейді, демек, сумен іс жүзінде әрекеттеспейді магний гидроксиді нашар еритіндіктен, ол тек сумен ғана әрекеттеседі, ал қалған металдар сумен мынадай сызба –нұсқа бойынша қуатты түрде әрекеттеседі.



Топша металдары тотықтырғыш қышқылдар-азот қышқылы және концентрлі күкірт қышқылымен әрекеттесіп оңай тотығады. Мысалы, бериллий қыздырғанда, ал қалған металдар қалыпты температурада сұйытылған азот қышқылымен әрекеттесіп оны алюминий ионына дейін тотықсыздандырады:



Амфотерлік қасиеті болғандықтан бериллий қышқылдарға ғана еріп қоймай сілтілерде де ериді.



Реакция нәтижесінде бериллийдің кешен қосылыс- натрийдің тетрагидроксобериллаты (II) түзіледі.

*Есептер:*

1. Бериллий мен магний атомдарының электрондық конфигурациларын жазыңдар.  $\text{Be}_2$  мен  $\text{Mg}_2$  молекулалары бола ма? Бұл элементтер қандай тотығу дәрежелерін көрсетеді? Бериллий мен магний кернеулік қатарда қандай орын алады? Олардың суға, қышқылдарға ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ) және сілтілерге деген қатынастары қандай?

2. Құрамында аммоний тұздары бар суда  $\text{Mg}$  неге жақсы ериді.

3. Бериллий оксидінің гидратын қалай алуға болады? Метал түріндегі бериллий, натрий күйдіргіші және судан бериллий оксидінің алыну теңдеуін жазыңыздар.

4. Натрий бериллатының түзілу реакциясының теңдеуін жаз. Сілтілік металлдардың бериллатын қыздырғанда неліктен бериллий гидроксиді түзіледі, ал бериллий сульфаты немесе хлориді ертінділерін қыздырғанда неге түзілмейді?

5. Сулы ертіндіде магний және бериллийдің сульфаттарының қоспасы бар. Осы тұздарды бөліп алу әдістерін қарастырыңыз. Ақ магнезия, күйдірілген магнезия, магнезиалды цемент, ащы тұз, магний фторобериллаты деген заттардың формуласын жазыңыздар.

## 16. Үшінші топтың р-элементтері (III А тобы)

Жалпы сипаттамасы. Үшінші топтың р-элементтеріне бор В, алюминий Al, галлий Ga, индий In, талий Tl жатады.

Элементтердің реттік нөмірлерінің артуына байланысты олардың атомдарының радиустары артады, соған сәйкес осы бағытта металдық қасиеттері де артады – бор металл емес, ал талий нағыз металл.

Химиялық байланыс түзуге бұл элементтердің ns np электрондары қатысады. Сыртқы қабаттарындағы екі s-электрондары жұптасқан түрде болады да, ал р-қабатшасында бір дара электроны болады. Сондықтан топша элементтерінің қалыпты күйдегі валенттіліктері бірге тең. Сырттан энергия жұмсау арқылы s-қабатшасындағы жұп электронның біреуін көршілес р-қабатшасына көшіріп дара электронның санын үшке жеткізуге болады.

Бұл үш дара электрондар түзетін бір р-орбиталь және екі р-орбитальдар түзеді де олар бір-біріне 120 бұрыш жасай орналасады.

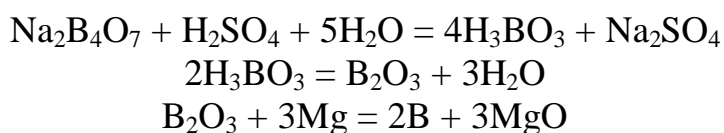
Сондықтан үшінші топтың р-элементтерінің қатысуымен түзілген молекулалардағы химиялық байланыстар да бір-біріне 120 бұрыш жасай орналасып үш бұрыш пішінді молекулалар түзеді.

Осы валенттік электрондарының санына сәйкес топша элементтерінің қосылыстардағы тотығу дәрежелері I+ немесе 3+ болуы мүмкін. Бор, алюминий, галлий, индий қосылыстарда 3+ заряды болса, талий көбінесе 1+ зарядты болады.

### Бор

Табиғатта таралуы және алынуы. Бор табиғатта аз тараған және екі түрлі изотоптан тұрады:  $^{10}_5\text{B}$  (19,57%),  $^{11}_5\text{B}$  (80,43%). Бор әртүрлі минералдар түрінде кездеседі, соның ішіндегі практикалық маңызы барларына бура -  $\text{NaB}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  кернит -  $\text{NaB}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  және ортабор қышқылы –  $\text{H}_3\text{BO}_3$  жатады.

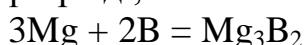
Борды алу үшін оның тұздарына күкірт қышқылымен әсер ету арқылы ортабор қышқылына айналдырады, одан кейін оны қыздыру арқылы бор оксидін алады, ең соңында тотықсыздандырғыштар – сілтілік немесе сілтілік жер металдарымен қосып қыздыру арқылы борды бос күйінде бөліп алады. Бұл айтылғандарды мынадай реакция теңдеулерімен көрсетуге болады:



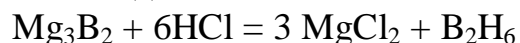
Бордың қасиеттері. Бор екі жай зат аморфты және кристалды түрінде кездеседі: Аморфты бор қара қоңыр түсті, ұнтақ зат. Кристалды бор қызылқоңыр түсті кристалл.

Химиялық қасиеттері жағынан бордың металл еместік қасиеті басым. Ол көміртегі мен кремний сияқты әрі тотықсыздандырғыштық, әрі тотықтырғыштық қасиеттер көрсетеді. Қосылыстардағы оның тотығу дәрежесі 3+.

Бор бейметалдар сияқты металдармен, әсіресе, сілтілік және сілтілік жер металдармен әрекеттесіп боридтер түзеді, мысалы:



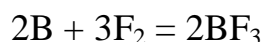
Магний боридіне тұз қышқылымен әсер ету арқылы әр түрлі құрамдағы борсутектерін  $\text{B}_2\text{H}_6$ ,  $\text{B}_4\text{H}_{10}$  т. б. алады:



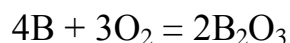
Борсутектер тұрақсыз қосылыстар – олар ауада өздігінен тұтанып бор оксиді мен су түзеді және көп жылу бөліп шығарады:



Бор көптеген бейметалдармен әрекеттеседі. Ол қалыпты температурада тек фтормен реакцияласады:

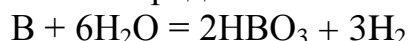


Ауада қыздырғанда ( $700^\circ\text{C}$  дейін) бор оттегімен әрекеттесіп бор оксидін түзеді:

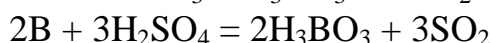
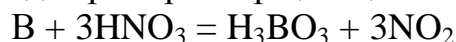


Бор металдармен қосылысқанда ковалентті немесе ионды, ал бейметалдармен тек ковалентті байланыс арқылы қосылысады.

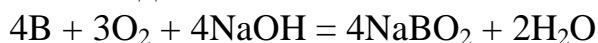
Қалыпты температурада борға су әсер етпейді, бірақ қыздырғанда металдар сияқты судан сутегін ығыстырады:



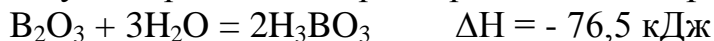
Бор тұз қышқылымен және сұйытылған күкірт қышқылымен әрекеттеспейді, бірақ ол тотықтырғыш қышқылдарда, азот қышқылында және концентрлі күкірт қышқылында еріп ортабор қышқылына айналады:



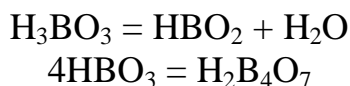
Борды ауада сілтілермен қосып балқытқанда тотығып метабор қышқылының тұздарына айналады:



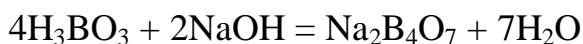
Бор қосылыстары. Бор оксиді шыны түстес ұнтақ зат, ол қышқылдық оксид және суда ериді сумен әрекеттесіп ортабор қышқылын түзеді:



Ортобор қышқылы ыстық суда жақсы еритін ақ түсті кристалды зат. Оны қыздырғанда сусызданып әуелі метабор, сонан соң тетрабор қышқылдары түзіледі.

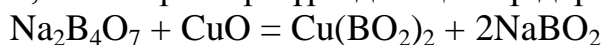


Ортобор қышқылына сілтімен әсер еткенде тетрабор қышқылының тұздары түзіледі:



Бор қышқылдарының тұздарын бораттар деп атайды. Бораттардың негізінен ортобор қышқылының емес, тетрабор қышқылының туындылары. Өйткені, ортобор қышқылын сілтімен бейтараптағанда тетрабораттар түзіледі.

Натрий тетрабораты немесе бура -  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  үлкен түссіз кристалл түзеді. Қыздырған кезде суын жоғалтып балқиды. Балқыған тұз металдар оксидтерімен әрекеттесіп, метабораттар түріндегі қос тұздар түзеді, мысалы:



Осындай реакцияларды металдардың беттерін олардың оксидтерінен тазарту үшін қолданады.

Бордың қолданылуы. Борды аз мөлшерде болатқа, түсті металдарға қосу арқылы олардың механикалық қасиеттерін жақсартады. Бор карбиді атом реакторларында жылу нейтрондарының жылдамдығын баяулататын стержень ретінде қолданады.

Бор қышқылы тері илеуге, бояулар дайындауға, бура металдардың бетінің оксидтерін тазалауға, эмальдар мен шынылардың арнаулы сорттарын жасауға қолданылады. Бура ауыл шаруашылығында микротыңайтқыш ретінде қолданады.

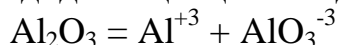
### Алюминий

Алюминидің таралуы және алынуы. Алюминий жер қыртысында ең көп тараған металл (8,8% массалық үлес). Ол алуан түрлі минералдардың құрамына кіреді. Солардың ішінде практикалық аса маңыздылары боксид  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , криолит  $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ , каолинит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , нефелин  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ , алунит  $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  т. б. жатады.

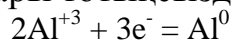
Алюминий кендерінің бай қорлары Қазақстанда Павлодар обылысында кездеседі.

Боксидтен алюминийді өндіргенде әуелі оны бөгде қоспалардан тазартып алады, сонан соң сусыздандырады. Осыдан алынған алюминий оксидін криолитке қосып балқытады. Криолит алюминий оксидінің балқу температурасын төмендету үшін қосылады. Алюминийді алуға арналған электролиттік ваннаның температурасы  $950 - 1000^\circ\text{C}$  шамасында. Ваннаның қабырғасы катод қызметін, ал жылжымалы көмір электродтары анод қызметін атқарады.

Балқымада алюминий оксиді диссоциацияланады:



Катодтта алюминий катиондары тотықсызданады:

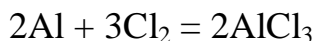


Түзілген алюминий металы ваннаның түбіне жиналады.

Анодта ортоалюминат – аниондары тотығып газ күйіндегі оттегі бөлініп шығады.

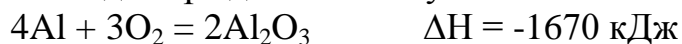
Алюминийдің қасиеттері. Алюминий күмістей ақ түсті металл. Ол жеңіл металдарға жатады, жылуды және электр тоғын жақсы өткізеді, суықтай және ыстықтай өңдеуге икемді.

Химиялық қасиеттері жағынан алюминий өте актив металдардың қатарына жатады. Қалыпты температурада ол галогендермен әрекеттесіп галидтер түзеді, мысалы,

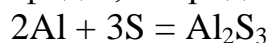


Алюминий ауада өзгермейді, оның себебі металдың бетінде өте тығыз, берік алюминий оксидінің қабаты түзіледі де оны ары қарай тотығудан сақтайды.

Ұсақталған алюминийді қыздырғанда ауадағы оттегімен қуатты әрекеттесіп алюминий оксидін түзеді және жылу көп бөлініп шығады.



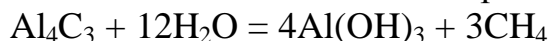
Алюминийді өте қатты қыздырғанда (800 – 1000<sup>0</sup>С) күкіртпен, азотпен әрекеттесіп, сәйкес алюминий сульфидін, нитридін түзеді:



Өте жоғары температурада (2000<sup>0</sup>С) алюминий көміртегімен әрекеттесіп алюминий карбидін түзеді.

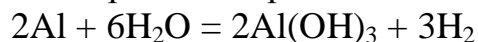


Түзілген алюминий карбиді сумен әрекеттесіп (гидролизденіп), көмірсутектердің қарапайым өкілі метанды бөліп шығарады:

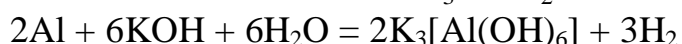
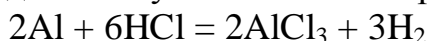


Алюминий сутегімен тікелей әрекеттеспейді, ал оның гидридін басқа әдіспен алуға болады, ол ақ түсті аморфты зат.

Алюминийдің стандартты электродтық потенциалының мәні теріс (-1,67 В) болғанымен ол суда өзгермейді, өйткені оның сыртындағы оксид қабаты металды еруден сақтап тұрады. Оксидтен тазартылған алюминий сумен қуатты түрде әрекеттесіп, сутегін ығыстырып шығарады:



Алюминий амфотерлі болғандықтан қышқылдармен де, сілтілермен де әрекеттесіп тиісті тұздар түзеді және сутегі бөліп шығарады.



Соңғы реакцияның нәтижесінде түзілген комплекс қосылысы – калийдің гексагидроксо алюминатында (III) алюминий анионның құрамында болады.

Сыртында қорғаныш қабаты түзілгендіктен, алюминий суық азот қышқылында және концентрлі күкірт қышқылында пассивтеледі, яғни ары қарай әрекеттеспейді.

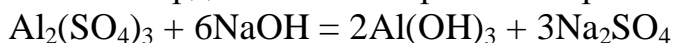
Ұнтақталған алюминий мен ауыр металдың ұсақталған оксидтерінің қоспасын жаққанда металдар иондарынан тотықсызданады және реакция нәтижесінде көп жылу бөлініп шығады.

Жоғарғы температурада металдарды олардың қосылыстарынан басқа бір металл арқылы тотықсыздандыру процесін металлотермия, ал оларды алюминий арқылы тотықсыздандыру алюмотермия дейді.

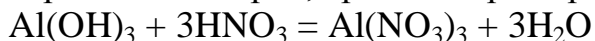
Алюминий қосылыстары. Химиялық қосылыстарында алюминийдің тотығу дәрежесі +3.

Алюминий оксиді  $Al_2O_3$  суда ерімейтін ақ түсті кристалды қатты зат. Алюминий сияқты ол амфотерлік қасиет көрсетеді. Ол табиғатта корунд деп аталатын минерал түрінде кездеседі және қаттылығы жөнінен алмаз бен бор карбидінен кейін үшінші орын алады. Қоспасы көп корундты наждақ деп аталады. Құрамында қоспа түрінде хром (III) оксиді бар қызыл қоңыр түсті корундтың түрін рубин деп атайды. Қазіргі кезде рубинді жасанды түрде алып техникалық мақсаттарға пайдаланады.

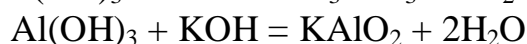
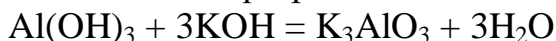
Алюминий оксидіне алюминий гидроксиді  $Al(OH)_3$  сәйкес келеді. Алюминий оксиді суда ерімейтіндіктен, оның гидроксидін алюминий тұздарынан эквивалентті мөлшердегі сілтімен әрекеттестіріп алады.



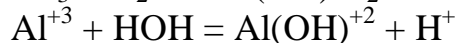
Алюминий гидроксиді суда ерімейтін әлсіз негіз. Ол амфотерлік қасиеттері болғандықтан әрі қышқылдарда, әрі сілтілерде ериді:



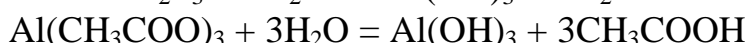
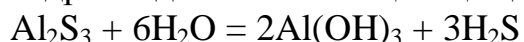
Алюминий гидроксидін сілтілермен қосып балқытқанда орта – алюминаттар немесе металлалюминаттар түзеді:



Алюминий тұздары түссіз болады, өйткені олардың құрамына кіретін алюминий катионының түсі болмайды. Алюминийдің тұздарының көбі жақсы ериді және судағы ерітінділерінде гидролизденеді. Алюминий катионы мен күшті қышқылдардың қалдығынан құралған тұздардың ерітінділері гидролизденудің нәтижесінде қышқылдық орта көрсетеді, мысалы:



Алюминий катионы мен әлсіз қышқылдардың тұздары толықтай гидролизденіп, алюминий гидроксиді мен сәйкес қышқылдар түзеді, мысалы:



Алюминийдің практикалық маңызы бар тұздарына алюминий хлориді  $AlCl_3$ , алюминий сульфаты  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  және алюминий ашудастары  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  жатады.

Алюминийдің қолданылуы. Алюминий мен оның құймалары жеңіл, берік, коррозияға төзімді болғандықтан, авиация және автомобиль жасау өнеркәсіптерінде, құрылыста, қорғаныс ісінде, көпірлер жасауға кең

қолданылады. Алюминийді жез бен қолаға қосу олардың жоғарғы температурада коррозияға төзімділігін арттырады. Metallургия өнеркәсібінде алюминийді тотықсыздандырғыш ретінде пайдаланып металдан алады.

Алюминий электр тоғын жақсы өткізеді, одан көп мөлшерде өткізгіш сымдарын жасайды. Алюминийден ыдыстар жасалса, оның жұқа қаңылтыры әр түрлі тамақ заттарын орауға, ал алюминий ұнтағы ракеталарда қатты отын ретінде қолданылады.

Алюминий оксидінің бөгде қоспасы басым түрі – наждақ заттардың бетін тегістеуге, тазартуға, ал асыл тас түріндегі рубин дәл приборлар, сағаттар жасайтын өнеркәсіптерде, лазерлерде қолданылады.

Алюминий сульфаты су тазартуда, кейбір қағаздар жасауда қолданылады. Алюминий ашудастары көп мөлшерде тері илеуге, мақта мата заттарын бояғанда басытқы ретінде жұмсалады.

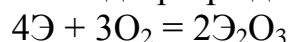
#### Галий, индий, таллий

Бұл металдар атомдарының сыртқы қабатында үш электрон, ал сырттан санағанда екінші қабатында 18 электрон болады. Бұлар өзара ұқсас.

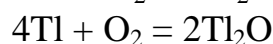
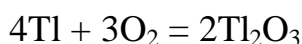
Галий мен индий күміс тәрізді ақ металдар, ал таллий көкшіл сұр түсті металл. Металдар жұмсақ, оңай балқиды.

Галий мен индий химиялық қосылыстарында +3 тотығу дәрежесін, ал таллий +1, +3 тотығу дәрежелерін көрсетеді.

Галий мен индий кәдімгі температурада ауада өзгермейді, ал қыздырғанда тотығып  $\text{Э}_2\text{O}_3$  типтес оксидтер түзеді:

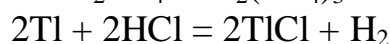
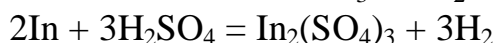
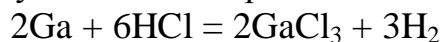


Таллий ауада тез тотығып,  $\text{Tl}_2\text{O}_3$  және  $\text{Tl}_2\text{O}$  оксидтерінің қоспаларын түзеді:

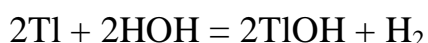


Үш металда кәдімгі температурада фтормен, хлормен, броммен, ал қыздырғанда иодпен, күкіртпен әрекеттеседі.

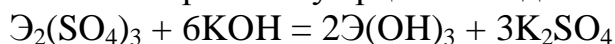
Бұл металдар кернеу қатарында сутегіне дейін орналасқандықтан, сұйытылған қышқылдардан сутегін ығыстырады:



Галлий мен индий суда ерімейді, ал таллий онымен әрекеттесіп, сутегін ығыстырады:

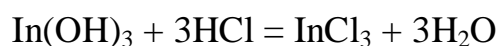


Тотығу дәрежесі +3 болатын галлийдің, индийдің, таллийдің оксидтері  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Tl}_2\text{O}_3$  суда ерімейтіндіктен, оларға сәйкес келетін гидроксидтерді металдардың тұздарына сілтімен әрекет ету арқылы алады:



Галий мен индийдің гидроксидтерінің амфотерлік қасиеттері бар, олар қышқылда да, сілтіде де ериді, мысалы:





Таллий (I) гидроксиді таллий (I) оксидінің сумен тікелей әрекеттесуі нәтижесінде түзіледі:



Галлийдің балқу температурасы төмен, ал қайнау температурасы жоғары, оларды жоғарғы температурада жұмыс істейтін термометрлерді толтыруға, галлий мен таллий оңай балқитын құймалар алуға қолданады.

Сәулені күшті шағылыстыратындықтан, индий рефлекторларды қаптау, мырышпен құймасы ұшақтардың пропеллерін қаптауға жұмсалады.

Индий қосылған түсті металдар құймаларының қаттылығын, үйкеуге, коррозияға төзімділігін арттырады.

*Есептер:*

1. Магний мен натрий боридтерінің сумен және тұз қышқылымен әрекеттесу теңдеулерін жазыңдар.

2.  $\text{B}_2\text{O}_3$  неліктен тұз қышқылымен әрекеттеспейді де фторсутегі қышқылының сулы ертіндісінде жақсы ериді?

3. Бор мен кремнидің химиялық қасиеттеріндегі ұқсастық қалай түсіндіріледі?

4. Диборанның электрондық формуласы қандай? Осы молекуланың үш орталықты байланысын сызып көрсетіңіз.

5.  $\text{H}_3\text{BO}_3$  бор қышқылы қыздырған кезде қандай өзгерістерге ұшырайды? Реакция теңдеуін жазыңдар.

6. 1 тонна  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  бураны алу үшін қанша киллограмм ортобор  $\text{H}_3\text{BO}_3$  қышқылы және  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -тың 23%-ды ертіндісі ( $d = 1,25$ ) қажет?

7. Натрий тетрабораты (бура) сулы ертіндісінде және тұз бен күкірт қышқылдарымен өндегенде қандай өзгерістерге ұшырайды?

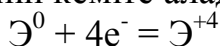
8.  $\text{H}_3\text{BO}_3$ -тің спиртпен және концентрлі күкірт қышқылымен қосындысында жасыл жалынмен жанатын эфир түзіледі. Борлы метилді және борлы этилді эфирлердің түзілу реакцияларының теңдеуін жазыңдар.

## 17. Төртінші топтың p – элементтері (IV А тобы)

Жалпы сипаттамасы. Төртінші негізгі топшаға немесе IV А тобына көміртегі C, кремний Si, германий Ge, қалайы Sn, қорғасын Pb жатады. Бастапқы екі элемент – көміртегі мен кремний металл еместер, ал қалғандары металдарға жатады.

Төртінші негізгі топша элементтерінің және жай заттарының реттік нөмірлерінің өсуіне байланысты олардың атомдарының және иондарының радиустары да өседі және соған сәйкес иондану энергиялары кеміп олардың металдық қасиеттері артады.

Бұл элементтердің химиялық байланыс түзуге екі s – электрондары және екі дара p – электрондары қатысады. Сондықтан олар төрт электрон қосып алып, тотығу дәрежелерін 4 – ке дейін кеміте алады (қорғасыннан басқасы):



Топша элементтерінің сыртқы электрондық қабаттарының сызықтық формуласы мынадай:



Формуладан элементтердің екі дара p - электрондары бары екенін көруге болады. Сондықтан олардың қалыпты жағдайдағы валенттігі екіге тең. Қозған кезде элементтердің s – орбитальдағы жұп электрондарының біреуі бос тұрған p – орбиталына көшеді де валенттіктерінің саны 4 – ке дейін өседі. Химиялық қосылыстарда топша элементтері +4, +2, -4 тең тотығу дәрежелерін көрсетеді. Металдармен және сутегімен қосылыстарында элементтердің (қорғасыннан басқалары) тотығу дәрежелері 4 – ке, ал күшті металл емесермен қосылыстарындағы тотығу дәрежелері +4 – ке тең.

Төртінші негізгі топша элементтерінің қатысуымен түзілген молекулаларының пішіні тетраэдр тәрізді болады. Топша элементтері (қорғасыннан басқалары) сутегімен ЭН<sub>4</sub> типтес қосылыстар түзеді: СН<sub>4</sub> – метан, SiН<sub>4</sub> – силан, GeН<sub>4</sub> – германсутек, Sn – қалайысутек.

Топша элементтері оттегімен ЭО, ЭО<sub>2</sub> типтес қосылыстар түзеді. СО, SiО тұз түзбейтін оксидтер, ал GeО, SnО, PbО амфотерлі оксидтер. ЭО<sub>2</sub> типтес қосылыстардың барлығы да қышқылдық оксидтер. Бұл оксидтерге Н<sub>2</sub>ЭО<sub>3</sub> типтес қышқылдар сәйкес келеді.

Топша бойынша элементтердің реттік нөмірлерінің өсуіне байланысты металл еместік қасиеттері кемиді де, металлдық қасиеттері арта береді. СН<sub>4</sub> – тен SnН<sub>4</sub> – ке қарай сутекті қосылыстардың тұтастығының кемуі осы қасиеттерімен түсіндіріледі.

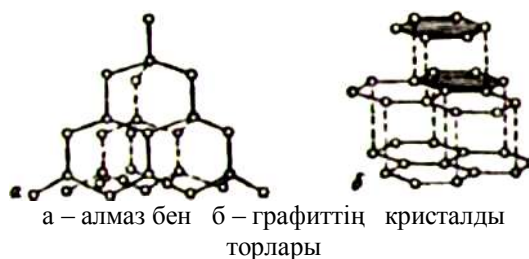
#### Көміртегі.

Көміртегінің табиғатта таралуы. Көміртегі табиғатта бос күйінде де, қосылыс күйінде де кездеседі. Көміртегінің көпшілік мөлшері 99% қосылыстар – минералдар, әсіресе кальций мен магний карбонаттары түрінде тараған. Көміртегі тас көмірдің, қоңыр көмірдің, мұнайдың, табиғи газдың құрамына кіреді. Барлық тірі организмдердің денесі (өсімдіктердің, жануарлардың, адамның) көміртегінің қосылыстарынан тұрады.

Көміртегі (IV) оксиді ауада (0,03%) мұхит, теңіз, өзен суларында, шипалы суларда еріген түрде болады. Көміртегі бос күйінде алмаз, графит жай заттары түрінде тараған. Өзінің қосылыстарының көптігі жөнінен периодтық жүйеде бірінші тұрған элемент.

Көміртегінің физикалық және химиялық қасиеттері. Көміртегінің екі аллотропиялық түр өзгерістері бар, оларға алмаз бен графит жатады, ал жасанды жолмен алынған түр өзгерістерін – карбин және полукумулин дейді.

Алмаз бен графиттің физикалық қасиеттеріне елеулі айырмашылық болатынын олардың құрылыстарының әртүрлілігімен анықталады. (сурет)

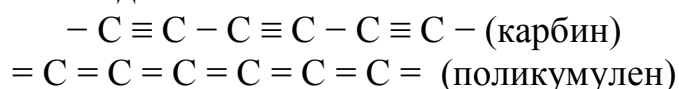


Алмазда көміртегінің әрбір атомы басқа атомдармен төрт гибридті сигма ковалентті байланыс арқылы  $109^\circ$  бұрыш жасай байланысады. Осының нәтижесінде көміртегінің барлық атомдары бір – бірімен ұзындығы 0,154 нм байланыс арқылы тұтас үш өлшемді макромалекула түзеді. Осындай құрылыс алмазға өте мөлдірлік, аса қаттылық қасиет береді. Қаттылығы жөнінен алмаз барлық заттардың ішінде бірінші орын алады.

Графитте көміртегі атомдары орбитальдардың  $sp^2$  – гибридтелудің нәтижесінде үш сигма байланыс арқылы  $120^\circ$  бұрыш жасай бір – бірімен байланысады да бір жазықтықта жатады. Осының нәтижесінде атомдар жазық макромолекулалар түзеді., ал бұл макромолекулалар қабат – қабат болып бірінің үстіне бірі орналасады. Графиттегі көміртегі атомдарының арасындағы байланыс ұзындығы 0,141 нм, ал көршілес макромолекулалардың арасы 0,335 нм болғандықтан, осы қабаттар бір – бірімен оңай жылжып, графит қағазда із қалдырады.

1960 жылдан бері көміртегінің жасанды түрі өзгерістері карбин мен поликумулен синтезделді.

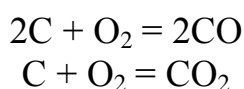
Карбинде көміртегі атомдары кезектесіп келетін үш және бір байланыс арқылы қосылатын болса, поликумуленде көміртегі атомдары өзара қос байланыс арқылы тізбектеседі.



Құрамында көміртегі бар заттарды ауа қатыстырмай қыздырғанда, аморфты кокс көмір жатады, бұлардың құрылысы графит тәрізді.

Көміртегі химиялық қосылыстарда екі, төрт валентті, ал тотығу дәрежесі +2, +4 болады.

Көміртегінің барлық түр өзгерістері – аморфты көміртегі қыздырғанда, алмаз жоғары температурада ( $700 - 800^\circ\text{C}$ ) оттегімен әрекеттесіп оксидтер түзеді:

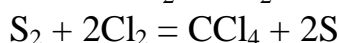
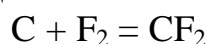


Көміртегінің күкіртпен әрекеттесуі жылу сіңіре жүретін эндотермиялық реакция:



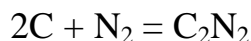
Түзілген күкірткөміртегі ұшқыш сұйық, ол суда ерімейді, ал өзі майлы, смоланы, иодты, фосфорды өте жақсы ерітеді.

Көміртегі фтормен тікелей әрекеттеседі, ал оның басқа галогендермен қосылыстарын жанама жолмен алады.



Төртхлорлы көміртегі мөлдір, отқа төзімді сұйық органикалық заттарды жақсы ерітеді.

Электр разряды кезінде көміртегі азотпен тікелей әрекеттесіп улы газ циан түзеді:

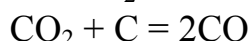
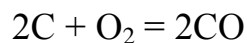


Циан қышқылының тұздарын цианидтер дейді және олар өте улы болады.

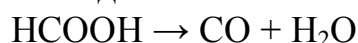
Көміртегі жоғары температурада металдармен әрекеттесіп карбидтер түзеді, мысалы:



Көміртегі оксидтері. Көміртегі (II) оксиді CO көміртегі жетімсіз мөлшердегі оттегімен әрекеттескенде немесе көміртегі (IV) оксидін қызған көмір арқылы өткізгенде түзіледі:

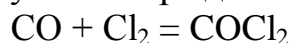


Зертханада көміртегі (II) оксидін құмырсқа қышқылын фосфор (V) оксидімен сусыздандыру арқылы алады:



CO түссіз, иіссіз, дәмсіз өте улы, тұз түзбейтін оксид.

Өзінің химиялық қасиеттері жөнінен көміртегі оксиді CO күшті тотықсыздандырғыш және қосылу реакциясына бейім келеді. Хлормен әрекеттесіп, фосген деп аталатын улы зат түзеді.

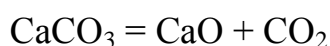


CO жанғыш газ болғандықтан, қыздырғанда ауада жанып, CO<sub>2</sub> – ге айналады.



Көміртегі (IV) оксиді CO<sub>2</sub> түссіз, иіссіз, жанбайтын, жануды қолдамайтын газ, 1 л суда 1,7 л CO<sub>2</sub> ериді.

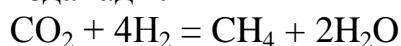
Көміртегі оксидін өнеркәсіпте әктасты қыздырып, ыдырату арқылы алады:



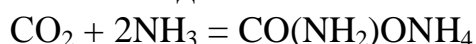
Зертханада көміртегі (IV) оксидін Кипп аппаратында мраморға немесе кальций карбонатына қышқылмен әрекет ету ретінде алады:

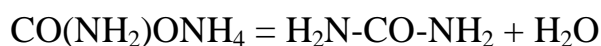


Жоғарғы температурада, катализатор қатысында, көміртегі (IV) оксиді сутегі арқылы метанға тотықсызданады.



Көміртегі (IV) оксиді аммиакпен әрекеттесіп амидкөмір қышқылының тұрақсыз тұзын түзеді, ал бұл тұз қыздырғанда суды бөліп шығарып карбамидке немесе мочевиінаға айналады.

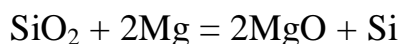




Карбамид немесе мочеви́на ақ түсті кристалды зат, суда жақсы ериді, ауыл шаруашылығында азот тыңайтқышы ретінде қолданылады.

Кремний. Кремний табиғатта өте көп таралған элемент. Жер қыртысының 97% кремнийдің қосылыстарынан тұрады. Ол бос күйінде кездеспейді, ол негізінен кремний қышқылының тұздары силикаттар түрінде көп тараған, оның ішінде алюмосиликаттар жиі кездеседі. Алюмосиликаттардың маңыздыларына дала шпаты  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  ортоклаз  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , нефелин  $\text{NaAlSiO}_4$ , каолин  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , слюда  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  т. б. жатады. Кремний  $\text{SiO}_2$  (кремнезем, құм т. б.) түрінде аса көп тараған.

Кремнийді алу үшін, ақ қиыршық ұсақ құмды магниймен араластырып қыздырады:



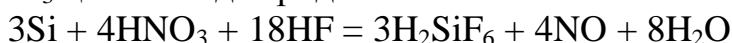
Кремнийді  $\text{MgO}$  және реакцияласпай қалған  $\text{SiO}_2$  – ден тазарту үшін, реакциядан шыққан массаны тұз қышқылымен және фторсутек қышқылымен әрекеттейді.

Мұнда шығатын аморфты кремний, сұр түсті ұнтақ зат, тығыздығы  $2,35 \text{ г/см}^3$  – ке жуық. Кремний балқыған металда ерітіп қайта кристалдауға болады, онда кристалдық кремний түзіледі; бұл болат сияқты сұр, металдық жылтыры бар, қатты кристалдық зат, тығыздығы  $2,4 \text{ г/см}^3$ .

Кремнийдің сыртқы электрондық құрылысы  $3s^2 3p^2$ , оның атомында  $sp^3$  – гибридизация болады.

Химиялық қасиеті жағынан кремнийдің кристалдық түрі инертті, аморфты түрі реакцияға түседі. Фтормен қалыпты жағдайда, оттек, хлор, бром және күкіртпен  $400 - 600^\circ\text{C}$ , азот және көміртеппен өте жоғары температурада реакцияласады.

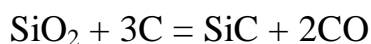
Жеке қышқылдар кремнийге еш әсер етпейді, қайта пассивтеніп кетеді, кремний  $\text{HF}$  мен  $\text{HNO}_3$  қоспасында ериді:



Сілтілердің әрекетінен кремний тұзға айналады:

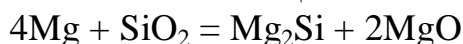


Құм мен коксты тиісті мөлшерде араластырып қыздырса, кремний мен көміртектің қосылысы – кремний карбиді  $\text{SiC}$  түзіледі, оны көбіне карборунд деп атайды.

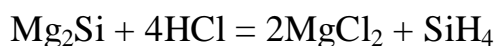


Таза карборунд – түссіз кристалдық, өте қатты зат, қаттылығы алмаздан кем, тығыздығы  $3,2 \text{ г/см}^3$ .

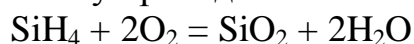
Құм мен магний арасындағы реакцияда, магний артығырақ алса, тотықсызданып шыққан кремний магниймен қосылып магний силицидін түзеді:



Магний силицидіне хлорсутекпен әрекет етсек, кремний сутексилан деп аталатын зат түзіледі:

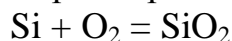


Силан  $\text{SiH}_4$  – түссіз, ауада өзінен өзі тұтанып, жанып кететін газ, жанғанда кремний диоксиді және су түзіледі:



$\text{SiH}_4$  басқа тағы бірсыпыра силандар деп аталатын кремнийсутекті қосылыстар –  $\text{Si}_2\text{H}_6$ ,  $\text{Si}_3\text{H}_8$ ,  $\text{Si}_6\text{H}_{14}$  бар; бұлар метанның гомолог қатары сияқты.

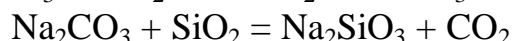
Кремнийдің оттекті қосылыстары. Кремнийдің көп кездесетін, әрі өте тұрақты қосылысы оның диоксиді  $\text{SiO}_2$ , оның элементтерден түзілуі оңай, әрі көп жылу бөліп шығаратын реакциялар қатарына жатады:



Кремний диоксиді – кремний ангидридi және кремнезем деп те аталады; бұл жаратылыста көп кездесетін зат, дербес күйінің өзі жер қыртысы массасының жартысынан артығы кремний диоксиді үлесіне келеді. Кремнезем кристалдық және аморфты күйде болады.

Кристалдық кремнеземнің маңыздысы кварц деген минерал, ол түссіз, мөлдір алты қырлы пераида болып бітетін кристалдар, оны тау хрусталі деп атайды. Тау хрусталы түрлі тұздар араласуынан түсі өзгереді, оның жасылдауын – аметист, күнгірттеуін түгінді (дымчатый) топаз дейді. Кварцтың бір түрі шақпақ тас. Кварцтың өте ұсақ кристалды түрін агат, яшма деп атайды.

Шыны. Кальцийдің не натрийдің карбонатын құммен араластырып қатты қыздырып, мынадай реакция жүргізеді:



Шынының арнаулы сорттарын жасау үшін оның құрамын өзгертеді. Соданың орнына сақар алса, жоғарғы температураға шыдамды химиялық ыдыстар жасайтын қиын балқитын шыны шығады. Осыған қорғасын оксидін араластырса, өте мөлдір, ауыр хрусталь деп аталатын шыны шығады. Шыныға бор оксидін араластырса, ( $\text{SiO}_2$  орнына) шынының қаттылығы артып, түрлі химиялық әрекеттерге берік болып, температураның бірден өзгеруіне де шыдамды болады.

Түсті шыны жасау үшін оған арнаулы қоспалар араластырады, мысалы, хром (III) оксиді  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – жасыл, маргенец диоксиді  $\text{MnO}_2$  – қызғылт күлгін, кобальт оксиді  $\text{CoO}$  көк түс береді.

*Есептер:*

1. Магний мен алюминий карбидтерінің гидролиздену теңдеуін жазыңдар.

2. 16 г кальций карбиді сумен әрекеттескенде ацетиленнің қандай көлемі бөлініп шығады?

3. Кристалдық құрылымдарының бірдейлігіне қарамастан неліктен кремний - жартылай өткізгіш, ал алмаз – диэлектрик?

4. Лабораториялық жағдайдағы кремнийдің алыну реакциясының теңдеуін жаз.

5. Металдар силицидi дегеніміз не? Металдар силицидi сумен және қышқылдармен әрекеттесе ма?

6. Балқытқыш (плавиковая) қышқылын неге шыны ыдыста сақтауға болмайды?

7. Мына заттардан CaF, SiO, KOH и Hg көмегімен біртіндеп  $K_2(SiF_6)$ -ды алу реакциясының теңдеуін жазыңдар.

8. Калий мен натрий цианидтерінің өндірісінде қолданылатын келесі реакция теңдеулерін жазыңыз:

а) кальций цианамидінің көмірмен және содамен балқу;

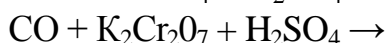
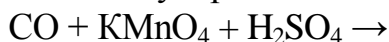
б) аммиактың қыздырылған көмірмен және поташпен әрекеттесу.

9. Көміртегі оксидін алудың үш жолын көрсетіп реакция теңдеулерін жазыңыз.

10.  $CO_2$  –нің аз және артық мөлшердегі сілті ертіндісімен әрекеттесу реакциясының теңдеуін жаз.

11. Мына заттардың  $Na_2CO_3$ ,  $KHCO_3$ ,  $(NH_4)_2CO_3$  гидролиздену реакциясын жазып ортаны анықтаңыз.

12. Көгерткіш (синильная) қышқылының тұздарын неліктен нығыз жабылған ыдыста сақтау керек? Оны ауада сақтағанда не болады? Сәйкес реакция теңдеулерін жазыңыз:



13. Қалыпты жаңдайда 150 л сутегін алу үшін кремний мен 32%-ды NaOH ( $\alpha = 1,35$ ) ертіндісінің қанша мөлшері қажет болады?

## 18. р – Элементтер. IVA тобы. Германий, қалайы, қорғасын

Германий топшасы. Топшалардағы элементтердің барлығы үлкен периодтың элементтері, олардың сырттан екінші қабатында 18 электрон бар. Міне, соның салдарынан олардың қасиеттері негізгі топтың бастапқы элементтеріне қарағанда өзгешерек, атап айтқанда олардың металдық қасиеті біліне бастайды. Осы өзгешелік германий топшасында айқын көрінеді.

Топшалардағы элементтердің қасиеттерінің өзгерісі, периодтық жүйенің жалпы заңына сәйкес, топ ішінде жоғарыдан төмен, топтар арасында оңнан солға қарай металдық қасиет өсіп отыр.

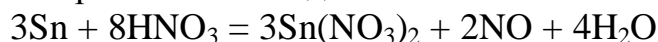
Осы айтылғанға сәйкес, германий топшасындағы элементтердің электрон қосып алып реакцияласуға бейімділігі нашар, мысалы көміртек пен кремний сияқты сутекті қосылыстар түзгенмен, ол қосылыстар тұрақсыз. Ал электрон беріп реакцияласуға оңайырақ, әрі германийден қорғасынға қарай жеңілдей береді. Сондықтан германийда металдық қасиет пен бейметалдық қасиет бірдейге жақын, қалайыда, әсіресе қорғасында металдық қасиет басым. Қалайы мен қорғасын физикалық қасиеттері жағынан нағыз металдар, тек химиялық қосылыстарында ғана өте нашар бейметалдық қасиет көрсетеді.

Германий. Германий басқа элементтердің кендерінде аралас өте аз мөлшерде – германит  $6CuS \cdot GeS_2$  және аргиродит  $4Ag_2S \cdot GeS_2$  минералдары түрінде кездеседі.

Германий күмістей ақ металл, өте морт сынғыш. Қышқылдардан күкірт және азот қышқылдары тотықтырады, ал сілтілерде еріп кетеді. Оттепен, галогендермен жоғары температурада ғана реакцияласады. Екі валентті германий қосылыстары тұрақсыз, төрт валенттіге оңай ауысады.

Қалайы. Қалайы негізінде қалайы тасы деп аталатын  $\text{SnO}_2$  түрінде кездеседі. Ол мырыштан жұмсақ, қорғасыннан қаттырақ. Қалайы төмен температурада ( $-13,2^\circ\text{C}$ ) сұр түсті ұнтаққа айналады, ол сұр қалайы деп аталатын аллотропиялық екінші түрі.

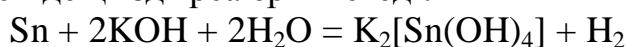
Қалайы сұйытылған азот қышқылында металдық қасиет көрсетіп, реакцияласып, қалайы нитратына айналады:



Концентрлі азот қышқылында тотығып қалайы қышқылына айналады:



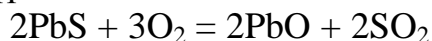
Сілтілер ерітіндісінде қыздырса еріп кетеді:



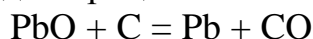
Қолданылуы. Өндірілетін қалайының жартысы ақ қаңылтыр жасау үшін темірдің бетіне жалатуға, қалғаны қола (9 - 11%, басқасы  $\text{Cu}$ ), баббит (82 - 84%, басқасы  $\text{Sb}$ ), дәнекер (30 - 70%, басқасы  $\text{Pb}$ ) сияқты тағы басқа құймалар жасау үшін қолданылады.

Қорғасын. Қорғасынның маңызды кені – қорғасын жылтыры  $\text{PbS}$ . Қорғасын өндіру үшін оның кенін флотация арқылы байытады, одан шыққан концентратта 40 - 80%  $\text{Pb}$  болады. Концентраттағы қорғасында көбіне пирометаллургия әдісімен алады, ол екі сатыдан тұрады.

1. Өртеп күйдіру. Кенді механикалық пештерде ауа үрлеп өртейді ( $600^\circ\text{C}$ ), онда мына процесс жүреді:



2. Тотықсыздандыру. Шахта пештерінде тотықсыздандырғыш әрі отын ретінде кокс алынып, мынадай процесс өткізіледі ( $1400 - 1500^\circ\text{C}$ ):



Қорғасын – жұмсақ, балқуы оңай, ауыр металл, ауада оңай тотығып жұқа қабыршақпен қапталады, ол қабыршақ әрі тотығуынан қорғауыш болады. Қорғасын сумен реакцияласпайды, бірақ суда еріген оттектен әсерінен, мына реакцияға сәйкес біртіндеп ериді:



Қорғасын азот қышқылында жақсы ериді, ал күкірт және тұз қышқылдары тиген жерінде реакцияласып, сол араны ерімейтін тұздармен  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{PbCl}_2$  қаптайды. Қорғасын сілтілерде еріп плюмбит түзеді.

Қорғасынның көпшілігі аккумулятор және кабель жасау үшін жұмсалады, бірағы оқ, бытыра жасауға қолданылады.

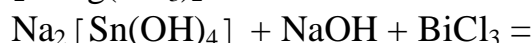
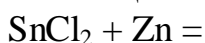
*Есептер:*

1. Германий келесі заттармен қалай әрекеттеседі: а) тұз қышқылымен; б) күкірт қышқылымен; в) азот қышқылымен; г) сілтілермен.

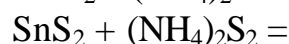
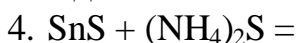


2. Қалайы табиғатта қандай қосылыс түрінде кездеседі? Табиғи қосылыстарынан металл қалайыны қалай алады?

3. Реакция теңдеулерін жазыңыздар:



Осы реакцияларда қалайы қандай қасиет (тотығу ма әлде тотықсыздану ма) көрсетеді.



5. Бір күкіртті аммонияда неліктен қалайы (II) сульфидінің ерімейтінін, ал сондай-ақ қалайы (IV) сульфидінің еритіндігін түсіндіріңдер.

6. Қорғасын кернеулік қатардың қай жерінде орналасқан? Егерде қорғасын хлориді мен сульфатының аз еритін тұздар екенін ескерсек, онда қандай қышқыл қорғасын үшін қандай жағдайда жақсы еріткіш бола алады? Реакция теңдеуін жазыңдар.

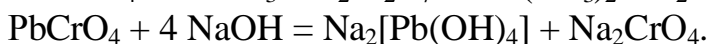
7. Сурик деп қандай затты атаймыз? Оны қандай жолмен алады және техникада не үшін қолданады?

8. Келесі реакция теңдеулерін аяқтап коэффициенттерін қойыңдар:  
 $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 +$   $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{PbO}_2 +$

9. Қорғасынның қос тотығы күшті тотықтырғыш болып табылады. Келесі реакция теңдеулерін аяқтап коэффициенттерін қойыңдар:



10. Келесі теңдеулерге сәйкес қорғасын хроматы азот қышқылында және сілтілерде жақсы ериді:



Осы екі жағдайда да тұнбаның неліктен еритінін түсіндірің.

11. Келесі берілген гидроксидтердің  $\text{Ge}(\text{OH})_2$  -  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  и  $\text{Ge}(\text{OH})_4$  -  $\text{Pb}(\text{OH})_4$  қышқылды-негіздік қасиеттері қалай өзгереді?

12. Келесі берілген қосылыстардың  $\text{Ge}(\text{II})$  -  $\text{Pb}(\text{II})$  и  $\text{Ge}(\text{IV})$  -  $\text{Pb}(\text{IV})$ . Тотығу-тотықсыздану қасиеттері қалай өзгереді?

## 19. р – Элементтер. VA тобы. Азот

Периодтық жүйенің бесінші негізгі тобына – азот, фосфор, мышьяк, сурьма және висмут жатады.

Бұл топтағы элементтердің электрондық формулалары ұқсас, демек, басқа топтардағы сияқты химиялық қасиеттері де өзара ұқсас. Атомның сыртқы электрондық қабатында бес электрон болуы, бұлар электрон қосып алуға бейім екендігін көрсетеді, демек, оларды бейметалл деп сипаттауға мүмкіншілік береді. Бірақ бұл элементтердің активтігі жетінші және алтыншы негізгі топтардағы сәйкес элементтерден кем. Бұлар металдармен және сутекпен

қосылғанда, теріс үш валентті бейметалл болып реакцияласады.  $\text{H}_3\text{N} - \text{H}_3\text{P} - \text{H}_3\text{As} - \text{H}_3\text{Sb} - \text{H}_3\text{Bi} - \text{H}_3\text{V} - \text{H}_3\text{I}$  – қатарында Э – Н байланысының полюстігі мен тұрақтылығы төмендейді. Валенттік бұрыш НЭН мәні  $90^\circ$  – қа жуықтайды және молекулалардың дипольдік моменті төмендегені байқалады. Осы қатар бойынша түзілу энтальпиясы да төмендейді.

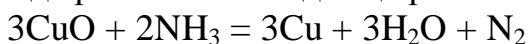
Сутекті қосылыстарын жетінші және алтыншы негізгі топтардағы элементтердің сондай қосылыстармен салыстырғанда полюстігі кем, сондықтан бұл қосылыстар суға ерігенде диссоциацияланып сутек ионын үзіп шығармайды, демек ерітінділерінің қышқылдық қасиеттері жоқ. Бұл элементтер өздерінен гөрі электртерістігі басым элементтермен кездесе, сыртқы электрондарын беріп жіберіп оң валентті болады. Бұлардың сыртқы электрондары біркелкі емес, оның ішінен  $p^3$  электрондарын берсе оң үш валентті ( $\text{Э}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ЭГ}_3$  сияқты),  $s^2p^3$  электрондарын берсе, оң бес валентті ( $\text{Э}_2\text{O}_5$ ,  $\text{ЭГ}_5$  сияқты) болады. Электрондарын беріп реакцияласуы оңайырақ, әрі одан түзілген қосылыстар берігірек болады.

Азот. Жаратылыста азот дербес күйінде де қосылыс құрамында да кездеседі. Жер қыртысының 1 т салмағына 1 кг азот келеді, бірақ бұл азот негізінде органикалық қосылыстар түрінде болады.

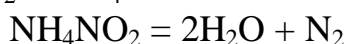
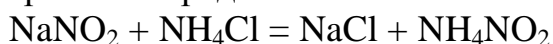
Алу жолдары. Азотты өндірісте сұйытылған ауадан, оттектен екеуінің қайнау температураларының айырымы  $12,8^\circ\text{C}$  ( $\text{O}_2 = -183^\circ\text{C}$ ,  $\text{N}_2 = -195,8^\circ\text{C}$ ) пайдаланып ажыратып алады. Азот пен оттекті ажырату үшін бұларды бір конденсациялайды.

Азотты зертханада мына әдістердің бірімен алады.

1. Аммиакты қыздырған мыс оксидінің арасымен өткізеді:



2. Аммоний нитритін айырады:

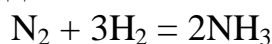


Қасиеттері. Таза азот – түссіз, иіссіз, дәмсіз, суда аз еритін газ.  $\text{N}_2$  молекуласының берік болу себебі ондағы атомдар үш байланыспен біріккен ( $\text{N} \equiv \text{N}$ ), оның бір байланысы  $\sigma$  – типті, екеуі  $\pi$  – типті болады.

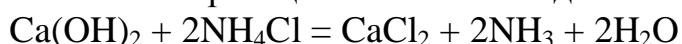
Азот қалыпты жағдайда тек қана литиймен, ал қыздырғанда басқа металдармен және кейбір бейметалдармен әрекеттесіп, тотықтырғыштық қасиет көрсетеді, тек фтормен оттектен әрекеттескенде ғана тотықсыздандырғыш болады.

Азотты электр шамдарын толтыруға қолданады, бірақ ауадан алынатын азоттың дені синтетикалық аммиак, кальций цианамидін синтездеу үшін жұмсалады.

Аммиак. Аммиакты алудың бірнеше әдісі бар, олардың ішінде маңыздысы, әрі осы кезде көп қолданылатыны – аммиак синтезі деп аталатын азот пен сутекті тікелей қосатын әдіс:



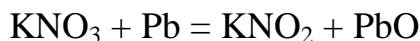
Зертханада аммиакты мына реакция бойынша алады:



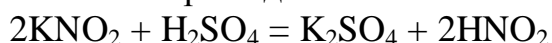
Аммиак молекуласы үшбұрышты пирамида тәрізді. Суда жақсы ериді: 20°C 1 : 1200 көлем. Аммиак молекуласы қалыпты жағдайда тұрақты, берік, активтігі бар молекулалар қатарына жатады.

Азоттың оттекті қосылыстары: N<sub>2</sub>O – диазот оксиді, NO – азот оксиді, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – диазот триоксиді, NO<sub>2</sub> – азот диоксиді, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – диазот пентаоксиді.

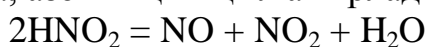
Азотты қышқыл HNO<sub>2</sub> алу үшін калий нитратын, не натрий нитратын қыздырады; бұл жағдайда тұз құрамынан бір оттекті бөліп шығарып, азотты қышқылдың тұзына айналады.



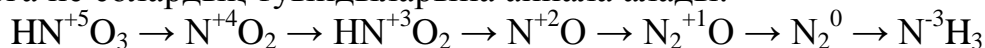
Калий нитратына күкірт қышқылының сұйық ерітіндісімен әрекет етсе, азотты қышқыл ығыстырылып шығарылады:



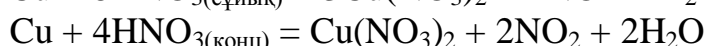
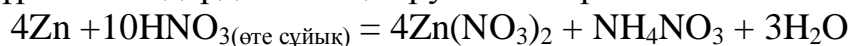
Азотты қышқыл тек еріген түрде белгілі, ерітіндінің концентрациясын арттырғанда, не қыздырғанда, азотты қышқыл айырады:



Азот қышқылы. HNO<sub>3</sub>. Таза азот қышқылы түссіз сұйықтық, суда жақсы ериді. Ол өте күшті тотықтырғыштың бірі. Азот қышқылы басқа затты тотықтырғанда, өзі тотықсызданып, электрон қосып ала берген сайын мына қосылыстарға не солардың туындыларына айнала алады:



Тотықсызданған дәрежесіне қарай азоттың формаль валенттігі де қосылыстардың формулаларының үстіне жазып көрсеткендей өзгереді. Азот қышқылының түрлі металдарды тотықтыруын келтіреміз:



Азот қышқылының тұздарын нитраттар деп атайды.

*Есептер:*

1. Қалыпты жағдайда 1 л азотты алу үшін қанша грамм аммоний нитраты қажет болады?
2. Келесі берілген аммоний тұздарының термиялық жолмен ыдырау теңдеуін құрастырындар: карбонаты, хлориді, сульфаты, дихроматы, гидросульфиді, нитраты, гидрофосфаты, дигидрофосфаты, нитриті.
3. 0,075 моль Cu (экв) –пен сұйытылған HNO<sub>3</sub> әрекеттескен кездегі бөлінген қалыпты жағдайдағы газдың көлемін (л) табындар.
4. Азоттың сутегімен түзетін қосылыстарының формуласын жазындар.
5. Келесі реакция теңдеулерін аяқтап коэффициенттерін қойындар:
 

а) NaBr + CuCl <sub>2</sub> + NaOH → Cu <sub>2</sub> O + ...	г) NH <sub>2</sub> OH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + ...
б) N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> $\xrightarrow{t^o}$	д) NH <sub>2</sub> OH + FeCl <sub>3</sub> → N <sub>2</sub> O + ...
в) N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →	е) NH <sub>2</sub> OH + I <sub>2</sub> → HI + ...
ж) N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + Na <sub>2</sub> [Sn(OH) <sub>4</sub> ] + NaOH → Na <sub>2</sub> [Sn(OH) <sub>6</sub> ] + ...	
6. Лабораториялық жағдайда қандай әдісті қолданып аммиакты алуға болады? «күрғақ» газ тәріздес аммиакты алу үшін күрғатқыш ретінде қандай

затты қолданады? Осы мақсатта мына заттарды қолдануға бола ма: а) күкірт қышқылын; б) кальций хлоридін; в) фосфор пентаоксидін?

7. Аммиакты алудың цианамидті әдісінің мәне неге негізделген?

8. Азидосулегін мына реакция бойынша алуға бола ма:  $N_2H_4 \cdot H_2O + HNO_3 \rightarrow H_3N + 3H_2O$

9. Азот (I) оксидін қалай алуға болады? Қандай оңай реакцияны пайдаланып цилиндрдегі оттегінің немесе азот монооксидінің бар екенін бар екенін тексеруге болады?

10. Келесі берілген тұздарының термиялық жолмен ыдырау теңдеуін құрастырындар:  $KNO_3$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Cu(NO_3)_2$ ,  $AgNO_3$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $Hg(NO_3)_2$ ,  $NH_4NO_2$ .

11. Келесі түрленулердің реакция теңдеулерін жазындар:  $N_2 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2O_4$

Реакция теңдеулерін аяқтандар:

а)  $NH_3 + KBrO \rightarrow$

е)  $Na_2S + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

б)  $N_2H_4 + HgCl_2 \rightarrow$

ж)  $NaNO_2 + PbO_2 + H_2SO_4 \rightarrow NaNO_3 + \dots$

в)  $N_2H_4 + HNO_3 \rightarrow$

з)  $NaNO_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + \dots$

г)  $NO + KMnO_4 \rightarrow MnO_2 + \dots$

и)  $Zn + NaNO_3 + NaOH \rightarrow$

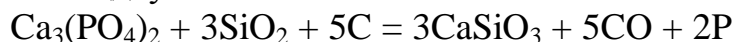
д)  $N_2H_4 \cdot HCl + SnCl_2 + HCl \rightarrow NH_4Cl + \dots$

12. Күкірттің, көміртегінің, фосфордың азот қышқылымен тотығу реакцияларының теңдеуін жазындар.

## 20. p – Элементтер. VA тобы. Фосфор

Фосфор дербес күйінде кездеспейді. Қосылыстарының маңыздысы фосфорит деген минерал, оның негізі фосфор қышқылының кальций тұзы –  $Ca_3(PO_4)_2$ . Фосфордың табиғи қосылысының тағы бір маңыздысы апатит деген минерал, оның негізі  $Ca_5X(PO_4)_2$  не  $Ca_3(PO_4)_2 \cdot 2CaX_2$ , мұндағы  $X \rightarrow F$  кейде  $Cl$  не  $OH$ .

Алу жолы. Фосфорды бос күйде алу үшін фосфоритті құм және көмірмен араластырып электр пеште  $1500^\circ C$  – қа дейін қыздырады, онда болатын реакциялардың жалпы теңдеуі:



Бөлініп шыққан фосфор буы салқындатылып, қатты күйге аударылған фосфор, судың астына жиналады.

Қасиеттері. Фосфордың екі аллотропиялық түрі бар; ақ және қара фосфор, олардың арасында – күлгін, қызыл түрлері бар. Фосфордың атомдары  $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_{2\infty}$  полимерлі молекула болып бірігеді.

Ақ фосфор (d – модификация) фосфор буын тез салқындатқанда түзіледі. Ақ фосфор таза күйінде түссіз болады, бірақ сатудағы ақ фосфор сарғылт болып келеді. Төмен температурада морт сынғыш,  $15^\circ C$  – тан жоғарыда жұмсап, пышақпен оңай кесіледі. Ауада оңай тотығады, әрі қараңғыда жарық шығарады, сәл қыздырса, мысалы үйкесе болғаны, жанып кетеді, жанғанда көп жылу бөліп шығарады. Фосфор ауада тотыға келіп, шыққан жылудың әсерінен

өзінен өзі жануы да мүмкін. Ақ фосфорды тотығудан сақтау үшін су астында сақтайды: суда ол ерімейді, көміртек дисульфидінде, бензолда ериді. Ақ фосфор – өте күшті у, өзіне тән иісі болады.

Ақ фосфорды  $280 - 340^{\circ}\text{C}$  – қа дейін ауаның қатысынсыз қыздырса, аллотропиялық екінші түрі – қызыл фосфорға айналады. Ақ фосфорды ұзақ сақтаса, жарық әсерінен біртіндеп, өте баяу қызыл фосфорға айналады, сатудағы ақ фосфордың сарғылт болуы осыдан.

Қызыл фосфор, ақ фосфордан өзгеше оны балқытуға болмайды, қыздырса, бірден буға айналады; ауада өте баяу тотығады, қараңғыда жарық шығармайды.  $260^{\circ}\text{C}$  – қа дейін қыздырғанда ғана жанады, күкіртті көміртегінде де, бензолда да ерімейді, улы емес.

Қызыл фосфор ешбір еріткіште ерімейтін болғандықтан, оның молекулалық салмағы анықталған жоқ. Ерімейтіндіктің негізгі себебі макромолекулалар, өте үлкен болғандықтан ерітіндіге көше алмайды, екінші себебі макромолекуладағы атомдарды біріктіріп тұрған валенттікті үзуге еріткіштің шамасы келмейді.

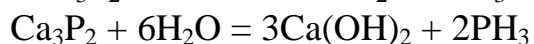
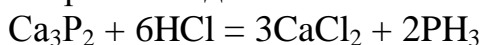
Қара фосфорды алу үшін ақ фосфорды  $200^{\circ}\text{C}$  – та және  $1,2 \cdot 10^{10}$  Па қыздырады. Соңғы кезде қысымсыз сынап катализаторының көмегімен алатын болды. Қара фосфорда атомдар ковалентті байланыс арқылы алты бұрыш жасайды. (сурет) олардан макромолекула түзіледі. Қара фосфор графитке ұқсайды,  $\rho = 2,7$  шала өткізгіш.

Химиялық қасиеті жағынан фосфор өте реакцияласқыш элемент, көпшілік заттармен тікелей қосылады, әрі көп мөлшерде жылу бөліп шығарады. Оттек, галогендер, күкірт және металдармен өте оңай қосылады.

Қолданылуы. Фосфор көп мөлшерде шырпы өндірісінде қолданылады. Зиянкес жәндіктерге қарсы дәрі жасауға фосфор – органикалық препараттар синтезінде қолданылады.

Фосфордың сутекпен қосылысы. Фосфордың сутекпен екі қосылысы бар:  $\text{PH}_3$  (газ),  $\text{P}_2\text{H}_4$  (сұйық). Фосфор сутекпен нашар қосылысады:  $2\text{P} + 3\text{H}_2 = 2\text{PH}_3$

Сондықтан фосфорсутекті не фосфинді  $\text{PH}_3$  алу үшін кальций фосфоридін тұз қышқылымен, тіпті сумен әрекеттейді:



Газ түріндегі фосфин – түссіз, сарымсақ иісті, улы зат; күшті тотықсыздандырғыш, ауада  $150$  градуста өзінен өзі оталады. Құрылымы аммиак сияқты, пирамида тәрізді.

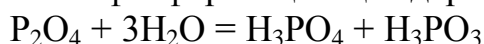
Фосфидтер. Фосфор қыздырғанда барлық металдармен қосылып фосфидтер түзеді.



d – элементтердің фосфидтері – ЭР, ЭР<sub>2</sub>, Э<sub>3</sub>Р сұр не қара түсті болады, металдық жылтыры бар, электр өткізгіш келеді. Химиялық активтігі нашар.

Фосфордың оттекті қосылыстары:  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_4$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Дифосфор триоксиді –  $\text{P}_2\text{O}_3$  фосфор баяу тотыққанда, немесе оттек жеткіліксіз болғанда түзілетін, ақ түсті кристалдық зат. Суық сумен қосылып фосфорлы қышқыл  $\text{H}_3\text{PO}_3$  түзеді.

Дифосфор тетраоксиді  $P_2O_4$  түссіз, жылтыр кристалдық зат. Сумен реакцияға түскенде фосфор және фосфорлы қышқылдар түзіледі:

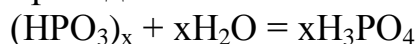


Дифосфор пентаоксиді  $P_2O_5$  фосфор ауада, не оттегі ішінде жанғанда ақ қар сияқты көп көлем алатын масса болып түзіледі. Бұл оксидтердің полимерлі модификациялары бар. Сумен жақсы әрекеттеседі, сондықтан су тартқыш зат ретінде қолданылады.

Фосфор қышқылдары. Фосфорлылау ( $H_3PO_2$ ), фосфорлы ( $H_3PO_3$ ), ортофосфор ( $H_3PO_4$ ).

Қышқылдардың құрамында бір ғана атом фосфор бар. Фосфорлылау қышқылда бір атом, фосфорлыда екі ортофосфор қышқылында үш атом сутек металға ауысып тұз түзе алады, мысалы:  $NaH_2PO_2$ ,  $Na_2HPO_3$ ,  $Na_3PO_4$ . Осыған қарап бұл қышқылдар бір, екі және үш негізді екендігі және құрылым формулалары анықталған.

Ортофосфор қышқылы ( $H_3PO_4$ ) – фосфор қышқылдарының ішіндегі ең маңыздысы, мұны көбіне фосфор қышқылы деп атайды, оның түзілуі мынадай. Дифосфор пентаоксиді  $P_2O_5$  суық суға еріткенде реакцияласып метафосфор қышқылын  $(HPO_3)_n$  түзеді. Мұндағы  $n = 3, 4, 5, 6$  т. т. болуы мүмкін. Осы метафосфор қышқылын қайнатса, оған судың молекулалары тағы қосылып ортофосфор қышқылы  $H_3PO_4$  түзіледі:



Ортофосфор қышқылы орташа күші бар түссіз кристалдық зат, су тартқыш болғандықтан ашық ауада ылғал тартып, былжырап кетеді. Үш негізді болғандықтан үш қатар тұз түзеді; а) қышқыл тұздары –  $NaH_2PO_4$ ,  $Ca(H_2PO_4)_2$ , - дигидрофосфат,  $Na_2HPO_4$ ,  $CaHPO_4$  – гидрофосфат, б) орта тұздары –  $Na_3PO_4$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$  – фосфат.

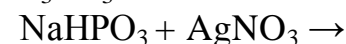
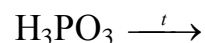
*Есептер:*

1. Газ тәріздес ақ фосфор  $P_x$  оттегі көп мөлшерінде жанады; әрекеттесетін заттардың көлемдік қатынастары 1:5 тең. Ақ фосфор молекуласының құрамын анықтаңыздар.

2. Келесі қосылыстарда фосфор қандай тотығу дәрежесін көрсетеді:  $PH_4ClO_4$ ,  $Ba(H_2PO_2)_2$ ,  $Ag_2HPO_3$ ,  $H_4P_2O_6$ ,  $NaPF_6$ ,  $Na_4P_2O_7$ ,  $Ca(H_2PO_4)_2$  және бұл қосылыстар қалай аталады?

3. P(III) оксидін қалай алады? P(III) оксидінің салқын немесе ыстық сумен әрекеттескендегі түзілетін өнімдердің айырмашылығы болама?

4. Тендеуді аяқтаңдар, коэффициенттерін қойып осы процестерде  $H_3PO_3$  қандай қасиет көрсететінін түсіндіріңдер:



5. P(V) оксидінің гидратациясы кезінде қандай процестер жүреді? Фосфор қышқылының алыну жолдарын келтіріңіздер. Метафосфор,

ортофосфор, пирофосфор қышқылдары және олардың тұздарын қандай сапалық реакция арқылы ажыратуға болады?

6. Фосфор қышқылының координациялық формуласын жазыңыз:  $H_3PO_2$ ,  $H_3PO_3$ ,  $H_4P_2O_6$ ,  $H_3PO_4$ ,  $H_4P_2O_7$ ,  $H_3P_3O_9$ . Осы қосылыстарда фосфор қандай координациялық санды көрсетеді?

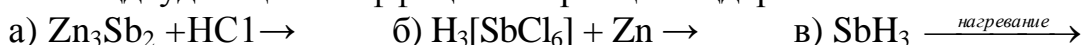
7. 12,39 г қызыл фосфорды ауада жаққанда түзілетін P(V) оксидін 214 мл 23,7% NaOH ( $\rho=1260$  г/л) ертіндісіне салса қандай тұз түзіледі және оның ертіндідегі массалық үлесі қандай.

8. Мышьякты және мышьяковисті қышқылдарының алыну реакция теңдеулерін жазыңыз? Олар сулы ертіндіде қалай диссоциацияға ұшырайды?

9. Реакция теңдеулеріндегі коэффициенттерді қойыңдар:



10. Теңдеуді аяқтап коэффициенттерін қойыңдар:



11. Мышьяктың қандай қосылысы қандай мақсатпен ауыл шаруашылығында қолданылады?

12. 100 мл 10%-ды натрий тиоарсениті  $NaAsS_2$  ( $\alpha - 1,12$  г/см<sup>3</sup>) ертіндісінен қанша грамм мышьяк алуға болады.

## 21. p – Элементтер. VIA тобы. Күкірт, селен, теллур

Алтыншы топтың негізгі топшасын оттегі O, күкірт S, селен Se, теллур Te, полоний Po құрайды. Элементтердің реттік нөмірінің өсуіне қарай атомдарының радиустары заңды түрде артады, ал иондану энергиялары кемиді және осыған сәйкес оттегінен полонийға қарай элементтердің металл еместігі кеміп, металдық қасиеттері артады. Осы бағытта элементтердің ішінде ғана емес барлық элементтермен салыстырғанда өте көп тараған элемент, ал полоний жеке кездеспейді, ол уран рудаларының ыдырауының нәтижесінде түзіледі.

Алтыншы негізгі топша элементтерінің сыртқы қабатында 6 электрон болады. Сондықтан олар екі электрон қосып алып екі теріс зарядты ионға айналады:



Бұл топша элементтерінің қатысуымен түзілген молекулалардың пішіндері бұрыш тәріздес. Топшаның элементтері  $H_2E$  типтес сутекті қосылыстар түзеді. Олардың формулалары  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$ ,  $H_2Te$ ,  $H_2Po$ . Сутекті қосылыстарды суда еріткенде сәйкес қышқылдар түзіледі. Бұл қышқылдардың күші элементтердің реттік нөмірлерінің өсуіне қарай артады.

Күкірт, селен, теллур, полоний оттегімен  $EO_2$  және  $EO_3$  типтес оксидтер түзеді. Бұл оксидтерге  $H_2EO_3$  және  $H_2EO_4$  қышқылдары сәйкес келеді. Бұл қышқылдардың күші элементтердің реттік нөмірінің өсуіне қарай кемиді.

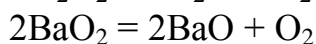
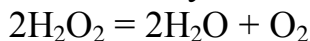
Элементтердің реттік нөмірлерінің өсуіне байланысты металл еместігі кеміп, металдық қасиеттері артады.

Оттегі. Жер шарының қатты сұйық, және газ тәрізді қабаттарындағы ең көп тараған элемент. Оттегінің табиғатта екі түрі бар – жай заттар түрінде

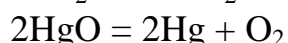
кездеседі, оның бірі молекуласы екі атомнан тұратын кәдімгі оттегі, екіншісі молекуласы үш атомнан тұратын озон.

Оттегін зертханада термиялық әдіспен, яғни құрамында оттегі көп заттар пероксидтерді, оксидтерді, оттекті қышқылдардың тұздарын қыздырып ыдырату арқылы алады.

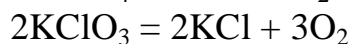
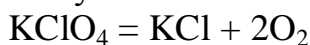
1. Пероксидтерді қыздырып оттегін алу:



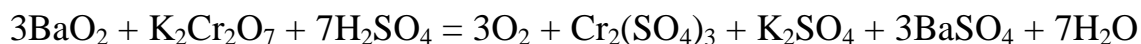
2. Оксидтерді ыдырату арқылы оттегін алу:



3. Элемент жоғары валенттік көрсететін оттекті қышқылдарының тұздарын ыдырату арқылы оттегін алу:



4. Пероксидтерді күшті тотықтырғыштар арқылы тотықтырып оттегін алу:

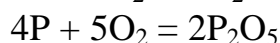
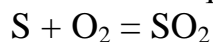


Өнеркәсіпте оттегін алу үшін жоғары қысымда, төмен температурада ауаны сұйық күйге айналдырады. Сұйық ауаны фракциялық жолмен айдау арқылы азотты буландырғанда сұйық оттегі қалып қояды. Сұйық оттегін 160 атм қысымда болат баллондарда сақтайды.

Оттегінің қасиеттері. Оттегі түссіз, иіссіз жануды қолдайтын газ. Оттегі химиялық қасиеттері жағынан өте активті тотықтырғыш, оның тотықтырғыштық қасиеті температура жоғарлаған сайын арта түседі.

Оттегі кәдімгі жағдайда немесе қыздырғанда көпшілік металдармен әрекеттесіп, олардың оксидтері жанама жолмен алынады.

Оттегі барлық металдармен әрекеттесіп олардың оксидтерін түзеді және металл еместермен әрекеттесіп олардың оксидтерін түзеді, мысалы:

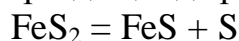


Оттегі тікелей күміс, алтын, платина және платина тәрізді металдармен әрекеттеспейді.

Күкірт. Күкірт біраз мөлшерде бос күйінде кездеседі. Қосылыс түрінде көп тараған сульфидтеріне пирит  $\text{FeS}_2$  халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ , галенит  $\text{PbS}$ , мырыш алдамшысы  $\text{ZnS}_d$  мыс жылтыры  $\text{Cu}_2\text{S}$  т.б.

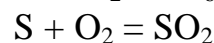
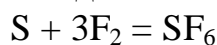
Күкіртті көп мөлшерде табиғаттағы бос күйінде кездесетін сап күкірттен алады. Сап күкірттегі құм, саз сияқты қоспалардан бөлу үшін кенді қыздырғанда күкірт оңай балқып бос жыныстардан бөлініп шығады.

Пиритті арнаулы шахта пештерінде қыздырғанда күкірт бөлініп шығады:



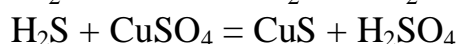
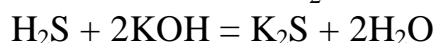
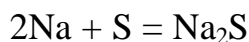


Күкірттің қасиеттері. Таза сары түсті, морт кристалды қатты зат, суда ерімейді. Күкірттің бірнеше аллотропиялық түрі бар, оларға ромбалық, призмалық, және пластикалық түрлері жатады. Күкірт қосылыстарда 2-, 2+, 4+, 6+ тотығу дәрежелерін көрсетеді. Ол күшті металл еместермен тотықсыздандырғыш ретінде әрекеттеседі:

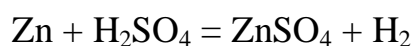


Күкіртсутек балқыған күкірт пен сутегінің тікелей әрекеттесуі нәтижесінде түзіледі. Зертханада темір (II) сульфидіне сұйытылған хлорсутек немесе күкірт немесе күкірт қышқылымен әсер ету арқылы күкіртсутек алады. Күкіртсутек түссіз, шіріген жұмыртқа сияқты иісі бар өте улы газ. Таза күкіртсутекпен дем алған адам бірден өліп кетеді.

Күкіртсутек күшті тотықсыздандырғыш қатарына жатады. Күкіртсутектің судағы ерітіндісі күкіртсутек қышқылы деп аталады. Оның тұздары сульфидтер деп аталады. Суда сілтілік және сілтілік жер металдармен тікелей әрекеттесуінен немесе күкіртсутектің негіздермен, тұздармен әрекеттесуі нәтижесінде алынады.

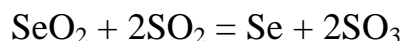


Күкірт қышқылы. Таза күкірт қышқылы май тәрізді сұйық. Сұйытылған күкірт қышқылы металдардың активті қатарында сутегінен бұрын орналасқан металдардың барлығымен әрекеттеседі және реакция нәтижесінде сутегі бөлінеді.



Концентрлі күкірт қышқылы металдармен әрекеттескенде сутегі бөлінбейді, ол күшті тотықтырғыш. Күкірт қышқылы химия өнеркәсібінің негізгі өнімдерінің бірі.

Селен теллур полоний қасиеттері жағынан ұқсас. Қасиеттері селен мен теллур аморфты күйде де кристалды күйде де кездеседі. Олардың металдық жылтыры болады. Селен мен теллурды алу үшін күкірт қышқылы өндірісінде түзілетін қосалқы заттарды немесе мысты рифинадтау кезінде анодта түзілетін қалдықты күшті тотықтырғыштармен тотықтырып  $SeO_2$  – ге және  $TeO_2$  – ге айналдырады. Түзілген оксидтерді бөліп алып күкірт (IV) оксиді арқылы тотықсыздандырады, мысалы:



*Есептер:*

1. Күйдіргіш натрдың ертіндісі арқылы күкіртті сутегін өткізгенде және күкіртті сутектің қаныққан сулы ертіндісіне күйдіргіш натрды қосса қандай процесстер жүреді.
2. Тұз қышқылының темір және мыс сульфидтеріне неліктен әр түрлі әсер етеді? Мыс сульфидін қай қышқылда ерітуге болады?

3. Күкірт диоксидіне реакцияның қандай үш түрі тән? Оны суда еріткенде қандай тепе-теңдік орнайды? Күкірт диоксидінің ерігіштігі суда, қышқылда және сілтіде бірдей бола ма?
4. Натрий тиосульфатын қалай алады. Ондағы күкірт атомдарының тотығу дәрежелері қаншаға тең? Натрий тиосульфаты хлормен және иодпен әрекеттескенде неліктен әр түрлі өнімдер түзіледі. Натрий тиосульфатын қыздырғанда не болады?
5. Егер калий сульфиті ертіндісіне бромды суды құйсақ реакция қай бағытта жүреді?
6. Күкірт қышқылы өндірісіндегі түйістіру және башенді әдістері қандай химиялық реакцияларға негізделген? олеум және моногидрат дегендеріміз не?
7. Fe, Zn, Cu сұйытылған (концентрленген) күкірт қышқылының ертіндісімен әрекеттесе ма? Сәйкес реакция теңдеулерін жазып көрсет.
8. Мына қосылыстардың  $H_2SO_4$ ,  $H_2SO_3$ ,  $H_2SO_3(O_2)$  құрылымдарын салыстырыңыз.
9. Күкірт қышқылын, натрий бисульфатын, калий, кальций, мыс және темір сульфаттарын қыздырғанда қандай өзгеріс болады?

## 22. p – Элементтер. VII A тобы

Жетінші негізгі топшаны фтор F, хлор Cl, бром Br, иод I, аstat At құрайды. Бұл элементтерін галогендер деп аталады. Өйткені аталған металл емес металдармен тікелей әрекеттесіп тұздар түзеді.

Элементтердің реттік нөмірлерінің өсуіне байланысты олардың атомдарының радиустарының өсетінін, соған сәйкес иондану энергияларының және электртерістіктерінің кемитінін байқауға болады. F – At бағытында металл емес қасиеттері кемиді, фтор ең күшті металл емес, ал аstatтың кейбір металдық қасиеттері бар.

Галогендердің сыртқы қабатында 7 валенттік электрондары болады. Фтордың сыртқы электрондық қабатында бос ұяшықтар жоқ болғандықтан, қоздыру арқылы оның дара электрондарының санын көбейтіп валенттігін өсіруге болмайды, сондықтан ол барлық қосылыстарында бір валентті.

Хлордың, бромның, иодтың, аstatтың сыртқы қабатында d – қабатшасының ұяшықтары бос екенін байқауға болады, сондықтан сырттан энергия жұмсау арқылы олардың дара электрондарының санын 1 – ден жетіге дейін өсіруге болады, ал соған сәйкес олардың қосылыстарында 1, 3, 5, 7 валентті бола алады.

Химиялық активтігі күшті болғандықтан, галогендер табиғатта тек қосылыс түрінде кездеседі. Фтордың маңызды минералдарына флюорит немесе балқытқыш  $CaF_2$  шпат криолит  $3NaF \cdot AlF_3$  фторпатит  $Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$  жатады.

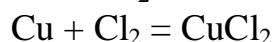
Натрий хлориді түрінде хлор мұхит, теңіз, көл суларында көп тараған. Сонымен бірге натрий хлориды жер қыртысында тас тұзының қабаттары

түрінде кездеседі. Хлор сильвин  $KCl$ , карналлит минералдары түрінде табиғатта таралған.

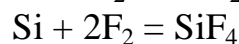
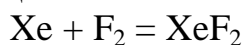
Бром натрий, калий, магний тұздары түрінде теңіз суларында кездеседі. Иод бромға қарағанда аз тараған. Ол натрий иодаты және периодаты түрінде селитралар мен «теңіз капуста» ламинария құрамында болады.

Қасиеттері. Кәдімгі температурада фтор мен хлор сары жасыл түсті жағымсыз өткір иісті газдар, бром ауыр қызылқоңыр түсті сұйық, ал иод қарақоңыр түсті металдық жарқылы бар кристалл.

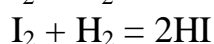
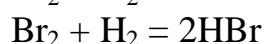
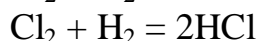
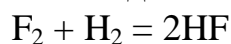
Кәдімгі температурада немесе қыздырғанда галогендер, әсіресе фтор мен хлор, барлық металдармен әрекеттеседі. Белгілі бір жағдайларда фтор мен хлор алтынмен де әрекеттеседі:



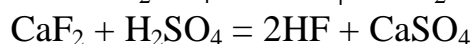
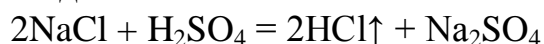
Галогендер металл емесердің көпшілігімен әрекеттеседі, мысалы:



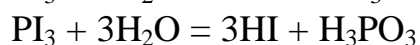
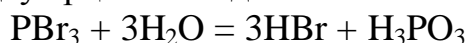
Галогендердің сутекті қосылыстары НГ. Галогенсутектерді галогендерді сутегімен тікелей әрекеттестіріп алуға болады; фтор сутегімен қараңғы суық жерде қопарылыс бере әрекеттеседі, хлор күн сәулесі түскенде, ал бром мен иод тек қыздырғанда ғана сутегімен әрекеттеседі:



Галогенсутектерді олардың тұздарына – галидтерге концентрлі күкірт қышқылымен әрекет етіп алады:



Бромсутек пен иодсутекті басқа жолмен, яғни фосфор (III) бромиді мен фосфор иодидын гидролиздеу арқылы алады:



Галогендердің барлығы да түссіз, өткір иісті, суда өте жақсы еритін газдар. Галогенсутектердің судағы ерітіндісі – қышқылдар. Олардың ішінде фторсутек қышқылы күші орташа қышқылға, ал хлорсутек, бромсутек, иодсутек қышқылдары күшті қышқылдарға жатады.

Галогендердің оттекті қосылыстары. Галогендер оттегімен тікелей әрекеттеспейтіндіктен олардың оксидтерін жанама жолмен алады. Галогендердің оксидтері тотықтырғыштық қасиеті күшті тұрақсыз қосылыстар.

Фтордың газ күйіндегі  $OF_2$  және  $O_2F_2$  оксидтері белгілі. Фтор оксидін  $OF_2$  газ күйіндегі фторды сілті ерітіндісіне сіңіру арқылы алады:



Хлор оттегімен бірнеше оксидтер түзеді: хлор (I) оксиді  $Cl_2O$ , хлор (IV) оксиді  $ClO_2$ , хлор (VI) оксиді  $ClO_3$ , хлор (VII) оксиді  $Cl_2O_7$ . Бұл оксидтерге

мынадай қышқылдар сәйкес келеді:  $\text{HClO}$  – хлорлылау қышқылы,  $\text{HClO}_2$  – хлорлы қышқыл,  $\text{HClO}_3$  – хлорлау қышқылы,  $\text{HClO}_4$  – хлор қышқылы.

Қолданылуы. Фтордың қосылысы тетрафторэтиленді  $\text{C}_2\text{F}_4$  полимерлеу арқылы тефлон алады. Ол сілті мен қышқылға төзімді пластмасса ретінде қолданылады. Фтор жоғары температураға төзімді фторкаучуктердің құрамына, тоңазытқыштарда қолданылатын фреоннің құрамына кіреді.

Хлор тұз қышқылымен хлорлы әк, әр түрлі гипохлоридтер мен хлораттар насекомдарды құртатын ДДТ, гексохлоран газдарды, маталарды ағарта алады, ауыз суын тазартады.

Бром әр түрлі дәрілер жасауға, ал күміс бромиды фотографияда қолданылады. Иод көптеген дәрілердің құрамына кіреді және оның спирттегі ерітіндісімен дезинфекция жасайды, қан тоқтатады.

*Есептер:*

1. Галоген атомдарының құрылыстарына қарап фторға, хлорға, бромға, йодқа қандай валенттіліктер сәйкес келеді. Қосылыстарында галогендер қандай тотығу дәрежелерін көрсетеді?

2. Галогендердің сумен және сілті ертінділерімен әрекеттесу реакция теңдеулерін жазындар.

3. Мына келтірілген көрсеткіштерінің өзгеруіне байланысты галогенсутектерге салыстырмалы спаттама беріңіздер: а) балқу мен қайнау температуралары, б) термиялық тұрақтылығы, в) тотықсыздандырғыш қасиеттері.

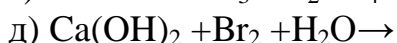
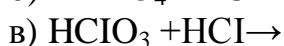
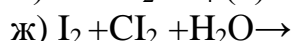
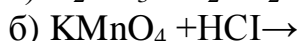
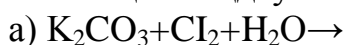
4. Галоген сутектердің алыну тәсілдерін көрсетіңіз.  $\text{HCl}$ -ды алуда қолданылатын әдіс арқылы басқаларын неліктен алуға болмайды?

5. Хлор қандай қосылыс күйінде табиғатта кездеседі? Техникада қандай табиғи қосылыстарынан хлорды және тұз қышқылын алады?

6. Фтор сутегі молекуласы  $\text{H}_2\text{F}_2$ , ал иод сутегі молекуласы–  $\text{HI}$  екенін қалай түсіндіруге болады?

7. Галоген сутекті қышқылдардың қайсысы күштірек және ол неліктен?

8. Реакция теңдеуін аяқтаңыз:



9. Шыныны улау процесінің химиялық мәні неде?

10. 80 л  $\text{Cl}_2$  мен 120 л  $\text{H}_2$  (қ.ж.) әрекеттескенде қанша литр  $\text{HCl}$  бөлінеді.

11. Иод концентрлі азот қышқылымен, калий күйдіргіші ертіндісімен, темір ұнтағымен және металл сынаппен қалай әрекеттеседі?

12. Ас тұзының ертіндісін электролизге ұшыратқанда қандай заттардың алынатынын анықтаңдар.

13. Иод сутекті қышқылдың ертіндісі ұзақ тұрған кезде неліктен қарайып кетеді? Осы құбылысты түсіндіретін реакция теңдеуін жазып көрсетіңіз.

14. Тығыздығы 1,1 болатын 20% - ды 3 л тұз қышқылы ертіндісінде қанша хлор сутегі еріп жүргенін анықта?

### 23. p – Элементтер. VIII A тобы

Сегізінші негізгі топшасын гелий He, неон Ne, аргон Ar, криптон Kr, ксенон Xe, радон Rn құрайды. Бұлардың барлығы қалыпты жағдайда газ күйінде болады және химиялық активтігі өте төмен болғандықтан инертті газдар деп аталады.

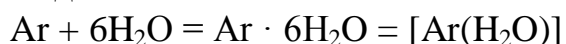
Инертті газдар атомдарының сыртында 8 электронды аяқталған тұрақты қабат түзілгендіктен олардың молекулалары бір атомнан тұрады. Бұл молекулалардың дипольдық моменті болмайды, сондықтан олар газ күйінде сұйық және қатты күйге өте төмен температурада айналады.

Инертті газдардың табиғатта таралуы: Инертті газдар көп изотопты элементтерге жатады. Табиғи гелий 2 изотоптан, неон мен аргон – 3, криптон – 6, ксенон – 9, радон - 19 изотоптан тұрады. Инертті элементтер сирек кездесетін элементтерге жатады. Олар бос күйінде ауаның құрамында, (1% жуық), минералды суларда, табиғи және шахта газдарымен бірге, мұнайда, радиоактивті минералдарда болады.

Қасиеттері мен қолданылуы. Инертті газдар түссіз, иіссіз болады. Қалыпты жағдайда 100 көлем суда 1 көлем гелий, 6 көлем аргон, 50 көлем радон ериді. Олар электр тоғы мен жылуды жақсы өткізеді, ал реттік нөмірінің өсуіне қарай бұл қасиеттері азаяды. Бұл элементтердің өзіне тән спектрлері болады. Гелий ашық сары түсті, неон ашық қызыл түсті, аргон – көк, криптон жасыл көкшіл, ксенон – көкшіл, радон ашық ақ түсті сәулелер шығарады.

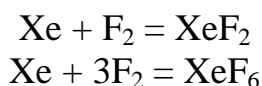
Атом құрылысына байланысты гелий мен неон химиялық атомдық немесе иондық қосылыстар түзбейді. Элементтердің реттік нөмірінің артуына байланысты олардың радиустары үлкейеді және соған сәйкес химиялық активтіктері артады.

Атомның радиустары кішірек, соған сәйкес иондану энергиясы көбірек болғандықтан аргон кәдімгі валенттік байланысы бар атомдық немесе иондық қосылыстар түзбейді, ол тек молекулалық қосылыстар түзуге бейім. Мысалы, 0<sup>0</sup>C – да жоғары қысымда аргон мен судың тікелей әрекеттесуінен аргон кристаллогидраттары түзіледі:

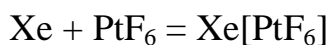


Аргон сияқты криптон мен ксенонның да молекулалық, яғни комплексті қосылыстары белгілі. Мысалы,  $\text{Kr} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Xe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Kr} \cdot 3\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  және  $\text{Xe} \cdot 3\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  комплексті қосылыстарын келтіруге болады.

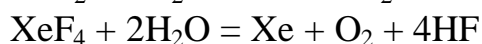
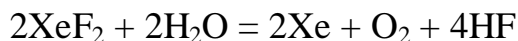
Радиустарының өсуіне және соған сәйкес иондану энергияларының азаюына байланысты криптон мен ксенон тек молекулалық қосылыстар түзіп қоймай жай заттармен тікелей әрекеттесіп атомдық немесе иондық қосылыстар да түзеді, мысалы:



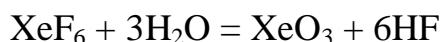
Криптон мен ксенон күрделі заттармен де әрекеттеседі. Мысалы ксенон платина (VI) фторидімен әрекеттесіп, иондық байланыс арқылы комплекс қосылыстың құрамына кіреді:



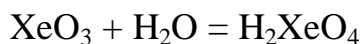
Тотығу дәрежесі төмен ксенонның фторидтері де күшті тотықтырғыштар, олар суда гидролизденіп тотықсызданады:



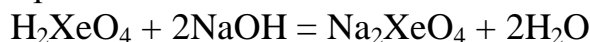
Ксенон (VI) фторидының гидролиздену нәтижесінде ксенон (VI) оксиді түзіледі:



Ксенон оксиді суда жақсы ериді және онымен әрекеттесіп, ксенон қышқылын түзеді:



Күшті сілтілермен әрекеттескенде ксенон қышқылы ксенаттар түзеді:



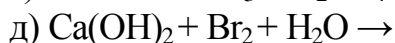
Инертті газдармен электр шамдарын, көпшілік орындардың жарнамалық тетіктерін толтырады. Мұндай тетіктердегі гелий – сары, неон – ашық қызыл, аргон – көк, криптон – жасыл көк, ксенон – көк түс береді. Өндірілетін гелий мен аргонның 75% жуығы таза металдар қорыту үшін және сол металдарды жоғары сапалы етіп біріктіру (сварка) үшін қолданылады.

Ксенонның фторидін әр түрлі процестер мен аппараттарда, ракеталық техникада тотықтырғыш ретінде, ал оксидтерін қопарғыш зат ретінде қолданады.

*Есептер:*

1. Галогенсутектердің қайсысы күшті қышқыл болып саналады және оны қалай түсіндіруге болады?

2. Реакция теңдеуін аяқтаңыз:



3. Шыныны улау процесінің химиялық мәні қандай?

4. Қ.ж. 80 л  $\text{Cl}_2$  мен 120 л  $\text{H}_2$  әрекеттескенде қанша литр  $\text{HCl}$  түзіледі?

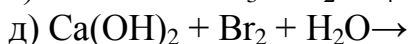
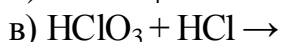
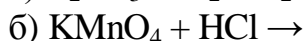
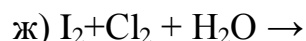
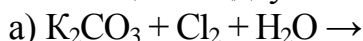
5. Иодтың концентрлі азот қышқылымен, калий күйдіргіші ертіндісімен, темір ұнтағымен, метал түріндегі сынаппен әрекеттесу реакция теңдеулерін жазып көрсетіңіз.

6. Тығыздығы 1,1 болатын 3 л 20%- ды тұз қышқылының ертіндісінде қанша хлорсутегі еріген күйде?

7. Мына қатар бойынша  $\text{HClO}$  -  $\text{HClO}_2$  -  $\text{HClO}_3$  -  $\text{HClO}_4$ :

а) тұрақтылық, б) тотықтырғыштық қасиет, в) қышқылдық қасиет қалай өзгереді?

8. Реакция теңдеуін аяқтаңыз:



9. Қай галогеннің көмегімен калий бромиді мен калий броматы ертінділерінен бромды ығыстырып шығаруға болады?

10. Мына заттардан натрий гипохлоритін алуға бола ма: күйдіргіш натр, ас тұзы, күкірт қышқылы и марганец диоксиді?

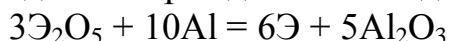
11. Зертханада құрамы 80% йодтан және 20% оттегіден; 77% йодтан және 23% оттегіден тұратын екі сары түсті ұнтақ алынды. Осы заттардың формуласын табыңдар.

## 24. р – Элементтер. V Б тобы

Бесінші топтың қосымша топшасын ванадий V, ниобий Nb, тантал Ta құрайды. Элементтердің реттік нөмірлерінің өсуіне қарай ванадийден ниобийға қарай олардың атомдарының радиустары өседі, осыған сәйкес иондану энергиясы кемиді. Ал ниобий мен танталды салыстырсақ, соңғыда лантаноидтық қысылу болғандықтан, бұл екі элементтің атомдары иондарының радиустары да, иондану энергиялары да бірдей болады. Сондықтан ванадийға қарағанда ниобий мен тантал өзара ұқсас. Бұлар дара электрондарының санына сәйкес қалыпты жағдайда үш валентті, ал қозғанда бес валентті, химиялық қосылыстарда ванадий 2+, 3+, 4+, 5+ ал ниобий мен тантал көбінесе 5+ тотығу дәрежесін көрсетеді.

Табиғатта таралуы. Ванадийдің негізгі минералдары – ванадинит  $Pb_5(VO_4)_3Cl$  және карнотит -  $K(UO_2)VO_4 \cdot 1,5H_2O$ . Қасиеттері ұқсас ниобий мен тантал колимбитпен  $FeNb_2O_6$  танталит  $FeTa_2O_6$  минералдарының қоспалы түрінде кездеседі.

Металлургия өнеркәсібінде ванадийды, ниобийды, танталды алу өте күрделі процесс. Барлық жағдайда ең соңында бұл металдардың қосылыстарын  $Э_2O_5$  типтес оксидтерге айналдырады да, сонан соң оксидті металлотермиялық әдіспен кальцийдің немесе алюминийдің жәрдемімен тотықсыздандырып ванадийды, ниобийды, танталды бос күйінде бөліп алады:

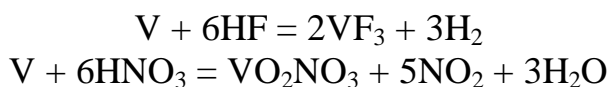


Металдар болаттың арнаулы сорттарын алуға жұмсалатындықтан темір кенімен бірге кездесетін ванадийды, ниобийды, танталды темірмен құйма түрінде, яғни феррованадий, феррониобий, ферротантал түрінде алып пайдаланады.

Қасиеттері. Ванадий, ниобий, тантал сұрғылт болат сияқты қиын балқитын ауыр металдар.

Қалыпты жағдайда бұл металдар химиялық жағынан тұрақты болады, ал қыздырғанда галогендермен, оттегімен, күкіртпен, азотпен, көміртегімен әрекеттесіп  $\text{VF}_5$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{VS}_2$ ,  $\text{VN}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$  типтес қосылыстар түзеді.

Ванадий тек фторсутек қышқылында және концентрлі күкірт, азот қышқылдарында ериді:



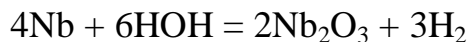
Ниобий мен тантал фторсутек қышқылы мен азот қышқылының қоспасында жақсы ериді:



Металдардың үшеуі де сілтілердің концентрлі ерітінділерімен, әсіресе, балқыған сілтілермен тотықтырғыш қатысында жақсы әрекеттеседі:

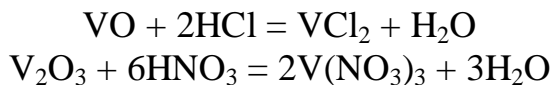


Қызарғанға дейін қыздырғанда металдар сумен әрекеттесіп одан сутегін ығыстырады:

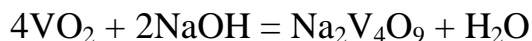


Қосылыстары. Ванадий мен ниобий  $\text{VO}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{VO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  типтес оксидтер, ал тантал  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  оксидін түзеді. Ванадий оксидтерін  $\text{VO}$  мен негіздік,  $\text{V}_2\text{O}_3$  амфотерлік, ал  $\text{V}_2\text{O}_5$  қышқылдық оксид.

$\text{VO}$  сұйытылған қышқылдарда  $\text{V}_2\text{O}_3$  фторсутек, азот қышқылдарында ериді:

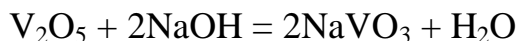


$\text{VO}_2$  амфотерлі болғандықтан сілтілермен де әрекеттесіп поливанадийлі қышқылдың тұздарын түзеді:

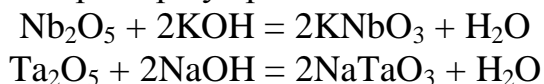


Металдардың жоғары оксидтері:  $\text{V}_2\text{O}_5$  қызыл немесе сары қызыл түсті,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  және  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  түссіз, қиын балқитын, кристалды қышқылдық оксидтер.

Ванадий (V) оксиді сілтілерде еріп, ванадий қышқылының тұздарын ванадаттарды түзеді:



Ниобий мен тантал қышқылының тұздарын ниобиттар мен танталаттарды да олардың оксидтерін сілтілерде еріту арқылы алады:



Қолданылуы. Ванадий, ниобий, тантал арнаулы болаттар алуға қолданылады. Аздаған (0,2 – 0,3%) ванадий қосылған болат соққыға, үйкелуге, үзілуге төзімді. Мұндай болаттар механикалық күш түсіп тұратын машина бөлшектерін жасауға жұмсалады. Ниобий мен тантал коррозияға төзімді болғандықтан медициналық құралдар, химиялық ыдыстар жасауға қолданылады.

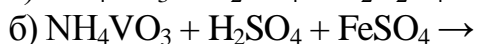
*Есентер:*



1. Құрамында  $V_2O_5$  –і бар жартылай өнімнен натрий ванадатын алу үшін оттегі қатысында пісіреді. Процесс хлорды бөле жүреді. Реакция теңдеуін жазыңдар.

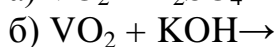
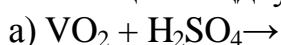
2. Диоксониобий (V) сульфатының сұйытылған ертіндісін қайнатқанда гидролизге ұшырайды. Реакция теңдеуін жазыңдар.

3. Реакция теңдеуін аяқта:



4. Ванадий оксиді (V) мен газ тәріздес  $NH_3$  пен  $H_2O$  түзіле жүретін  $NH_4VO_3$  (к)-тың ыдырау реакциясының  $\Delta G^\circ_{298}$  есептеп шығарыңыз, егерде  $V_2O_5$  үшін  $\Delta H^\circ_{298} = 195,02$  кДж/мольге;  $\Delta S^\circ_{298} = 423,86$  тең болса қай фактор (энтропиялық па әлде энтальпиялық па) процестің жүру бағытын анықтайды?

5. Реакция теңдеуін аяқта:



6. Мына қосылыстардың  $VCl_4$  и  $VOCl_2$  гидролиздену теңдеулерін жазыңыз.

7. Ванадийге (III) қандай координациялық сан сәйкес келеді? Мына комплекстердің  $[V(OH_2)_6]^{3+}$ ,  $VCl_6^{3+}$ ,  $[V(NH_3)_6]^{3+}$ ,  $VF_6^3-$  құрлысықандай?

## 25. d – Элементтер. VI Б тобы

Алтыншы топтың қосымша топшасын хром Cr, молибден Mo, вольфрам W құрайды. Хромнан молибденге қарай элементтердің атомдық та, иондық та радиустары артады, ал молибден мен вольфрамның атомдық, әсіресе иондық радиустары бірдей. Оның себебі вольфрамда лантаноидтық қысылуы болады да радиусы кішірейіп, молибденнің радиусына теңеседі. Хромнан вольфрамға қарай олардың атомдық және иондық радиустарының кішіреуіне байланысты иондану потенциалдарының мәні артып электрон беру қабілеті азаяды. Молибден мен вольфрамның радиустары бірдей болғандықтан, қасиеттері де ұқсас.

Бұл элементтер химиялық қосылыстарында 2+, 3+, 4+, 5+, 6+ тең тотығу дәрежелерін көрсетеді. Негізгі топша элементтері сияқты хром, молибден, вольфрам қосылыстарда 6+ - ке тең ең жоғары тотығу дәрежесін көрсетеді. Мысалы, бұл элементтердің барлығы да  $ЭO_3$  типтес қышқылдық оксидтер және соларға сәйкес келетін  $H_2ЭO_4$  қышқылдарын түзеді.

Хром, молибден, вольфрам өздерінің көптеген физикалық және химиялық қасиеттері жағынан ұқсас келеді. Бұлар қиын балқитын (мысалы вольфрам балқу температурасы  $3380^\circ C$ ), өте қатты металдар. Кәдімгі температурада бұл металдар ауада және суда өзгермейді. Қыздырған кезде бұлар оттегімен, галогендермен, фосформен, көміртегімен әрекеттеседі.

Хромның табиғатта таралуы және алынуы. Жер қыртысында хром крокоит  $PbCrO_4$  және хром теміртасы  $FeO \cdot Cr_2O_3$  кендері түрінде кездеседі.

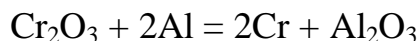
Таза хром алу үшін теміртасын оттегі қатысында содамен қосып қыздырып, хроматқа айналдырады:



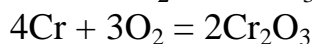
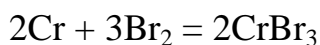
Түзілген натрий хроматын көмірмен қосып қыздырып, хром (III) оксидіне тотықсыздандырады:



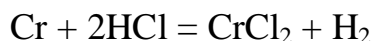
Хром (III) оксидін алюминиймен тотықсыздандыру арқылы таза хром алады:



Қасиеттері. Хром ақсұр түсті, өте қатты, ауыр, жылтыр металл. Кәдімгі температурада ауада, суда өзгермейді, өйткені оның бетінде пайда болатын, өте жұқа, тығыз, мықты хром (III) оксидінің қабаты оны бұл орталарда ары қарай бұзылудан сақтайды. Жоғарғы температурада көптеген металл еместермен әрекеттеседі.



Хром сұйытылған қышқылдармен әрекеттесіп, олардан сутегін бғыстырады:

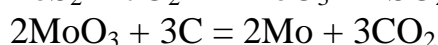
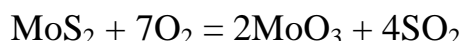


Молибден мен вольфрамның табиғатта таралуы. Молибден мен вольфрам табиғатта аз мөлшерде тараған. Молибденнің маңызды минералдарының бірі молибден жылтыры  $\text{MoS}_2$ , сары қорғасын кені немесе вульферит  $\text{PbMoO}_4$  және повеллит  $\text{CaMoO}_4$  жатады.

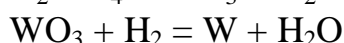
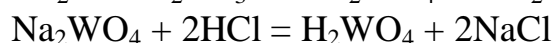
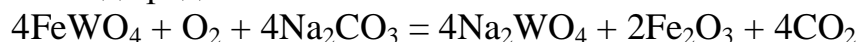
Табиғатта вольфрам көбнесе вольфрам қышқылы тұздарының минералдары түрінде кездеседі. Ол минералдары вольфрамит  $\text{FeWO}_4$ ,  $\text{MnWO}_4$  және шеелит  $\text{CaWO}_4$  штольтит  $\text{PbWO}_4$  жатады.

Алынуы. Молибден мен вольфрамды алу үшін алдымен олардың кендерін бос қоспалардан тазартып байытады.

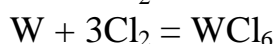
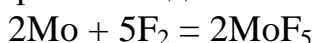
Молибден алу үшін молибденитті тікелей өртеп молибден оксидіне айналдырады:



Вольфрамды алу үшін вольфрамитты содамен қосып, балқытып, натрий вольфраматына айналдырады:



Қасиеттері. Молибден, вольфрам тығыз күйде күмістей ақ түсті жылтыр болады. Бұлар ауыр, қатты, өте қиын балқитын металдар. Кәдімгі температурада молибден мен вольфрам ауада, суда өзгермейді тек фтормен, ал қыздырғанда хлормен, броммен әрекеттеседі:

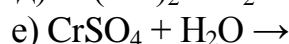
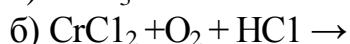
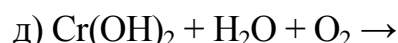
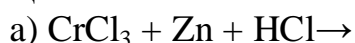


Қолданылуы. Молибден мен вольфрамның 85 - 90% жоғары сапалы болаттар алу үшін жұмсалады. Молибден болаттың серпімділігін, мықтылығын, отқа төзімділігін және коррозияға төзімділігін арттырады. Сондықтан молибден қосылған болаттар авиация мен автомобиль өнеркәсібінде қолданылады.

Вольфрам үйкеліске төзімді құралдар жасайтын болаттың құрамына кіреді. Вольфрам ең қиын балқитын металл болғандықтан, электр шамдарының сымын жасауға да қолданылады.

*Есептер:*

1.  $\text{CrCl}_3$  қосылысы қалай алынуы мүмкін? Келесі реакция теңдеулерін жазыңыз:



2.  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  –нің термиялық ыдырауы нәтижесінде  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -тің түзілу реакциясын жазыңдар.

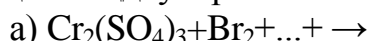
3. Хром (III) оксиді суда, сілті және қышқыл ертінділерінде ерімейді. Қалай  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -ті еритін күйге келтіруге болады?

4.  $\text{Cr}^{3+}$  қандай формада қышқылдықта негіздікте ертіндіде кездесе алады? Хром (III) гидроксидінің қышқылдықта-негіздікте қасиет көрсететін реакция теңдеулеріне мысал келтіріңіз.

5.  $\text{Cr}(\text{III})$ -тің түзетін келесі комплексті қосылыстарының атын ата:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6][\text{Co}(\text{CN})_6]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Cr}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ . Валенттік байланыстар теориясы негізінде комплексті қосылыстардың құрылысын түсіндір.

6. Калий хроматының калий дихроматына және дихроматтың қайтадан хроматқа ауысу реакция теңдеулерін жазып көрсет.

7. Хром (III) қосылыстарының қышқылдық және сітілік ортада тотығу реакция теңдеулерін жазып көрсетің:



8. Хром (III) оксидін  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  –ні концентрлі күкірт қышқылымен ыдыратқанда алуға болады; реакцияның қосымша өнімі  $\text{NaHSO}_4$  болып табылады. 1 тонна өнім алу үшін 1,85 т  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  жұмсалатын болса өнімнің шығымы қандай?

9. Молибден қышқылымен азот және күкірт қышқылдары әрекеттескенде қандай қосылыстар түзіледі? Бұл реакциялар молибден қышқылының қандай қасиетін көрсетеді?

10. Мына қосылыстардың  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  әрекеттесуінен аммоний тиомолибдатының түзілуін және оның әрі қарай тұз қышқылымен әрекеттесіп ыдырап нәтижесінде  $\text{MoS}_3$ -тің түзілу реакция теңдеулерін жазып көрсет.

11. Құрамында  $\text{FeWO}_4$  –і бар вольфрамит минералын ауа оттегісінің катысында содамен балқытып натрий вольфраматын алады. Реакция теңдеуін жазып көрсетің.

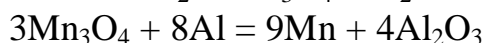
12. Хром (VI), молибден (VI) және вольфрам (VI) диоксохлоридтерінің гидролиздену реакцияларының теңдеуін жазып көрсетте салыстырып қандай қортынды жасауға болады ?

## 26. d – Элементтер. VII Б тобы

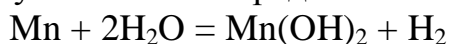
Жетінші қосымша топшаны марганец Mn, технеций Tc, рений Re құрайды. Марганецпен салыстырғанда технеций мен ренийдің атомдарының да, иондарының да радиустары өте жақын екенін байқауға болады, себебі ренийде болатын лантаноидтық қысылу оның атомының радиусын кішірейтіп технецийдің радиусына жақындатады. Сондықтан технеций мен ренийдің қасиеттері ұқсас. Марганец, технеций, рений химиялық қосылыстарда 2+, 3+, 4+, 5+, 6+, 7+ тотығу дәрежелерін көрсетеді.

Алынуы табиғатта таралуы. Марганец табиғатта көп тараған элементтердің қатарына жатады. Ол жер қыртысында оксидтер, карбонаттар, сульфидтер түрінде тараған. Оның ішіндегі маңыздыларына мына минералдар жатады: пиролюзит  $\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , магнит  $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , гаусманит  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , родохрозит немесе марганец шпаты  $\text{MnCO}_3$  марганец жылтыры немесе алабандин  $\text{MnS}$ .

Таза марганец алу үшін алюминотермия әдісі қолданылады. Ол үшін пиролюзитті қыздырып ыдыратады:



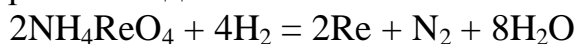
Қасиеттері. Марганец күмістей ақ түсті, морт, ауыр металл. Марганец қыздырғанда оттегімен, күкіртпен, галогендермен азотпен, көміртегімен әрекеттеседі, ал сумен одан сутегіні ығыстырады:



Тұз қышқылымен және сұйытылған күкірт қышқылымен жақсы әрекеттеседі.

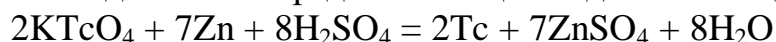
Қосылыстары. Марганец қосылыстарында 2+ - тен 7+ - ке дейін болатын тотығу дәрежесін көрсетеді. Оның бестүрлі оксиді бар:  $\text{MnO}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  – негіздік,  $\text{MnO}_2$  – амфотерлі,  $\text{MnO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  қышқылдық. Соған сәйкес  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ ,  $\text{H}_2\text{MnO}_4$ ,  $\text{HMnO}_4$  қосылыстары бар.

Технеций мен рений. Технеций табиғатта кездеспейді. Ол – синтездеумен алынады. Рений өте сирек тараған металл. Оны молибден концентраттарынан алады. Ренийді алу өте күрделі процесс, ең соңында ренийді калий немесе аммоний перренатына айналдырады да, бұл тұзды сутегімен тотықсыздандырып таза рений алады:



Химиялық қасиеттері жағынан технеций ренийге өте ұқсас, ол химиялық қосылыстарында 2+, 4+, 6+, 7+ тотығу дәрежелерін көрсетеді. Әсіресе , технеций 7+ заряды болатын қосылыстары жақсы зерттелген.

Калий пертехнатының күшті тотықтырғыштық қасиеттері болады. Ол мырышпен әрекеттескенде металл күйдегі технецийге дейін тотықсызданады:



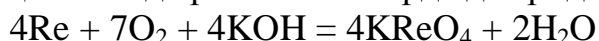
Технеций азот қышқылында еріп, технеций қышқылын түзеді:



Рений бос күйінде күміс тәрізді ақ түсті ауыр металл. Ол ауада, суда, көптеген қышқылдарда өзгермейді, бірақ технеций сияқты азот қышқылында еріп, рений қышқылын түзеді:



Тотықтырғыштар қатысында рений сілтілерде де ериді:



Рений қышқылының тұздарын перренаттар деп атайды.

Рений электр шамдарының қылсымын және рений құймаларынан қаламұш жасалады. Рений және оның қосылыстары катализатор ретінде қолданылады.

#### *Есептер:*

1. Марганец, технеций және рений атомдары құрылысының ерекшеліктерін көрсетің.

2. Марганец, технеций және рений оттегімен қосылыстарында қандай тотығу дәрежелерін көрсетеді?

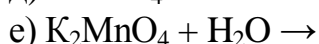
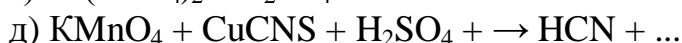
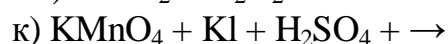
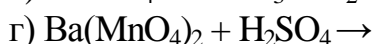
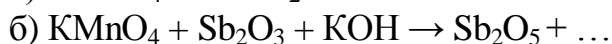
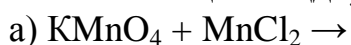
3. Марганец, технеций және рений сутегімен әрекеттесе ма?

4. Марганец қандай қышқылдарда ериді? Реакция теңдеуін жазыңдар.

5. Ренийдің тұз, күкірт және азот қышқылдарында еру реакция теңдеулерін жазып көрсет.

6. Марганец (IV) қосылыстарының а) тотықсыздандырғыш; б) тотықтырғыш қасиеттерін көрсететін реакция теңдеулерін жазып көрсет.

7. Реакция теңдеуін аяқтап, коэффициенттерін қойыңдар:

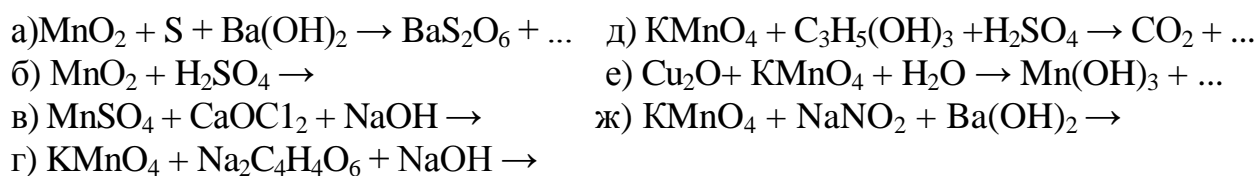


8. Марганец сумен әрекеттесе ма? Марганецтің комплексті қосылыстарына мысал келтіріңдер.

9. Аммоний ренатынан бос күйіндегі ренийді қалай алуға болады? Ренийді марганец қоспасынан тазарту әдісін қарастырыңыз.

10. Қорғасын сульфидінен марганец сульфидін ажыратуға болады?

11. Реакция теңдеуін аяқтап, коэффициенттерін қойыңдар:



## 27. d – Элементтер. VIII Б тобы

Сегізінші қосымша топшаны темір Fe, кобальт Co, никель Ni, рутений Ru, родий Rh, палладий Pd, осмий Os, иридий Ir, платина Pt құрайды. Бұл тоғыз элемент ұқсастық қасиеттеріне қарай үш үштікке бөлінеді. Бірінші үштікке темір, кобальт, никель, екінші үштікке рутений, родий, палладий, үшінші үштікке осмий, иридий, платина жатады.

Бұл элементтердің барлығы да металдар, олардың сыртқы қабатының s – қабатшасындағы электрондары екіден артық болмайды және кезекті электрондары сырттан санағанда екінші қабаттың d – қабатшасында орналасады.

Бұл элементтер басқа элементтермен химиялық байланыс түзуге сыртқы d – электрондарын жұмсау арқылы валенттіліктерін 2 – ден 8 – ге дейін өсіреді. Осыған сәйкес сегізінші қосымша топша элементтерінің химиялық қосылыстардағы тотығу дәрежелері 2+ - тен 8+ - ке дейін өсіре алады, бірақ рутений мен осмийден басқалары көбінесе 2+, 3+, 4+ тотығу дәрежелерін көрсетеді.

Ұқсас болғандықтан темір, кобальт, никельді темір үштігіне біріктіреді де, ал қалған алты металды платиналық металдар деген атпен қарастырады.

Темір үштігі. Темір үштігіне кіретін темір, кобальт, никель таза күйде ақ түсті (кобальт көкшілдеу), суық және ыстық күйде соғуға оңай көнетін, барлығы да жақсы магниттелетін металдар.

Темір, кобальт, никель қатарында ядро зарядтарының өсуіне байланысты олардың атомдарының және иондарының радиустары азаяды, соған сәйкес олардың иондану энергиялары артып, химиялық активтері төмендейді.

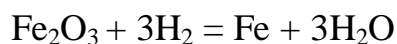
Темір, кобальт, никельдің сырқы қабатында 2s – электроннан орналасқан және сырттан санағанда екінші қабаттың d – қабатшаларына сәйкес 6, 7, 8 электрондар бар. Элементтердің d – қабатшаларында электрондар орналасу аяқталмаған.

Темір үштігінің элементтері химиялық реакциялар кезінде сыртқы қабаттарындағы екі s – электрондарын беріп жібереді және екінші қабаттың d – қабатшасынан бір немесе бірнеше электрондар беруі мүмкін. Көбінесе олар екі немесе үш электрондарын беріп жіберіп химиялық қосылыстарда 2+, 3+ тотығу дәрежелерін көрсетеді.

Бұл элементтер ЭО, Э<sub>2</sub>О<sub>3</sub> типтес оксидтер және бұларға сәйкес Э(ОН)<sub>2</sub>, Э(ОН)<sub>3</sub> типтес гидроксидтер түзеді. Металдардың химиялық активтігі Fe – Co – Ni қатарында солдан оңға қарай кемиді.

Темір және оның қосылыстары. Темір табиғатта таралуы жөнінен алюминийден кейін екінші орын алады. Оның оксидтер түрінде көп кездесетін минералдарына магнетит  $Fe_3O_4$ , гематит  $Fe_2O_3$ , лимонит  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  жатады.

Зертханада темірді оның сульфатының немесе хлоридінің ерітіндісін электролиздеу жолымен, не темір оксидтерін жоғары температурада сутегімен тотықсыздандыру арқылы немесе темірдің пентакарбонилін ыдырату әдісімен алады:



Темірді таза күйінде қолданбайды деуге болады. Сондықтан өнекәсіпте темірді шойын және болат түрінде өндіреді.

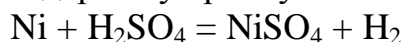
Темір ақ түсті, жылтыр, магниттелетін металл, созылғыш, соғылғыш және де басқа да механикалық әсерлерден пішінін оңай өзгертеді.

Темір химиялық қасиеттері жағынан орташа активті металдарға жатады. Қалыпты температурада баяу тотығады, ал қыздырғанда оттегімен, галогендермен, күкіртпен әрекеттеседі.

Темірмен оның қосылыстарын қолдану. Барлық металдардың ішінде халық шаруашылығында темірдің алатын орны өте зор. Қара металдарды – шойын мен болатты өндіру үлкен орын алады.

Кобальт пен никель жер қыртысында массалық үлесі  $3 \cdot 10^{-3}$ ,  $8 \cdot 10^{-3}\%$ . Кобальт пен никель табиғатта көбінесе күкіртпен, мышьякпен қосылыстар түзеді, оларға кобальтпирит  $CoS_2$ , кобальтин немесе кобальт жылтыры  $CoAsS$ , смальтин  $CoAs_2$ , милерит  $NiS$ , никель жылтыры  $NiAsS$  жатады.

Кобальт пен никельді таза күйде алу үшін олардың тұздарының ерітіндісін электролиздеп металдарды катодта бөліп алады. Химиялық қасиеттері жағынан кобальт пен никельдің активтігі темірден төмен. Кобальт пен никель кәдімгі температурада ауада, суда өзгермейді. Сұйытылған күкірт және тұз қышқылдарында металдар баяу еріп сутегін ығыстырады:



Кобальт пен никельдің 80% - ке жуығы магнитті, қиын балқитын, тез кесетін авиациялық болаттар алу үшін қолданылады. Кобальт негізінде алынған катализаторлар аммиакты тотықтыруға органикалық синтезде қолданады. Кобальт қосылыстарынан эмальдар, бояулар даярлайды.

Никельден легирленген болаттар алынады. Никель қосылған құймалар өте көп.

Платиналық металдар. Бесінші периодта орналасқан рутений, родий, палладий, алтыншы периодта орналасқан осмий, иридий, платина жатады.

Темір үштігімен салыстырғанда платина тәрізді металдардың тығыздықтарының, балқау, қайнау температураларының, стандартты электродтық потенциалдарының мәндері жоғары болады. Химиялық реакциялар кезінде платиналық металдар 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 электрондарын беріп жіберіп 2+, 3+, 4+, 5+, 6+, 7+, 8+ тотығу дәрежесін көрсетеді.

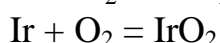
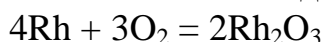
Платинаның табиғатта таралуы. Платина тәрізді металдар сирек және шашыранды тараған элементтерге жатады. Сонымен қатар платина тәрізді

металдар алтынмен және күміспен құйма түрінде және темір, мыс, никель полиметалл кендерінде қоспа түрінде кездеседі.

Алынуы. Өндірілетін 1 тонна кендегі платина тәрізді металдардың мөлшері 0,1 грамнан аспайды. Сондықтан алдымен платиналық металдарды сумен жуу арқылы бос жыныстардан тазартады. Бұдан кейін платиналық металдардың құймасын «патша арағында» ерітеді. Бұдан кейін платиналық металдар комплекс қосылыстарының қасиеттерінің әр түрлілігін пайдаланып, көптеген химиялық реакциялардың көмегімен металдарды бір бірінен бөледі.

Қасиеттері. Платиналық металдар тығыз күйінде күміс тәрізді, ақ түсті, жылтыр келеді. Тығыз металдар соғуға, созуға оңай көнеді.

Платиналық металдар химиялық әсерлерге өте тұрақты келеді. Жоғары температурада родий мен иридий оттегімен тотығады:



Платина тәрізді металдар галогендермен, әсіресе, активтігі жоғары фтормен, хлормен әрекеттеседі.

Платинаның қолданылуы. Платиналық металдар әсемдік бұйымдар жасауға, катализатор ретінде қолданылады.

#### *Есептер:*

1. Темір, кобальт және никел оттегімен, күкіртпен, хлормен және броммен әрекеттесе ма? Реакция теңдеуін жазындар.

2. Шойын, болат және жұмсақ темір құрылысы мен қасиеттері бойынша қалай ерекшелінеді?

3. Темірдің а) суықта; б) қыздырғанда сұйытылған азот қышқылымен әрекеттесу реакция теңдеуін жазып көрсет.

4. Темір сұйытылған және концентрленген күкірт қышқылымен қалай әрекеттеседі? Реакция теңдеуін жазып көрсет.

5. Кобальт пен никелдің сұйытылған азот қышқылымен әрекеттесу реакция теңдеуін жазып көрсет.

6. Темір даттанғанда қандай процесс жүреді? Темір коррозиясының электрохимиялық механизмін қарастырыңыз.

7. Мына иондар қандай түске боялған  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ?

8. Мына келтірілген екі валентті иондардың  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  және  $\text{Ni}^{2+}$  қайсысының тотығу-тотықсыздандыру қасиеті басымырақ?

9. Темірдің екі валентті тұзынан үш валентті тұзын қалай ажыратуға болады?

10. Мына қосылыстардың  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe}$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CoCl}_2$  гидролизденуінің молекулалық және иондық теңдеулерін жазып көрсет.

11. Күкіртті колчеданды ыстық концентрлі тұз қышқылымен өңдегенде не болады?

12. Кобальттың тұздары суда ашық қызыл түсті, ал спиртте көк түсті береді?



13. Үш валентті кобальттың комплексті қосылыстарына мысал келтір.

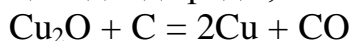
### 28. d – Элементтер. I Б тобы

Бірінші қосымша топшаны мыс Cu, күміс Ag, алтын Au құрайды. Элементтердің ядро зарядтарының өсуіне байланысты мыстан күміске дейін олардың атомдарының да, иондарының да радиустары өседі, соған сәйкес иондану энергиялары кемиді, ал алтынның атомында лантаноидтық қысылу болғандықтан, атомның радиусы күмістікімен бірдей, ионының радиусы одан кіші болады. Осы элементтердің ішінде химиялық жағынан ең тұрақтысы алтын.

Бұл элементтердің соңғы электрондары сырттан санағанда екінші қабаттың d – қабатшасына орналасады. Сондықтан химиялық қосылыстарда валенттік байланыс түзу үшін сыртқы электрондарынан басқа екінші қабаттан бір немесе екі d – электрондар да қатысуы мүмкін. Осы себептен қосымша топша элементтерінің жоғары валенттігі өзі тұрған топтың нөмірінен көп, яғни олар бір, екі, үш валентті болулары мүмкін.

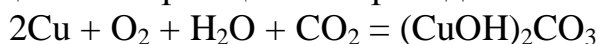
Мыс. Мыс табиғатта аз мөлшерде бос күйінде, көбінесе әр түрлі қосылыстар түрінде кездеседі. Мыстың маңызы оттекті қосылыстарына куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$  мелконит  $\text{CuO}$  малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ , азурит  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  жатады.

Мыстың алынуы. Мыс кендерін алдымен бос жыныстардан бөліп байытады. Байытылған оттекті қосылыстардан мыс өндіру үшін оларды кокспен қосып, қыздырып, тотықсыздандырады, мысалы:



Мыстың қасиеттері. Мыс қызғылт түсті, соғылғыш, созылғыш, электр тоғы мен жылуды жақсы өткізетін ауыр металл.

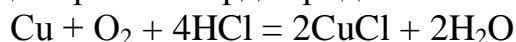
Мыс қыздырғанда галогендермен, күкіртпен, оттегімен әрекеттеседі. Ол құрғақ ауада өзгермейді, ал дымқыл ауада оның бетінде мыс гидрооксокарбонатының жасыл түсті қабаты түзіледі:



Мыс комплексті қосылыстар түзуге қабілеті күшті болғандықтан, циан қышқылдары тұздарының ерітінділерінде сутегі катиондары арқылы оңай тотығады:



Мыс сұйытылған қышқылдармен әрекеттеспейді, бірақ тотықтырғыш ретіндегі ауадағы оттегінің әсерінен оларда ериді:



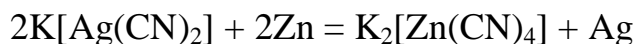
Күміс. Күміс табиғатта бос және қосылыс күйде кездеседі. Күмістің аса маңызды минералдарына күміс жылтыры  $\text{AgS}$  және  $\text{AgCl}$  жатады.

Күмістің алынуы. Күмісті оның қосылыстарынан әр түрлі жолдармен өндіруге болады. Солардың ішіндегі ең бастысы – ұсақталған күміс қосылыстары цианид ерітінділерімен әрекеттескенде күміс иондары комплекс қосылысының құрамына кіріп ерітіндіге көшеді:

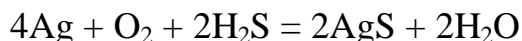




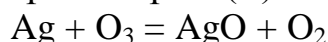
Түзілген ерітіндіге мырыш ұнтағын қосу арқылы күмісті тотықсыздандырады.



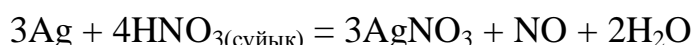
Күмістің қасиеттері. Күміс ақ түсті, өте жылыыр, жұмсақ, электр тоғымен жылуды ең жақсы өткізетін металл. Химиялық активтігі өте аз металл. Құрамында күкіртсутек бар дымқыл ауада оттегі арқылы оңай тотығып беті қараяды:



Күшті тотықтырғыш озон күмісті күміс (II) оксидіне дейін тотықтырады:

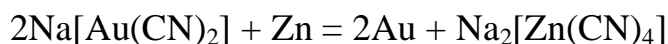
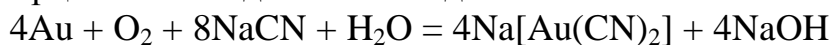


Күміс азот қышқылында және ыстық концентрлі күкірт қышқылында жақсы ериді:



Күмістің негізгі қосылыстары. Оның үш түрлі оксидтері болады  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{AgO}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}_3$  жатады. Күмістің маңызды тұздары  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ .

Алтын. Алтын табиғатта бос күйінде кездеседі. Алтынды бос жыныстардан бөліп алу үшін сумен шаю, сынапта еріту әдістері қолданылады. Бірақ бұл әдістерді қолданғанда алтын толық бөлінбейді. Сондықтан алтынды бос жыныстан бөліп алу үшін циан қышқылы тұздарының ерітіндісінде оттегі арқылы тотықтырып ерітіндіге көшіреді де, одан кейін ерітіндіге мырыш ұнтақтарын қосу арқылы алтынды бөліп алады:



Алтын ашық сары түсті, жұмсақ, ауыр металл. Ол соғуға, созуға өте ыңғайлы. Алтынның активтігі өте нашар металл. Ол тек «патша арағында» және селен қышқылында ериді. Оның қосылыстары  $\text{Au}_2\text{O}$ ,  $\text{Au}_2\text{O}_3$  оксидтері және тұзы  $\text{AuCl}_3$ .

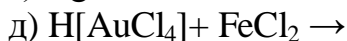
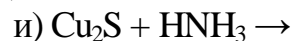
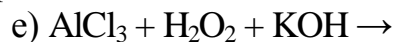
Алтынның көпшілігі мемлекеттік банктерде алтын қоры ретінде сақталады. Ол сәндік бұйымдар жасауға, медицинада т. б. қолданылады.

*Есептер:*

1. Мыстың маңызды құймаларын ата.
2. Мыстың: а) сұйытылған және концентрленген азот қышқылымен; б) концентрлі ыстық күкірт қышқылымен әрекеттесе реакцияларының теңдеуін жазып көрсет.
3. Мыстан жасалған бұйымдардың жасылдануын қалай түсіндіруге болады? Реакция теңдеуін жазыңдар.
4. Ауада қыздырғанда күміс пен алтын неліктен оксидтер түзбейді?
5. Күмістің сұйытылған және концентрлі азот қышқылымен және концентрлі ыстық күкірт қышқылымен әрекеттесу реакция теңдеулерін жазып көрсет.
6. Ауада күмістен жасалған бұйымдар неліктен қарайады? Реакция теңдеуін жазыңдар.

7. Күміс тұздарының ертіндісін неліктен қараға боялған шыны ыдыста сақтайды?

8. Реакция теңдеуін аяқта, коэффициенттерін қойыңыз:



## 29. d – Элементтер. II Б тобы

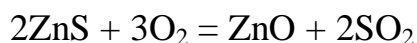
Екінші қосымша топшаны мырыш Zn, кадмий Cd, сынап Hg құрайды бұл элементтердің электрондық қабаттарының саны әр түрлі болғанымен сыртқы екі қабатындағы электрондардың орналасу реті бірдей. Барлығының сыртқы қабатында 2 – электрон, ал сырттан санағанда екінші қабатта 18 электрон орналасқан.

Бұл элементтер химиялық қосылыстарда 2+ тотығу дәрежесін көрсетеді, тек сынап қана қосылыстарда 2+ пен қатар 1+ тотығу дәрежесін көрсетеді.

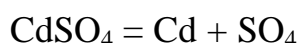
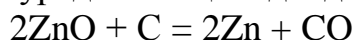
Мырыш, кадмий, сынап элементтерінің бірінші иондану потенциалдарының мәні сәйкес периодтардағы d – элементтердің бірінші иондану потенциалдану мәндерінен көп. Мырышқа қарағанда кадмийдің иондану энергиясының аз болуы кадмийдің электрондық қабаттары санының артуына байланысты, ал иондану энергиясының сынапта қайтадан көбеюі оның  $6s^2$  электрондарының 5d – электрондық қабатша ғана емес, 4f электрондық қабатшасы да қалқалап тұруына байланысты.

Жер қыртысында мырыштың мөлшері  $1,1 \cdot 10^{-2}$ , кадмийдікі –  $1,5 \cdot 10^{-5}$ , сынаптікі  $0,8 \cdot 10^{-5}$  – массалық пайыз. Тек сынап бос күйінде кездеседі. Мырыш пен кадмий қосылыс түрінде тараған, соның ішінде мына минералдары ZnS – мырыш алдамшысы,  $\text{ZnCO}_3$  – галмей,  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$  – виллемит, CdS – гринокит, HgS – киноварь.

Металлургия өнеркәсібінде мырыш пен кадмийді екі әдіспен пирометаллургиялық және электрометаллургиялық әдістермен өндіреді. Екі әдіс бойынша да алдымен металдың сульфидтерін өртеп, тиісті оксидтерге айналдырады:



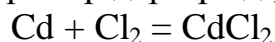
Термиялық әдіс бойынша металл алу үшін түзілген металл оксидін кокспен қосып жоғары температурада тотықсыздандырады:



Қасиеттері. Бұл топтың металдары күмістей ақшыл көк түсті. Сынап балқу температурасы төмен болғандықтан, кәдімгі жағдайда сұйық күйде болады. Бұлардың барлығы да ауыр металдарға жатады.

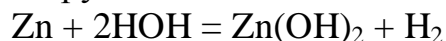
Химиялық активтігі жөнінен металдардың тотықсыздандырғыштық қабілеті мырыштан сынапқа қарай кемиді.

Мырыш, кадмий, сынап кәдімгі температурада галогендермен жақсы әрекеттесіп ЭГ<sub>2</sub> типтес қосылыстар – тұздар түзеді, мысалы:

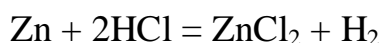


Кәдімгі температурада мырыш пен кадмийдің бетінде олардың жұқа тығыз оксидтер қабаты түзіледі де оларды ары қарай тотығудан сақтайды, ал қыздырғанда ЭО типтес оксидтер түзіледі.

Таза мырыш суда аздап ериді, бірақ оның бетінде пайда болған мырыш гидроксиді металды ары қарай еруден сақтайды:



Потенциалдары теріс болғандықтан, мырыш пен кадмий қышқылдардан сутегін ығыстырады:



Сынап концентрлі күкірт қышқылында, әсіресе азот қышқылында жақсы ериді.



Көптеген металдар, әсіресе, сұйық сынапта жақсы еріп – амальгама деп аталатын қоймалжың сұйық құймалар түзеді.

Мырыш әр түрлі мақсаттарға көп қолданылады. Металлургия өнеркәсібінде мырыш ұнтақтары әр түрлі металдарды тотықсыздандыру үшін қолданылады. Мырыштың көп мөлшері болаттан жасалған заттардың бетін қаптап коррозиядан қорғау үшін жұмсалады. Мырыштың мыспен құймасы – жез машиналардың бөлшектерін жасау үшін кең қолданылады. Мырыштың біраз мөлшерін әр түрлі гальваникалық элементтердің электродын жасауға қолданады.

Мырыш оксиді ZnO ақ майлы бояу, медицина мен косметика және резеңке өнеркәсібінде пайдаланады.

Кадмий нейтрондарды жақсы сіңіретіндіктен, атом реакторларында тізбекті реакциялардың жылдамдығын азайтуға, құрамында 1% кадмий бар мыстрамвай, троллейбустар сымдарын жасауға, металдарды қаптауға қолданылады.

Сары түсті кадмий сульфиді сары бояу жасауға жұмсалады. Сынап көп салаларда қолданылады. Медицинада дәрі, айна жасауға, бақылау өлшеу құралдарында, ауыл шаруашылығында улы химикаттар амальгамаларын тотықсыздандырғыш ретінде қолданады.

#### *Есептер:*

1. Металл сынапты балқытқыш қышқылы ертіндісімен өндегенде не болады? Реакция теңдеуін жазыңыз.

2. Мырыш келесі заттармен: а) күйдіргіш сілтімен; б) аммиакпен; в) аммоний хлоридімен әрекеттесе ма?

3. Мырыш қандай ортада және неліктен күштірек тотықсыздандырғыш қасиет көрсетеді?

4. Амальгама дегеніміз не және оны қалай алуға болады?



Лантаноидтар үшін 4+ тотығу дәрежесі тұрақсыз болғандықтан тотықсыздандырғыш ретінде сұйытылған қышқылдармен әрекеттесіп тотықсызданады, мысалы:



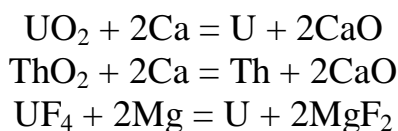
Лантаноидтардың көпшілігі түсті металдардың арнаулы құймаларын және болат өндіруде қолданады. Аз мөлшерде қосылған сирек жерметалдары болаттың, түсті металдар құймаларының механикалық қасиеттерін, коррозияға төзімділігін арттырады.

Актиноидтар. Актиноидтарға периодтық жүйеде актинийден кейін орналасатын 14 элемент: торий Th, протактиний Pa, уран U, нептуний Np, плутоний Pu, америций Am, кюрий Cm, берклий Bk, калифорний Cf, эйнштейний Es, фермий Fm, менделеевий Md, нобелий No, лоуренский Lz жатады. Лантаноидтар сияқты бұл элементтердің кезекті электрондары біртіндеп 5 – қабатшасына орналасады.

Дара және жұп электрондардың орналасу ретіне қарай актиноидтар қатары екі қатаршаға бөлінеді – бірінші жеті элемент торий, ал қалған жетеуі берклий қатаршасына жатады. Актиноидтар лантаноидтар сияқты реттік нөмірлерінің өсуіне байланысты актиноидтық қысылуға ұшырап радиустары кішірейеді, ал соған сәйкес активтігі кемиді.

Актиноидтардан табиғатта тек торий протактиний, уран ғана кездеседі, қалғандары ядролық реакциялардың көмегімен жасанды түрде алынған. Торий мен уранның маңызды минералдарын торит  $\text{ThSiO}_4$ , уранит  $\text{UO}_2$ ,  $\text{UO}_3$  жатады.

Өнеркәсіпте уран мен торийды олардың оксидтері мен фторидтерінен тотықсыздандырып алады:



Уран атом бомбаларындағы, ядролық реакторлардағы, атомдық электр станцияларда негізгі энергия беретін материал, сондай – ақ торий да негізінен атомдық техникада энергия алу үшін қолданылады.

*Есептер:*

1. Платинаны «патша шарабымен» әрекеттестіргенде не болады? Реакция теңдеуін жазыңдар.

2. «Патша шарабында» паладий еріп мына қышқылды  $\text{H}_2[\text{PdCl}_2]$  түзеді, оның етіндісін ары қарай буландырсақ құрамы тұрақтырақ мына қышқылға  $\text{H}_2[\text{PdCl}_4]$  ауысады. Реакция теңдеуін жазыңдар.

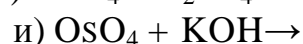
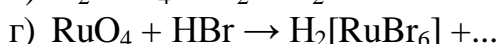
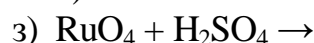
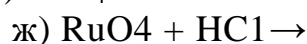
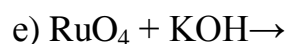
3. 100 г платинаны сутегі гексахлороплатинатына (IV) айналдыру үшін теория жүзінде 39%-ды  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,19$ ) ертіндісі мен 75%-ды  $\text{HNO}_3$ -тің ( $\rho = 1,44$ ) қанша көлемдері қажет, егерде азот қышқылының тотықсыздануы нәтижесінде  $\text{NO}$  мен  $\text{NO}_2$  –нің эквимольарлық қоспасы түзіледі деп қарастырған жағдайда түзілетін  $\text{H}_2[\text{PtCl}_6] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  –ның массасы нешеге тең болады?

4. Мына қосылыс үшін  $PtCl_4 \cdot 3NH_3$  қанша геометриялық изомерлер мүмкін болуы мүмкін? Структуралық құрылысын көрсетіңіз.

5. Оттегімен ( $OsO_4$ ), фтормен ( $OsF_6$ ) және хлормен ( $OsCl_4$ ) әрекеттескендегі алынған өнімдерде осмийдің тотығу дәрежелері неліктен әр түрлі?

6. Иондалу потенциалы аз өзгерсе де темір топшасы элементтерінен платина топшасы элементтеріне ауысу кезінде металлдардың химиялық активтіліктері неліктен тез азаяды?

7. Реакция теңдеуін аяқтаңыз:



8. Мына қатар бойынша оттекті қосылыстардың тұрақтылығы қалай өзгереді: Os - Yr - Pt?

9. Платиналық металлдардың жоғарғы тотығу дәрежесіндегі галогенидтеріндегі байланыстың түрі қандай (мысалы,  $OsF_8$ ,  $YrF_6$ ,  $RuF_5$  және т.б.)

### Тест сұрақтары

1. Амфотерлі оксидтер түзеді:

A) тек металдар

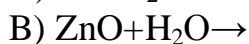
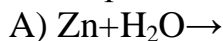
B) тек бейметалдар

C) тотығу дәрежесі +1, +2 элементтер

D) тотығу дәрежесі +3, +4 элементтер

E) тотығу дәрежесі +5, +6, +7 элементтер

2. Мырыш гидроксидінің алыну реакциясын көрсет:



3. 1 моль фторсутегінде қанша молекула саны мен массасы бар

A) 20г. және  $12,04 \cdot 10^{23}$  молекула

B) 40г. және  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекула

C) 40г. және  $12,04 \cdot 10^{23}$  молекула

D) 20г. және  $24,08 \cdot 10^{23}$  молекула

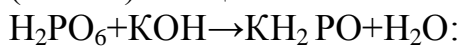
E) 10г. және  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекула

4. Газдың молярлық массасын (г/моль) табындар, егерде қалыпты жағдайда берілген газдың 11 г 5,6 л көлем алатын болса

A) 440

- B) 11
- C) 22,4
- D) 44
- E) 4,4

5. берілген реакциядағы қышқылдың эквиваленттік молярлық массасын (г/моль) анықта



- A) 98
- B) 49
- C) 32,67
- D) 130,67
- E) 196

6. Менделеев-Клайперон теңдеуін көрсет

- B)  $D_{1/2} = M_1/M_2$
- C)  $P \cdot V/T = P_0 \cdot V_0/T_0$
- D)  $m_1/m_2 = M_{\alpha(2)}$
- E)  $P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$

7. Элементтің периоды мен тобын анықтаңыз, егерде элементтің электрондық формуласы былай аяқталса  $4s^2 3d^{10} 4p^6$ :

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

8. Селен атомының мүмкін болатын төменгі және жоғарғы тотығу дәрежелерін көрсет

- A) - 3 и +5
- B) - 2 и +6
- C) - 2 и +4
- D) 0 и +6
- E) 0 и +2

9. Кобальт атомында қанша 3d-электрон бар

- A) 2
- B) 4
- C) 5
- D) 7
- E) 10

10.  $\text{AlCl}_3$  молекуласының орталық атомының гибридтелу түрін көрсет



- A)  $sp$
- B)  $sp^2$
- C)  $sp^3$
- D)  $sp^3d$
- E)  $d^2sp^3$

11.  $AlCl_3$  молекуласының құрылымдық пішіні

- A) сызықтық
- B) жазықтық, үш бұрышты
- C) тетраэдр тәрізді
- D) октаэдр тәрізді
- E) үш бұрышты пирамида

12. Полюсті коваленттік байланысқан полюссіз молекуланы көрсет

- A)  $Cl_2$
- B)  $H_2O$
- C)  $HCl$
- D)  $CH_4$
- E)  $NH_3$

13.  $20^\circ C$ -ден  $50^\circ C$ -ға арттырғанда реакция жылдамдығы қалай өзгереді, егер  $\gamma=3$  болса:

- A) 9 есе өседі
- B) 27 есе өседі
- C) 3 есе артады
- D) 9 есе азаяды
- E) 81 есе өседі

14. Реакцияның тепе-теңдігін солға қарай ығыстыру үшін:  $2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2 - Q$ ?

- A)  $H_2$  концентрациясын азайту
- B)  $NH_3$  концентрациясын көбейту
- C) қысымды көтеру
- D) температураны арттыру
- E)  $N_2$  концентрациясын азайту

15. Реакция жылдамдығы қалай өзгереді  $4HCl(r) + O_2(r) \rightarrow 2H_2O(r) + 2Cl_2(r)$ , егерде жүйенің көлемін 2 есе арттырсақ?

- A) 8 есе артады
- B) 32 есе артады
- C) 8 есе азаяды
- D) 32 есе төмендейді
- E) 16 есе азаяды

16. Реакция жылдамдығын 32 рет азайту үшін, температуралық коэффициент 2 болса, температураны неше градусқа төмендету керек?

- A)  $20^{\circ}$
- B)  $30^{\circ}$
- C)  $40^{\circ}$
- D)  $50^{\circ}$
- E)  $60^{\circ}$

17. Реакция жылдамдығы неше есе артады,  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$  жүйедегі қысымды 4 есе арттырса:

- A) 2
- B) 4
- C) 8
- D) 16
- E) 64

18. Молярлық концентрация нені көрсетеді:

- A) 1 л ерітіндідегі еріген заттың мөлшері
- B) 1 кг ерітіндідегі еріген заттың мөлшері
- C) 1 л ерітіндідегі еріген заттың эквивалентінің мөлшері
- D) еріген заттың массасының ерітіндінің массасына қатынасы
- E) еріген заттың мөлшері еріген затпен еріткіштің жалпы мөлшеріне қатынасы

19.  $\text{HNO}_3$  ерітіндісінің эквиваленттік концентрациясын анықтаңыз, егер 100 мл ерітіндіде 6,3 г  $\text{HNO}_3$  болса:

- A) 0,5
- B) 1,0
- C) 2,0
- D) 0,1
- E) 0,2

20. Молярлық массасы 92 г/моль массасы 92 г бейэлектролит зат 1000 г суда ерітілген.  $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,86^{\circ}$ . Ерітіндінің қатысу температурасын анықтаңыз:

- A)  $+0,93^{\circ}$
- B)  $+1,86^{\circ}$
- C)  $-1,86^{\circ}$
- D)  $-0,93^{\circ}$
- E)  $0^{\circ}$

21. 0,01 M  $\text{HNO}_3$  ерітіндісінің pOH-ын есептеңіз:

- A) 10
- B) 02
- C) 8

- D) 2
- E) 6

22. Аяғына дейін жүрмейтін реакция қайсысы:

- A)  $\text{BaCl}_2 + \text{HSO}_4 \rightarrow$
- B)  $\text{NaOH} + \text{Ni}(\text{NO}_3) \rightarrow$
- C)  $\text{KOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- D)  $\text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow$
- E)  $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$

23. Ерітіндідегі заттың массалық үлесі көрсетеді:

- A) 1 л ерітіндідегі еріген заттың мөлшері
- B) 1 кг ерітіндідегі еріген заттың мөлшері
- C) 1 л ерітіндідегі еріген заттың эквивалентінің мөлшері
- D) еріген заттың массасының ерітіндінің массасына қатынасы
- E) еріген заттың мөлшері еріген затпен еріткіштің жалпы мөлшеріне қатынасы

24. Молярлық концентрациясын (г/моль) анықтаңыз, егер 100 мл ерітіндіде 4,9 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  болса:

- A) 0,1
- B) 0,5
- C) 1,0
- D) 2,0
- E) 3,0

25. Диссоциация қатынасы  $10^{-4}$ , бір негізді әлсіз қышқылдың ерітіндінің рН есептеңіз:

- A) 2
- B) 3
- C) 4
- D) 5
- E) 6

26. Ертіндісі сілтілік орта болатын тұзды көрсетіңіз:

- A)  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- B)  $\text{K}_2\text{CO}_3$
- C)  $\text{MgSO}_4$
- D)  $\text{CuCl}_2$
- E)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

27. Қай тұздың гидролизі кезінде негіздік тұз түзіледі?

- A)  $\text{CsCl}$
- B)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

- C)  $\text{FeCl}_3$
- D)  $\text{K}_2\text{S}$
- E)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

28. Ертіндісі қышқылдық орта болатын тұзды көрсетіңіз:

- A)  $\text{Na}_2\text{S}$
- B)  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- C)  $\text{MgSO}_4$
- D)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
- E)  $\text{K}_2\text{CO}_3$

29. Қосылыстарда атомы тұрақты тотығу дәрежесін көрсететін элементті көрсет

- A) H
- B) S
- C) Cl
- D) Na
- E) N

30. Тотығу дәрежесі «+4» болатын атомы бар қосылысты көрсет

- A)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$
- B)  $\text{HClO}_3$
- C)  $\text{KNO}_2$
- D)  $\text{PbS}$
- E)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$

31. Тотықсыздану процесін көрсетіңіз:

- A)  $\text{S}^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$
- B)  $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$
- C)  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$
- D)  $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
- E)  $2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2$

32. Берілген процестерде тотығу процесін көрсетіңіз:

- A)  $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$
- B)  $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{SO}_3^{2-}$
- C)  $\text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{Cl}^-$
- D)  $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$
- E)  $\text{Cu}^{+2} \rightarrow \text{Cu}$

33. Реакция типін көрсетіңіз  $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$ :

- A) тотығу-тотықсыздану, типі диспропорциалану
- B) тотығу-тотықсыздану, типі молекулааралық
- C) тотығу-тотықсыздану, типі ішкі молекулалық

- D) орын басу реакциясы
- E) ион алмасу

34. Тотықсыздану процесін көрсетіңіз:

- A)  $\text{SO}^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$
- B)  $\text{S}^{-2} \rightarrow \text{S}$
- C)  $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$
- D)  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_3^-$
- E)  $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$

35. Мырыш-қалайы гальваникалық элементтің стандартты ЭҚК есептеңіз  
 $E_0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ В. } E_0(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ В.} :$

- A)  $- 0,90$
- B)  $- 0,62$
- C)  $+ 0,62$
- D)  $+ 0,90$
- E) 0

36.  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  тұзының электролизінде анодта бөлінетін затты көрсетіңіз:

- A) Mg
- B)  $\text{H}_2$
- C)  $\text{O}_2$
- D) NO
- E)  $\text{NO}_2$

37. Натрий сульфаты ерітіндісі электролизінде катод маңында түзілетін  $\text{NaOH}(\text{г})$  массасын анықтаңыз, егер катодта 5,6л (қ.ж.)сутегі бөлінсе:

- A) 2
- B) 4
- C) 10
- D) 20
- E) 40

38.  $\text{CuSO}_4$  ерітіндісін 1 сағат бойы 26,8 А ток күшінде электролиздегенде бөлінетін мыстың массасын есептеңіз:

- A) 1
- B) 37
- C) 64
- D) 2
- E) 128

39. Қай электродтардың стандартты потенциалы нөлге тең?

- A) мыстың
- B) сутектің
- C) оттектің

- D) каломельді
- E) алтынды

40. Фарадей заңының өрнегін көрсетіңіз:

- A) ЭДС =  $E_{\text{кат}} - E_{\text{вн}}$
- B)  $m = K \cdot J \cdot \tau$
- C)  $E = E^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln[Me^{n+}]$
- D)  $E = E^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln[\text{оксил.}/\text{восст.}]$
- E)  $\eta = \frac{m_n}{m_{\text{теор}}} \cdot 100\%$

41. Теріс зарядты комплексті ионды көрсетіңіз:

- A)  $[Cr(H_2O)_5Cl]$
- B)  $[Cr(H_2O)_5Cl_2]$
- C)  $[Cr(H_2O)_4(SO_4)_2]$
- D)  $[Cr(NH_3)_5SO_4]$
- E)  $[Cr(NH_3)_5CN]$

42.  $[Co(NH_3)_2(CN)_4]$  комплекс қосылысының зарядын және комплекстүзушінің координациялық санын анықтаңыз:

- A)  $2^+$  және 4
- B)  $2^+$  және 6
- C)  $3^+$  және 4
- D)  $3^+$  және 6
- E)  $3^+$  және 8

43. Катионды комплексті көрсетіңіз

- A)  $[Fe(CN)_3]$
- B)  $[SiF_6]$
- C)  $[Zn(NH_3)_4]$
- D)  $[Al(OH)_4]$
- E)  $[Fe(CO)_5]$

44. Нейтралды комплексті көрсетіңіз:

- A)  $[Cu(NH_3)_4]$
- B)  $[Fe(CN)_6]$
- C)  $[C(OH)_6]$
- D)  $[Ni(CO)_4]$
- E)  $[SiF_6]$

45. Аквакомплексті қосылысты көрсетіңіз:

- A)  $[Pt(NH_3)_6]Cl$
- B)  $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$
- C)  $H_2[Si(OH)_6]$
- D)  $[Cu(NH_3)_4](OH)_3$

## Мазмұны

Алғы сөз	4
Кіріспе	4
1. СИ жүйесінің негізгі бірліктері. Химияның негізгі түсініктері	5
2. Стехиометриялық заңдар. Химиялық реакцияның стехиометриясы	8
3. Атомның құрлысы	15
4. Д.И. Менделеевтің периодтық жүйесі	20
5. Коваленттік байланыс	26
6. Молекулалық орбитальдар теориясы. Иондық байланыс. Молекулааралық әсерлесу	34
7. Химиялық термодинамика туралы түсінік	41
8. Химиялық реакцияның жылдамдығы. Химиялық тепе-теңдік	51
9. Тотығу-тотықсыздану процесстері	55
10. Ерітінділердің түзілуі	60
11. Электролит ерітінділер	65
12. Комплексті қосылыстар	70
13. Электрохимиялық процестер	74
14. Сілтілік металдар, Бірінші топтың s – элементтері (I А тобы)	76
15. s – Элементтер. II А тобы	79
16. Үшінші топтың p-элементтері (III А тобы)	83
17. Төртінші топтың p – элементтері (IV А тобы)	90
18. p – Элементтер. IVA тобы. Германий, қалайы, қорғасын	95
19. p – Элементтер. VA тобы. Азот	98
20. p – Элементтер. VA тобы. Фосфор	100
21. p – Элементтер. VIA тобы. Күкірт, селен, теллур	103
22. p – Элементтер. VII А тобы	106
23. p – Элементтер. VIII А тобы	109
24. p – Элементтер. V Б тобы	111
25. d – Элементтер. VI Б тобы	113
26. d – Элементтер. VII Б тобы	116
27. d – Элементтер. VIII Б тобы	118

28.	d – Элементтер. I Б тобы	121
29.	d – Элементтер. II Б тобы	123
30.	f – Элементтер	125
Тест сұрақтары		128
Мазмұны		136
Пайдаланылған әдебиеттер		137

### Пайдаланылған әдебиеттер

1. Ахметов Н.С. Неорганическая химия. Учебное пособие для вузов. -М., Высшая школа, 1975.-672с.
2. Бірімжанов Б.А., Нурахметов Н.Н., «Жалпы химия», Алматы: Ана тілі, 1992.
3. Аханбаев К. «Жалпы және анорганикалық химия», Алматы: Санат, 1999.
4. Коровин Н. В. «Общая химия» Москва: Высшая школа, 2000.
5. Гольбрайх З.Е. Сборник задач и упражнений по химии. Учебное пособие для вузов. М., Высшая школа, 1976.-280с.
6. Задания к семинарским занятиям по курсу «Неорганическая химия» / М.М. Буркитбаев, Г.В. Абрамова, Н.Н. Нурахметов, М.Р. Танашева-Алматы: Қазақ университеті, 2002.-57с.

ҚР БЖҒМ РОӘК-нің М. Әуезов атындағы ОҚМУ жанындағы химия-технологиялық мамандықтары бойынша оқу-әдістемелік секция баспаға 12.11.2010 жылы ұсынған



Пішімі 60x84 1/12  
Көлемі 137 бет, 11,4 шартты баспа табағы  
Таралымы 500 дана  
Ш. Есенов атындаы КМТЖИУ  
Редакциялық баспа бөлімінде басылды  
Ақтау қаласы, 31 ш/а