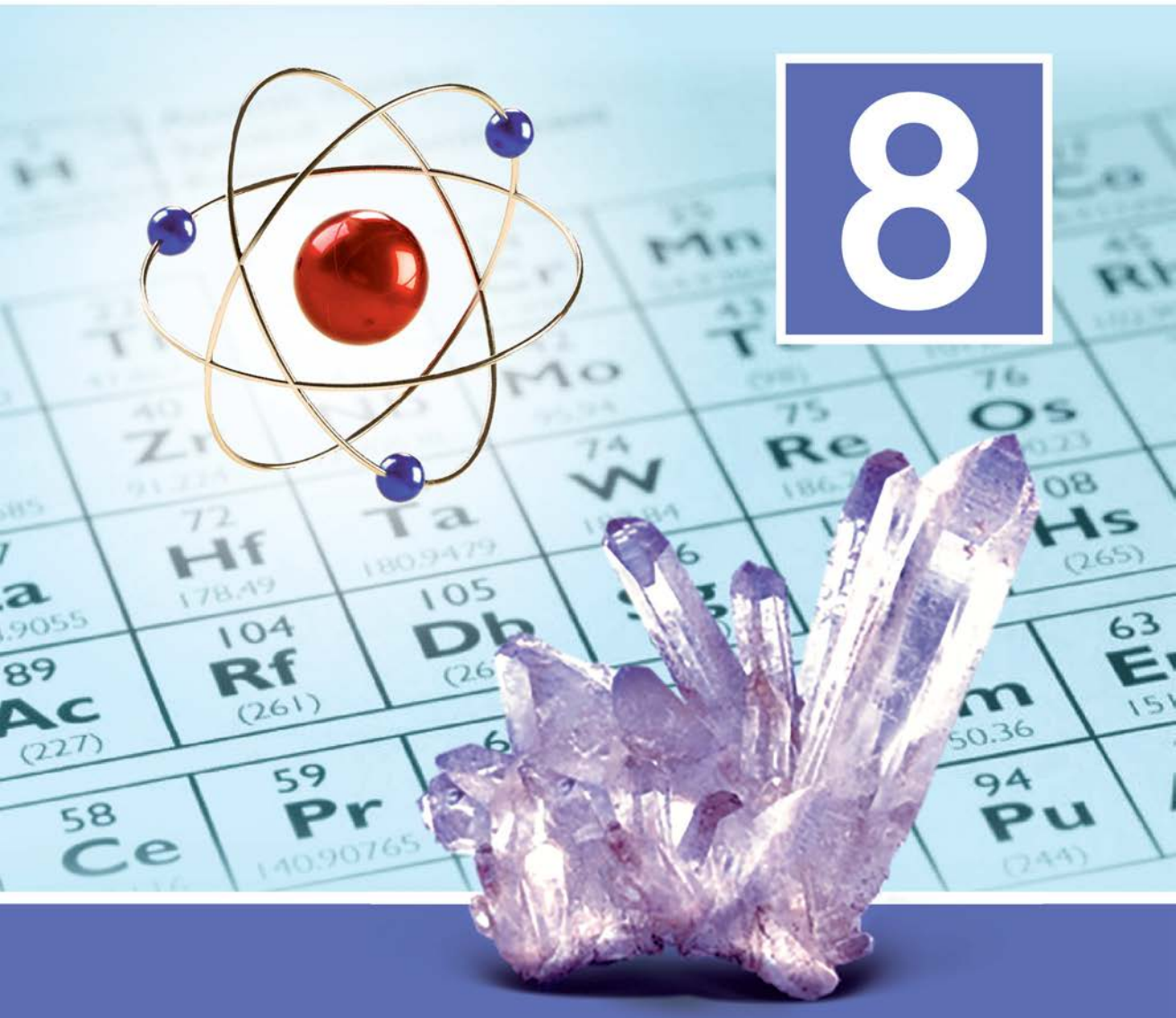
І. Я. Шымановіч В. А. Красіцкі
В. І. Сячко В. М. Хвалюк

ХІМІЯ

8



ПЕРЫЯДЫЧНАЯ СІСТЭМА ХІМІЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАЎ Д. І. МЕНДЗЯЛЕЕВА

ПЕРЫЯДЫЧНЫ ЗАКОН Д. І. Мендзялеева

Уласцівасці атамаў хімічных элементаў, а таксама састаў і ўласцівасці ўтвараемых імі рэчываў знаходзяцца ў перыядычнай залежнасці ад зарадаў атамных ядраў.

ПЕРЫЯДЫ	ГРУПЫ ЭЛЕМЕНТАЎ																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	IA												IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	1 H ВАДАРОД 1,00794	IIA																2 He ГЕЛІЙ 4,0026
2	3 Li ЛІТЫЙ 6,941	4 Be БЕРЫЛІЙ 9,0122											5 B БОР 10,811	6 C ВУГЛЯРОД 12,011	7 N АЗОТ 14,007	8 O КІСЛАРОД 15,9994	9 F ФТОР 18,9984	10 Ne НЕОН 20,1797
3	11 Na НАТРЫЙ 22,9898	12 Mg МАГНІЙ 24,305	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB			IB	IIB	13 Al АЛЮМІНІЙ 26,9815	14 Si КРЭМНІЙ 28,086	15 P ФОСФАР 30,9738	16 S СЕРА 32,066	17 Cl ХЛОР 35,452	18 Ar АРГОН 39,948
4	19 K КАЛІЙ 39,0983	20 Ca КАЛЬЦЫЙ 40,078	21 Sc СКАНДЫЙ 44,956	22 Ti ТЫТАН 47,87	23 V ВАНАДЫЙ 50,942	24 Cr ХРОМ 51,996	25 Mn МАРГАНЕЦ 54,938	26 Fe ЖАЛЕЗА 55,845	27 Co КОБАЛЬТ 58,933	28 Ni НІКЕЛЬ 58,693	29 Cu МЕДЗЬ 63,546	30 Zn ЦЫНК 65,39	31 Ga ГАЛІЙ 69,723	32 Ge ГЕРМАНІЙ 72,61	33 As МЫШ'ЯК 74,922	34 Se СЕЛЕН 78,96	35 Br БРОМ 79,904	36 Kr КРЫПТОН 83,80
5	37 Rb РУБІДЫЙ 85,468	38 Sr СТРОНЦЫЙ 87,62	39 Y ІТРЫЙ 88,906	40 Zr ЦЫРКОНІЙ 91,224	41 Nb НІОБІЙ 92,906	42 Mo МАЛІБДЭН 95,94	43 Tc ТЭХНЕЦЫЙ [98]	44 Ru РУТЭНІЙ 101,07	45 Rh РОДЫЙ 102,905	46 Pd ПАЛАДЫЙ 106,42	47 Ag СЕРАБРО 107,868	48 Cd КАДМІЙ 112,411	49 In ІНДЫЙ 114,82	50 Sn ВОЛАВА 118,71	51 Sb СУРМА 121,76	52 Te ТЭЛУР 127,60	53 I ЁД 126,904	54 Xe КСЕНОН 131,29
6	55 Cs ЦЭЗІЙ 132,905	56 Ba БАРЫЙ 137,327	57 La ЛАНТАН 138,906	72 Hf ГАФНІЙ 178,49	73 Ta ТАНТАЛ 180,948	74 W ВАЛЬФРАМ 183,84	75 Re РЭНІЙ 186,207	76 Os ОСМІЙ 190,23	77 Ir ІРЫДЫЙ 192,22	78 Pt ПЛАЦІНА 195,08	79 Au ЗОЛАТА 196,967	80 Hg РТУЦЬ 200,59	81 Tl ТАЛІЙ 204,383	82 Pb СВІНЕЦ 207,2	83 Bi ВІСМУТ 208,980	84 Po ПАЛОНІЙ [209]	85 At АСТАТ [210]	86 Rn РАДОН [222]
7	87 Fr ФРАНЦЫЙ [223]	88 Ra РАДЫЙ [226]	89 Ac АКТЫНІЙ [227]	104 Rf РЭЗЕРФАРДЫЙ [261]	105 Db ДУБНІЙ [262]	106 Sg СІБОРГІЙ [266]	107 Bh БОРЫЙ [271]	108 Hs ХАСІЙ [277]	109 Mt МЭЙТНЭРЫЙ [268]	110 Ds ДАРМШТАДТЫЙ [271]	111 Rg РЭНТГЕНІЙ [282]	112 Cn КАПЕРНІЦЫЙ [285]	113 Nh НІХОНІЙ [286]	114 Fl ФЛЁРАВІЙ [289]	115 Mc МАСКОВІЙ [289]	116 Lv ЛІВЕРМОРЫЙ [293]	117 Ts ТЭНЭСІН [294]	118 Og АГАНЕСОН [294]

Атамны нумар → 20

Сімвал элемента → Ca

Назва элемента → КАЛЬЦЫЙ

Адносная атамная маса → 40,078

ЛАНТАНІДЫ

58 Ce ЦЭРЫЙ 140,116	59 Pr ПРАЗЕАДЫМ 140,907	60 Nd НЕАДЫМ 144,242	61 Pm ПРАМЕТЫЙ [145]	62 Sm САМАРЫЙ 150,36	63 Eu ЕЎРОПІЙ 151,964	64 Gd ГАДАЛІНІЙ 157,25	65 Tb ТЭРБІЙ 158,925	66 Dy ДЫСПРОЗІЙ 162,50	67 Ho ГОЛЬМІЙ 164,93	68 Er ЭРБІЙ 167,26	69 Tm ТУЛІЙ 168,934	70 Yb ІТЭРБІЙ 173,04	71 Lu ЛЮТЭЦЫЙ 174,967

АКТЫНІДЫ

90 Th ТОРЫЙ 232,038	91 Pa ПРАТАКТЫНІЙ 231,035	92 U УРАН 238,029	93 Np НЕПТУНІЙ [237]	94 Pu ПЛУТОНІЙ [239]	95 Am АМЕРЫЦЫЙ [243]	96 Cm КЮРЫЙ [247]	97 Bk БЕРКЛІЙ [247]	98 Cf КАЛІФОРНІЙ [249]	99 Es ЭЙНШТЭЙНІЙ [252]	100 Fm ФЕРМІЙ [257]	101 Md МЕНДЗЯЛЕВІЙ [258]	102 No НОБЕЛІЙ [259]	103 Lr ЛАЎРЭНСІЙ [262]

ХІМІЯ

Вучэбны дапаможнік для 8 класа
ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі
з беларускай мовай навучання

Пад рэдакцыяй І. Я. Шымановіча

Дапушчана
Міністэрствам адукацыі
Рэспублікі Беларусь

Мінск «Народная асвета» 2018

Правообладатель Народная асвета

УДК 54(075.3=161.3)
ББК 24я721
Х46

Аўтары:
І. Я. Шымановіч, В. А. Красіцкі, В. І. Сячко, В. Н. Хвалюк

Рэцэнзенты:
Вучоны савет дзяржаўнай навуковай установы «Інстытут агульнай і неарганічнай хіміі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» (доктар хімічных навук, прафесар, член-карэспандэнт НАН Беларусі, дырэктар інстытута *А. І. Кулак*); настаўнік хіміі кваліфікацыйнай катэгорыі «настаўнік-метадыст» дзяржаўнай установы адукацыі «Сярэдняя школа № 1 г. Ляхавічы» *С. В. Аберган*

Хімія : вучэбны дапаможнік для 8-га класа ўстаноў Х46 агульнай сярэдняй адукацыі з беларускай мовай навучання / І. Я. Шымановіч [і інш.] ; пад рэд. І. Я. Шымановіча. — Мінск : Народная асвета, 2018. — 239 с. : іл.
ISBN 978-985-03-2942-4.

УДК 54(075.3=161.3)
ББК 24я721

ISBN 978-985-03-2942-4

© Афармленне. УП «Народная асвета», 2018

Правообладатель Народная асвета

Дарагія сябры!

У гэтым навучальным годзе вы працягнеце вывучэнне курса хіміі, з асновамі якога пазнаёміліся ў 7-м класе. Вам трэба будзе вывучыць уласцівасці найважнейшых класаў неарганічных злучэнняў — аксідаў, кіслот, асноў і солей. Вы пазнаёміцеся з перыядычным законам і перыядычнай сістэмай хімічных элементаў, з будовай атамаў. Вы даведаецеся шмат цікавага аб хімічнай сувязі, акісляльна-аднаўленчых рэакцыях і аб растворах. Гэтыя веды паслужаць падмуркам для далейшага вывучэння хіміі.

Паспяховае засваенне матэрыялу залежыць не толькі ад вашай увагі на ўроках, але і ад умення карыстацца вучэбным дапаможнікам, самастойна працаваць з ім.

Пры падрыхтоўцы да ўрока звярніце ўвагу на новыя тэрміны, паняцці і азначэнні, якія выдзелены ў тэксце. Паспрабуйце запісаць у сшытак асноўныя хімічныя формулы і ўраўненні рэакцый, па магчымасці падбярыце свае прыклады.

Малюнкі і табліцы дапамогуць вам больш наглядна ўявіць працэсы, аб якіх ідзе гаворка ў тэксце вучэбнага дапаможніка, праілюструюць уласцівасці розных рэчываў. Інфармацыя, прадстаўленая ў табліцах, носіць даведачны характар і, як правіла, не прызначана для запамінання.

У канцы кожнага параграфа на каляровым фоне дадзены вывады. Праверце, наколькі вы іх засвоілі і можаце паўтарыць.

Пытанні і практыкаванні ў канцы параграфа прызначаны для самастойнай працы. Уважліва прачытайце іх. Выканайце пісьмова тыя, якія зададзеныя настаўнікам. Зорачкай * адзначаны заданні павышанай складанасці.

Да шэрага параграфаў дадзены заданні для падрыхтоўкі да алімпіяд.

Па некаторых тэмах курса ў навучальным дапаможніку прапаноўваецца правядзенне эксперымента. Перад яго выкананнем дома або ў школьным хімічным кабінеце абавязкова абмяркуйце з настаўнікам умовы правядзення доследаў, не забывайце аб правілах тэхнікі бяспекі.

Правообладатель Народная асвета

У вучэбным дапаможніку вы сустрэнеце наступныя ўмоўныя абазначэнні:

— азначэнні і правілы;

— пытанні і заданні;

— цікава ведаць.

Не забывайце карыстацца зместам і прадметным паказальнікам у канцы кнігі. З іх дапамогай вам будзе лягчэй адшукаць матэрыял, які неабходна паўтарыць.

Дадатковую інфармацыю да кожнага параграфа вы можаце знайсці, выкарыстоўваючы нацыянальны адукацыйны партал па спасылцы http://e-vedy.adu.by («Электронныя адукацыйныя рэсурсы» → «Хімія» → «Хімія. 8 клас»).

Зайсці на сайт можна з дапамогай QR-кода .

Памятайце! Набытыя веды спатрэбяцца вам не толькі для паспяховага вывучэння хіміі ў старэйшых класах, але і ў паўсядзённым жыцці, у будучай працоўнай дзейнасці.

Жадаем вам поспехаў!

Аўтары

Правообладатель Народная асвета

Паўтарэнне асноўных пытанняў курса хіміі 7 класа. Колькасныя паняцці ў хіміі

Вы ўспомніце асноўныя паняцці хіміі, а таксама пазнаёміцеся з новымі — хімічнай колькасцю, малярнай масай і малярным аб'ёмам. Зразумееце сэнс некаторых пастаянных, з дапамогай якіх вы зможаце праводзіць самыя разнастайныя колькасныя разлікі па хіміі

Правообладатель Народная асвета

§ 1. Атамы. Хімічныя элементы. Адносная атамная маса

Усе фізічныя целы навокал нас складаюцца з **рэчываў**. Адны фізічныя целы складаюцца толькі з аднаго рэчыва, а іншыя — з некалькіх. Любое рэчыва характарызуецца пэўнымі *фізічнымі* і *хімічнымі ўласцівасцямі*. Менавіта таму іх можна адрозніваць адно ад аднаго. У цяперашні час хімікам вядомыя ўласцівасці каля 140 млн розных рэчываў.

Пры пэўных умовах адны рэчывы здольныя ператварацца ў іншыя рэчывы. Такія ператварэнні называюць *хімічнымі з'явамі* або **хімічнымі рэакцыямі**.

Вывучэнне хімічных ператварэнняў, умоў іх працякання, саставу і уласцівасцей рэчываў — асноўная задача хіміі, адной з найважнейшых галін навукі і практычнай дзейнасці чалавека.

! **Хімія — навука аб рэчывах і іх ператварэннях у іншыя рэчывы.**

Атамы

Усе фізічныя целы складаюцца з рэчываў, а з чаго ж складаюцца самі рэчывы? Што змяняецца, а што застаецца нязменным пры ператварэнні адных рэчываў у іншыя? Даўно вядома, што існуюць вельмі маленькія часціцы, якія ў працэсе хімічных ператварэнняў не разбураюцца і не ўзнікаюць зноў, а толькі пераходзяць з адных рэчываў у іншыя. Такія *найдрабнейшыя, хімічна непадзельныя часціцы называюць атамамі*. Яны з'яўляюцца як бы дэталямі канструктара, з якіх можна збіраць любыя рэчывы.

Хімічныя элементы

У Сусвеце існуе вялікая колькасць атамаў, але іх відаў, якія адрозніваюцца паміж сабой, вядома параўнальна няшмат. Колькасць відаў атамаў значна меншая, чым колькасць рэчываў, якія можна «сабраць» з гэтых атамаў.

! **Пэўны від атамаў называюць хімічным элементам.**

Усяго ў цяперашні час вядома 118 хімічных элементаў, кожны з якіх мае сваё ўласнае імя, а таксама ўмоўнае абазначэнне — *хімічны сімвал (знак)*. Назвы і сімвалы ўсіх вядомых хімічных элементаў прыведзены на форзацы 1 вашага вучэбнага дапаможніка ў перыядычнай сістэме хімічных элементаў.

Правообладатель Народная асвета

Адносная атамная маса

Як вы ўжо ведаеце, атамы з'яўляюцца найдрабнейшымі хімічна непадзельнымі часціцамі і маюць вельмі маленькую масу. Напрыклад, маса самага лёгкага атама (вадароду **H**) складае 0,00000000000000000000000001661 кг (або $1{,}661 \cdot 10^{-27}$ кг), а маса самага цяжкага атама прыкладна ў 300 разоў большая. Карыстацца такімі велічынямі мас пры правядзенні хімічных разлікаў вельмі нязручна. Таму хімікі яшчэ ў пачатку XIX ст. увялі новую адзінку для выражэння мас атамаў і пачалі паказваць масу атамаў не ў кілаграмах або грамах, а ў спецыяльных *адносных* адзінках.

У дзіцячым мультфільме «38 папугаяў» сланяня, малпа і папугай задумалі вымераць рост (г. зн. фактычна даўжыню) удава, але не ведалі, як гэта зрабіць. Відавочна, што рулеткі ў іх не было, ды і з асновамі вымярэнняў фізічных велічынь яны знаёмыя не былі. Ідэю падказаў папугай — вымяраць даўжыню «ў папугаях». Даўжыня ўдава аказалася роўнай 38 папугаям і яшчэ паўкрыльца. Гэта не што іншае, як прыклад выкарыстання адносных адзінак для вымярэння фізічнай велічыні (у дадзеным выпадку — даўжыні).

У якасці такой адноснай адзінкі ў цяперашні час выкарыстоўваюць $\frac{1}{12}$ частку масы атама вугляроду, якая атрымала назву атамнай адзінкі масы (скарочана а.а.м.), а яе міжнароднае абазначэнне — 1 u (ад англійскага слова «unit» — адзінка). Гэтая велічыня з'яўляецца своеасаблівай «гіркай», з дапамогай якой вымяраюць масу атамаў:

$$1\ \text{u} = \frac{m_{\text{a}}(\text{C})}{12}.$$

Вядома, што маса атама вугляроду роўна $19{,}93 \cdot 10^{-27}$ кг, таму атамная адзінка масы, з дапамогай якой хімікі выражаюць масу любога атама, складае:

$$1\ \text{u} = \frac{19{,}93 \cdot 10^{-27}}{12} = 1{,}661 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}.$$

Кожны хімічны элемент характарызуецца фізічнай велічынёй, якую называюць *адноснай атамнай масай* і абазначаюць сімвалам A_{r}.

! Адносная атамная маса (A_{r}) — гэта фізічная велічыня, якая паказвае, у колькі разоў маса атама дадзенага хімічнага элемента большая за $\frac{1}{12}$ частку масы атама вугляроду.

Правообладатель Народная асвета

Напрыклад, маса атама кісларoду роўна $26{,}58 \cdot 10^{-27}$ кг, таму адносная атамная маса кісларoду $A_r(O)$ роўна:

$$A_r(O) = \frac{m_a(O)}{1u} = \frac{26{,}58 \cdot 10^{-27}\ кг}{1{,}661 \cdot 10^{-27}\ кг} = 16.$$

На форзацы 1 вучэбнага дапаможніка ў перыядычнай сістэме хімічных элементаў, акрамя знакаў усіх хімічных элементаў, пазначаны і іх адносныя атамныя масы. Пры правядзенні хімічных разлікаў мы з вамі будзем карыстацца іх акругленымі да цэлых значэннямі (акрамя хлору Cl).

З дапамогай велічыні A_r можна лёгка параўноўваць масы атамаў паміж сабой. Напрыклад, атам кісларoду ў 16 разоў цяжэйшы за атам вадароду:

$$\frac{A_r(O)}{A_r(H)} = \frac{16}{1} = 16,$$

а атам серы ў 2 разы цяжэйшы за атам кісларoду:

$$\frac{A_r(S)}{A_r(O)} = \frac{32}{16} = 2.$$

Атамы — найдрабнейшыя, хімічна непадзельныя часціцы, з якіх складаюцца рэчывы.

Хімічны элемент — пэўны від атамаў.

Адносная атамная маса (A_r) — гэта фізічная велічыня, якая паказвае, у колькі разоў маса атама дадзенага хімічнага элемента большая за $\frac{1}{12}$ частку масы атама вугляроду.

? Пытанні і заданні

1. Прывядзіце прыклады трох фізічных цел, якія:
а) складаюцца з аднаго рэчыва; б) складаюцца з некалькіх рэчываў.

2. Як называюцца найдрабнейшыя хімічна непадзельныя часціцы?

3. Размясціце наступныя аб'екты ў парадку павелічэння іх памераў: гарошына, пясчынка, атам кісларoду, мячык для настольнага тэніса, малекула вады, вішня.

4. Прывядзіце хімічныя знакі і назвы хімічных элементаў, якія маюць наступнае вымаўленне:
а) плюмбум; б) ферум; в) пэ;
г) купрум; д) эн; е) аш.

5. Прачытайце ўслых хімічныя знакі наступных хімічных элементаў і назавіце іх: Ag, Hg, Zn, S, O, H, Cl, Na.

6. Назавіце хімічны элемент, атам якога мае самую маленькую масу.

Правообладатель Народная асвета

7. Чаму хімікі пры правядзенні разлікаў выкарыстоўваюць адносныя атамныя масы?
8. Прывядзіце прыклад вымярэння чаго-небудзь у адносных адзінках.
9. Што прынята ў наш час у якасці адноснай адзінкі масы для вымярэння мас атамаў?
10. Выразіце ў грамах велічыню атамнай адзінкі масы.

Рыхтуемся да алімпіяд. Маса атама якога хімічнага элемента ў 32 разы большая за $\frac{1}{12}$ частку масы атама вугляроду?

§ 2. Малекулы. Простыя і складаныя рэчывы. Хімічныя формулы. Адносная малекулярная маса

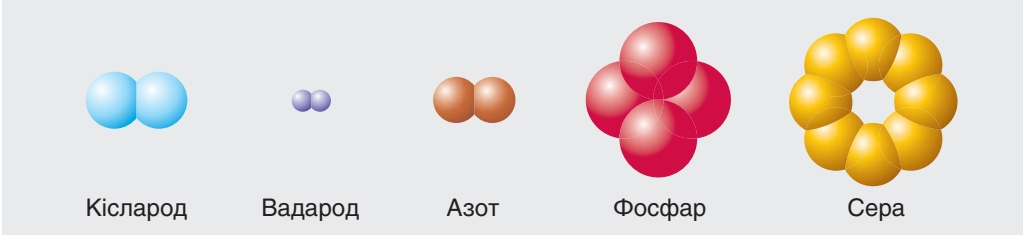
Малекулы

Атамы хімічных элементаў існуюць у прыродзе як у свабодным (у выглядзе адзінкавых атамаў), так і ў звязаным (г. зн. сумесна з іншымі атамамі) выглядзе. Напрыклад, у паветры ў выглядзе адзінкавых атамаў утрымліваюцца *высакародныя газы* — гелій **He**, неон **Ne**, аргон **Ar**, крыптон **Kr**, ксенон **Xe** і радон **Rn**. Атамы ўсіх астатніх элементаў звычайна знаходзяцца ў звязаным выглядзе.

З курса хіміі 7-га класа вы ўжо ведаеце аб малекулах — часціцах рэчыва, якія складаюцца звычайна з двух і больш атамаў. Што ж такое малекула?

! Малекула — найменшая часціца рэчыва, здольная існаваць самастойна і захоўваць яго хімічныя ўласцівасці.

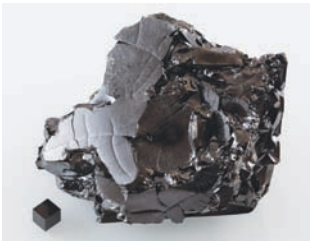
Малекулы такіх рэчываў, як кісларод, вадарод, азот, хлор, бром, складаюцца з двух атамаў. Малекула фосфару змяшчае чатыры атамы, а серы — восем (мал. 1).



Мал. 1. Шаравыя мадэлі малекул

Правообладатель Народная асвета

Жалеза


Графіт

Алмазы

Мал. 2. Крышталі

Звязваючыся адзін з адным, атамы могуць існаваць не толькі ў выглядзе малекул. Вядома вельмі шмат рэчываў, якія маюць *немалекулярную будову*. Яны ўяўляюць сабой цвёрдыя крышталічныя рэчывы, пабудаваныя не з малекул, а з атамаў. Гэта, напрыклад, простыя рэчывы жалеза, графіт, алмаз (мал. 2).

Складаныя рэчывы, як і простыя, таксама маюць альбо малекулярную, альбо немалекулярную будову. Пры гэтым рэчывы малекулярнай будовы існуюць пры звычайных умовах у розных агрэгатных станах. Напрыклад, метан — газ, вада — вадкасць, глюкоза — цвёрдае рэчыва.

Большасць рэчываў немалекулярнай будовы пры звычайных умовах уяўляюць сабой цвёрдыя крышталічныя рэчывы. Прыкладамі такіх рэчываў з'яўляюцца **NaCl** (асноўнае рэчыва кухоннай солі), **$CaCO_3$** (асноўнае рэчыва мелу).

Простыя і складаныя рэчывы

Калі рэчывы складаюцца з атамаў аднаго віду, то іх называюць **простымі рэчывамі**, напрыклад кісларод **O_2**, белы фосфар **P_4**, азот **N_2**, медзь **Cu**, жалеза **Fe**.

Простых рэчываў вядома каля 500. А паколькі ў цяперашні час хімічных элементаў вядома 118, то гэта азначае, што некаторыя з іх існуюць у выглядзе некалькіх простых рэчываў. Напрыклад, атамы хімічнага элемента кіслароду **(O)** знаходзяцца ў прыродзе ў саставе двух простых рэчываў — **O_2** (кісларод) і **O_3** (азон). Простыя рэчывы дзеляцца на металы (напрыклад, медзь **Cu**, жалеза **Fe**, серабро **Ag**) і неметалы (напрыклад, вадарод **H_2**, ёд **I_2**, графіт і алмаз **C**, крэмній **Si**, сера **S**) (мал. 3).

Калі рэчыва складаецца з атамаў розных хімічных элементаў, то яго называюць **складаным рэчывам** або **хімічным злучэннем**.

Правообладатель Народная асвета

З вядомых у цяперашні час рэчываў пераважная большасць з'яўляецца складанымі. Складаныя рэчывы дзеляцца на *неарганічныя* (напрыклад, вада H_2O, хларыд натрыю **NaCl**, серная кіслата H_2SO_4) і *арганічныя* (напрыклад, глюкоза, лімонная кіслата, аспірын).

Хімічныя формулы

Як вам вядома, кожнае рэчыва валодае пэўным якасным і колькасным саставам, які хімікі выражаюць з дапамогай хімічных формул (напрыклад, HNO_3, N_2, $CaCO_3$, SO_3, **Fe**).

Якасны састаў рэчываў выражаецца з дапамогай сімвалаў хімічных элементаў, а колькасны — з дапамогай індэксаў, якія запісваюцца справа і ніжэй сімвала элемента. Для запісу складаных формул рэчываў, акрамя хімічных знакаў і індэксаў, хімікі дамовіліся выкарыстоўваць і іншыя сімвалы (напрыклад, круглыя, квадратныя і фігурныя дужкі, кропкі, каэфіцыенты). Вось чаму хімічная формула — гэта *ўмоўны запіс саставу рэчыва*.

! Хімічная формула — гэта ўмоўны запіс саставу рэчыва з дапамогай хімічных сімвалаў і індэксаў.

Парадак запісу сімвалаў хімічных элементаў у формулах складаных рэчываў не з'яўляецца выпадковым. Ён вызначаецца прыналежнасцю гэтых рэчываў да пэўных класаў злучэнняў. Так, напрыклад, формулы неарганічных кіслот пачынаюцца з сімвала вадароду **H**, пасля чаго запісваюцца сімвалы элементаў кіслотных астаткаў (напрыклад, **HCl**, HNO_3, H_2SO_4). У формуле любой асновы на першым месцы паказваецца сімвал металу, а потым — сімвалы кіслароду **O** і

Серабро

Медзь

Крэмній

Сера

Мал. 3. Простыя рэчывы металы і неметалы

Правообладатель Народная асвета

вадароду **H** (напрыклад, **NaOH**, **$Mg(OH)_2$**, **$Fe(OH)_3$**). Формулы солей таксама пачынаюцца з сімвала металу, пасля чаго запісваюцца сімвалы элементаў кіслотных астаткаў (напрыклад, **NaCl**, **K_2SO_4**, **$Ca_3(PO_4)_2$**).

Хімічныя формулы рэчываў *малекулярнай* будовы выражаюць якасны і колькасны састаў іх малекул. Такія формулы называюцца *малекулярнымі*. Напрыклад, формула простага рэчыва кіслароду **O_2** (чытаецца «о-два») паказвае яго якасны састаў (складаецца толькі з атамаў кіслароду) і колькасны састаў (складаецца з двух атамаў кіслароду). Формула складанага рэчыва метану **CH_4** («цэ-аш-чатыры») паказвае, што яно складаецца з атамаў вугляроду і вадароду (якасны састаў), а яго малекула складаецца з пяці атамаў — аднаго атама вугляроду і чатырох атамаў вадароду (колькасны састаў).

Малекулы могуць складацца з вялікай колькасці атамаў. Напрыклад, працэс утварэння крыві ў арганізме чалавека немагчымы без вітаміна B_{12}. Малекула гэтага рэчыва складаецца са 181 атама і мае формулу $C_{63}H_{88}CoN_{14}O_{14}P$.

Хімічная формула простага рэчыва немалекулярнай будовы ўяўляе сабой сімвал адпаведнага хімічнага элемента. Так, формула простага рэчыва жалеза — **Fe**, медзі — **Cu**, алюмінію — **Al**. Састаў складаных рэчываў немалекулярнай будовы выражаюць з дапамогай формул, якія паказваюць *найменшыя суадносіны лікаў атамаў* розных хімічных элементаў у гэтых рэчывах. Такія формулы называюцца прасцейшымі. Напрыклад, прасцейшая формула кварцу — галоўнай састаўной часткі пяску — **SiO_2**. З формулы вынікае, што ў гэтым рэчыве на кожны атам крэмнію прыходзіцца два атамы кіслароду, г. зн. мінімальныя суадносіны лікаў атамаў крэмнію і кіслароду роўны 1 : 2. Прасцейшая формула **Al_2O_3** паказвае, што ў гэтым рэчыве мінімальныя суадносіны паміж лікамі атамаў алюмінію і кіслароду роўны 2 : 3. *Група атамаў, састаў якой адпавядае прасцейшай формуле дадзенага рэчыва, называецца яго* ***формульнай адзінкай***.

Валентнасць

Як вы ўжо ведаеце, атамы або групы атамаў злучаюцца паміж сабой згодна з іх валентнасцямі.

Валентнасць — лікавая характарыстыка здольнасці атамаў дадзенага элемента злучацца з іншымі атамамі.

Правообладатель Народная асвета

Валентнасць атама любога хімічнага элемента ёсць лік, які паказвае, з якой колькасцю атамаў аднавалентнага элемента звязаны дадзены атам у хімічным злучэнні: **KCl**, **H_2O**. Валентнасць I ва ўсіх сваіх злучэннях праяўляюць атамы **H**, атамы шчолачных металаў **Li, Na, K, Rb, Cs**, а таксама некаторых іншых элементаў. Валентнасць атамаў кісларода таксама пастаянная і роўная II. Для правільнага састаўлення формул рэчываў неабходна ведаць валентнасці (іх прынята запісваць з дапамогай рымскіх лічбаў над сімвалам хімічнага элемента) атамаў або кіслотных астаткаў, якія ўваходзяць у іх састаў:

$$\overset{IV\ II}{CO_2},\quad \overset{III\ I}{FeCl_3},\quad \overset{III\ II}{Al_2O_3},\quad \overset{II\ III}{Ca_3(PO_4)_2}.$$

Пры гэтым неабходна выконваць простае правіла: *у хімічнай формуле бінарнага злучэння агульны лік адзінак валентнасці аднаго элемента заўсёды роўны агульнаму ліку адзінак валентнасці другога элемента (кіслотнага астатку).*

Адносная малекулярная маса

Малекулы, як і атамы, маюць вельмі маленькую масу, велічыню якой выкарыстоўваць пры хімічных разліках нязручна. Рэчывы малекулярнай будовы характарызуюцца звычайна фізічнай велічынёй *адноснай малекулярнай масы*, якая абазначаецца M_r.

! Адносная малекулярная маса — гэта фізічная велічыня, якая паказвае, у колькі разоў маса адной малекулы рэчыва большая за $\frac{1}{12}$ частку масы атама вугляроду.

Напрыклад, маса малекулы сернай кіслаты H_2SO_4 складае 0,000000000000000000000000001628 кг (або $162{,}8 \cdot 10^{-27}$ кг), а яе адносная малекулярная маса (M_r) роўна:

$$M_r(H_2SO_4) = \frac{162{,}8 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}}{1\text{u}} = \frac{162{,}8 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}}{1{,}661 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}} = 98.$$

Але паколькі малекула складаецца з атамаў, то велічыню M_r мы можам разлічыць і па-іншаму — як суму велічынь A_r усіх атамаў, з якіх яна складаецца. Напрыклад, малекула сернай кіслаты H_2SO_4 складаецца з 7 атамаў — 2 атамаў вадароду, 1 атама серы і 4 атамаў кісларода, таму

$$M_r(H_2SO_4) = 2 \cdot A_r(H) + 1 \cdot A_r(S) + 4 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98.$$

Правообладатель Народная асвета

Рэчывы немалекулярнай будовы таксама характарызуюцца велічынёй, падобнай адноснай малекулярнай масе, якая называецца *адноснай формульнай масай*. Яна абазначаецца і разлічваецца гэтак жа, як і адносная малекулярная маса. Напрыклад, адносная формульная маса рэчыва немалекулярнай будовы **$Ca(OH)_2$** роўна:

$$M_r(Ca(OH)_2) = A_r(Ca) + 2 \cdot A_r(O) + 2 \cdot A_r(H) = 40 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 74.$$

Малекула — найменшая часціца рэчыва, здольная існаваць самастойна і захоўваць яго хімічныя ўласцівасці.

Хімічная формула — гэта ўмоўны запіс саставу рэчыва з дапамогай хімічных сімвалаў і індэксаў.

Валентнасць — лікавая характарыстыка здольнасці атамаў дадзенага элемента злучацца з іншымі атамамі.

Адносная малекулярная маса — гэта фізічная велічыня, якая паказвае, у колькі разоў маса адной малекулы рэчыва большая за $\frac{1}{12}$ частку масы атама вугляроду.

? Пытанні і заданні

1. Прывядзіце прыклады малекул, кожная з якіх складаецца з:

а) двух атамаў; б) трох атамаў; в) чатырох атамаў.

2. Якіх рэчываў вядома больш: простых або складаных?

3. Якія рэчывы ў хіміі называюцца складанымі?

4. Выпішыце з прыведзенага спіса па асобнасці формулы простых і складаных рэчываў і назавіце іх: CO_2, H_2O, O_2, Cu, NaCl, SiO_2, H_2SO_4, O_3, NaOH, CuO.

5. Прывядзіце назвы трох:

а) простых рэчываў; б) складаных рэчываў.

6. Прывядзіце пяць формул вядомых вам рэчываў.

7. Што неабходна разумець пад якасным і колькасным саставам рэчыва?

8. Вызначце валентнасць атамаў кожнага хімічнага элемента ў злучэннях:

а) SO_3; б) Al_2S_3; в) $MgCl_2$; г) Na_2O; д) P_2O_3; е) KF.

9. Складзіце формулы рэчываў, у састаў якіх уваходзяць атамы і групы атамаў (у дужках паказана валентнасць груп атамаў і атамаў з пераменнай валентнасцю):

а) Fe(III) і O; б) Mg і OH(I); в) Al і Cl(I); г) Na і SO_4(II).

Правообладатель Народная асвета

10. Разлічыце, у колькі разоў атам кальцыю цяжэйшы за атам гелію.
11. Якая малекула мае большую масу — HNO_3 або H_3PO_4 — і ў колькі разоў?
12. Вылічыце адносную малекулярную масу наступных рэчываў: P_4, HCl, SO_3, H_2CO_3.

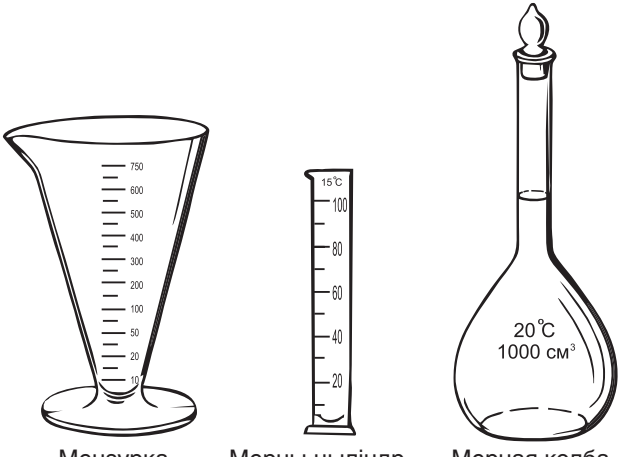
§ 3. Хімічная колькасць рэчыва

Вам ужо вядома, што ўсякае чыстае рэчыва мае хімічную формулу, якая адпавядае яго пэўнаму якаснаму і колькаснаму саставу.

Калі неабходна ўзяць порцыю цвёрдага рэчыва пэўнай масы, то для гэтага можна выкарыстоўваць шалі (мал. 4). Калі рэчыва вадкае, то пэўную яго порцыю зручна адмераць з дапамогай мензуркі, мернага цыліндра або мернай колбы (мал. 5). Для таго каб узяць порцыю газападобнага рэчыва пэўнага аб'ёму, ужываюць спецыяльныя мерныя ёмістасці — газаметры (мал. 6).

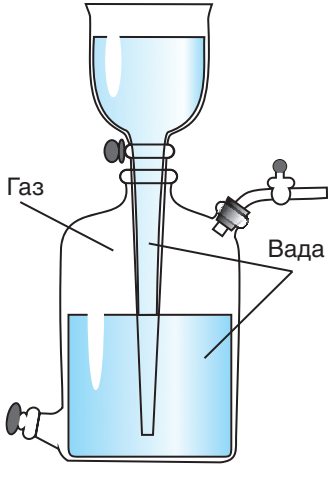
Мал. 4. Узважванне

Такім чынам, **аб'ём і маса** — гэта велічыні, якія характарызуюць дадзеную порцыю рэчыва.



Мензурка Мерны цыліндр Мерная колба

Мал. 5. Мерны посуд



Мал. 6. Газаметр

Правообладатель Народная асвета

Хімічная колькасць рэчыва

У паўсядзённым жыцці мы часта не адрозніваем паняцці *маса* і *колькасць*. А гэта зусім розныя паняцці. Калі вы кажаце: «*Я купіў 2 кг груш*», то гаворка ідзе аб **масе** груш. Але калі вы кажаце: «*Я купіў 10 груш*», то ў гэтым выпадку гаворка ідзе аб **колькасці** груш. Масу рэчыва вымяраюць у грамах, кілаграмах, тонах, а колькасць — у штуках.

Грушы можна пералічыць паштучна, а калі гэта, напрыклад, зярняты пшаніцы ці рысу? Тут ужо пералічыць усе зярняты нават у невялікай порцыі досыць складана, і застаецца толькі выкарыстоўваць масу або аб'ём порцыі зерня. У старажытныя часы вагі былі рэдкасцю, і гэта прывяло да таго, што на рынках збожжавыя культуры (пшаніцу, рыс) прадавалі з дапамогай мерных сасудаў (збаноў, чашы), гэта значыць пэўнымі порцыямі. Да гэтага часу многія тавары таксама прадаюць порцыямі. Напрыклад, яйкі — дзясяткамі, запалкі — скрынкамі, у кожнай з якіх знаходзіцца пэўная колькасць запалак. Порцыямі, якія змяшчаюць аднолькавую колькасць адзінак тавару, прадаюць таксама кнопкі і сашчэпкі (скрынкамі), пісчую паперу (пачкамі), лякарствы ў выглядзе таблетак (упакоўкамі), керамічную плітку (упакоўкамі) і іншыя тавары (мал. 7).

Акрамя масы або аб'ёму рэчыва, часта неабходна ведаць лік *атамаў*, *малекул*, паколькі яны з'яўляюцца своеасаблівымі «цаглінкамі», з якіх складаюцца рэчывы.

Таму ў хіміі, як і ў іншых прыродазнаўчых навуках, вельмі зручна выкарыстоўваць фізічную велічыню, якая характарызуе лік часціц у некаторай порцыі рэчыва. Гэтая фізічная велічыня называецца **колькасцю рэчыва** і з'яўляецца адной з сямі асноўных адзінак Міжнароднай сістэмы адзінак (СІ).

У нашым паўсядзённым жыцці тэрмін «колькасць» мае вельмі шырокае прымяненне і не заўсёды адназначнае значэнне. Напрыклад, на пытанне: «Якую колькасць цукру вам пакласці ў гарбату?» —

Мал. 7. Тавары, якія прадаюцца порцыямі

Правообладатель Народная асвета

можна адказаць: і «адну лыжачку», і «два кавалачкі», і «ледзь-ледзь». Як правіла, усе гэтыя адказы зразумелыя суразмоўцу і дазваляюць адмераць адпаведную порцыю рэчыва (у дадзеным выпадку цукру). Зусім іншая сітуацыя складаецца ў хіміі, якая з'яўляецца дакладнай навукай. Гаворачы аб *колькасці* як характарыстыцы порцыі рэчыва ў хіміі, мы заўсёды павінны дакладна ведаць, аб чым ідзе гаворка, што разумець пад *колькасцю рэчыва* і як такую порцыю рэчыва адмераць. Вось чаму пры далейшым вывучэнні хіміі для характарыстыкі колькасці атамаў, малекул або формульных адзінак у пэўнай порцыі рэчыва фізічную велічыню *колькасць рэчыва* будзем называць ***хімічная колькасць рэчыва***. Гэта дазволіць адрозніваць яе ад шырока распаўсюджанага бытавога паняцця *колькасць*, якое не заўсёды мае пэўнае і дакладнае значэнне.

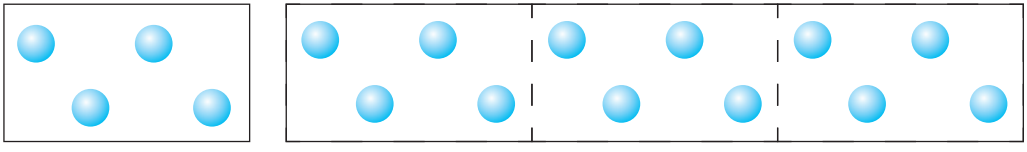
! Хімічная колькасць рэчыва — фізічная велічыня, прама прапарцыянальная ліку часціц (атамаў, малекул або формульных адзінак), якія змяшчаюцца ў дадзенай порцыі рэчыва.

Прамая прапарцыянальнасць колькасці хімічнага рэчыва ліку часціц у порцыі азначае, што пры павелічэнні колькасці часціц рэчыва ў 3 разы яго хімічная колькасць таксама павялічыцца ў 3 разы (мал. 8). Калі лік часціц рэчыва паменшыцца ў 5 разоў, то яго хімічная колькасць таксама паменшыцца ў 5 разоў. Калі мы маем дзве порцыі рэчыва, лік часціц у якіх адрозніваецца ў 10 разоў, то і хімічная колькасць рэчыва ў гэтых порцыях таксама адрозніваецца ў 10 разоў.

Кожную фізічную велічыню абазначаюць сімвалам, прынятым у Міжнароднай сістэме адзінак (СІ). Напрыклад, масу абазначаюць сімвалам m, аб'ём — V. Для абазначэння хімічнай колькасці рэчыва прыняты сімвал n.

Пры запісе хімічнай колькасці рэчыва яго хімічная формула паказваецца ў круглых дужках пасля сімвала n.

Напрыклад, запіс $n(\mathrm{H_2O})$ азначае, што нас цікавіць хімічная колькасць малекул вады ў некаторай порцыі, а $n(\mathrm{Fe})$ — хімічная



Мал. 8. Дзве порцыі часціц

Правообладатель Народная асвета

колькасць атамаў жалеза ў порцыі (навесцы) гэтага металу, $n(CaCO_3)$ — хімічная колькасць формульных адзінак $CaCO_3$ у некаторай яго порцыі.

Хімічная колькасць рэчыва — фізічная велічыня, прама прапарцыянальная ліку часціц (атамаў, малекул або формульных адзінак), якія змяшчаюцца ў дадзенай порцыі рэчыва.

Пытанні і заданні

1. З дапамогай якіх фізічных велічынь можна колькасна характарызаваць порцыі рэчываў у розных агрэгатных станах?

2. Якім сімвалам у Міжнароднай сістэме адзінак (СІ) абазначаюць велічыню *хімічная колькасць рэчыва*?

3. Што азначаюць наступныя запісы:
а) $m(CuO)$; б) $V(N_2)$; в) $n(HCl)$?

4. Запішыце ў выглядзе сімвалаў наступныя велічыні:
а) маса порцыі вады;
б) хімічная колькасць сернай кіслаты ў навесцы;
в) аб'ём кісларoду ў пасудзіне.

5. Як зменіцца хімічная колькасць рэчыва ў порцыі, калі:
а) лік яго малекул павялічыць у 5 разоў;
б) лік яго формульных адзінак паменшыць у 7 разоў?

6. Прывядзіце тры прыклады тавараў, не названых у параграфе, якія прадаюцца порцыямі.

7. Патлумачце, чаму велічыню *колькасць рэчыва* мэтазгодна называць *хімічная колькасць рэчыва*.

§ 4. Моль — адзінка хімічнай колькасці рэчыва. Пастаянная Авагадра

Кожная з асноўных фізічных велічынь мае сваю адзінку. Напрыклад, адзінка даўжыні — *метр* (скарочана *м*), масы — *кілаграм* (*кг*), часу — *секунда* (*с*). Адзінкай хімічнай колькасці рэчыва з'яўляецца *моль*.

Тэрміны «малекула» і «моль», як няцяжка заўважыць, аднакарэнныя. Яны, сапраўды, утварыліся ад аднаго і таго ж лацінскага слова *moles*, якое мае, па меншай меры, два значэнні — маса або кучка. Ад гэтага слова ўтварыліся два тэрміны: малекула — «маленькая маса» і моль — «вялікая маса». Аўтарам тэрміна «моль» з'яўляецца вядомы нямецкі хімік і фізік Вільгельм Оствальд.

Правообладатель Народная асвета

Моль — адзінка хімічнай колькасці рэчыва

Акрамя масы і аб'ёму рэчыва, хіміку часта неабходна ведаць лік часціц (атамаў, малекул або формульных адзінак), якія ўтрымліваюцца ў дадзенай порцыі рэчыва.

Улічваючы, што хімічная колькасць рэчыва залежыць ад ліку часціц (атамаў, малекул або формульных адзінак), то для вызначэння яго адзінкі (*моль*) неабходна дамовіцца аб нейкім пастаянным іх ліку ў порцыі гэтага рэчыва хімічнай колькасцю 1 моль.

! 1 моль — порцыя рэчыва, якая змяшчае столькі ж часціц (атамаў, малекул або формульных адзінак), колькі атамаў змяшчаецца ў порцыі вугляроду масай 0,012 кг.

Каб даведацца, якая колькасць атамаў, малекул або формульных адзінак любога рэчыва складае яго порцыю хімічнай колькасцю 1 моль, неабходна падлічыць лік атамаў у 0,012 кг вугляроду.

Лік любых часціц (атамаў, малекул, формульных адзінак) абазначаецца сімвалам N. Каб вызначыць колькасць атамаў вугляроду $N(\mathrm{C})$ у яго порцыі, неабходна масу порцыі (0,012 кг) падзяліць на масу аднаго атама вугляроду ($m_a(\mathrm{C})$). А як разлічыць масу аднаго атама па велічыні адноснай атамнай масы, вы ўжо ведаеце (гл. § 1):

$$m_a(\mathrm{C}) = A_r(\mathrm{C}) \cdot 1\ \mathrm{u} = 12 \cdot 1{,}661 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{кг} = 19{,}93 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{кг},\ \text{таму}$$

$$N(\mathrm{C}) = \frac{0{,}012\ \mathrm{кг}}{m_a(\mathrm{C})} = \frac{0{,}012\ \mathrm{кг}}{19{,}93 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{кг}} = 6{,}02 \cdot 10^{23}.$$

Такім чынам, у порцыі вугляроду масай 0,012 кг змяшчаецца $6{,}02 \cdot 10^{23}$ атамаў вугляроду. Цяпер, згодна з вызначэннем, калі мы адлічым $6{,}02 \cdot 10^{23}$ атамаў, малекул або формульных адзінак любога рэчыва, то атрымаем яго порцыю хімічнай колькасцю 1 моль. Гэты лік — $6{,}02 \cdot 10^{23}$ — атрымаў назву **лік Авагадра**.

Аб тым, наколькі вялікі лік Авагадра, можна меркаваць па наступным параўнанні. Плошча паверхні Зямлі, уключаючы і водную, роўна прыкладна 510 000 000 км^2. Калі раўнамерна рассыпаць па ўсёй гэтай паверхні $6{,}02 \cdot 10^{23}$ пясчынак дыяметрам 1 мм, то яны ўтвораць слой пяску таўшчынёй больш аднаго метра.

Скарочанае абазначэнне адзінкі хімічнай колькасці запісваецца гэтак жа, як і поўнае, — *моль*. Таму калі слова *моль* стаіць пасля колькасці, то яно не скланяецца, гэтак жа, як і іншыя скарочаныя

Правообладатель Народная асвета

адзінкі велічынь: 3 кг, 5 м, 8 моль. Пры чытанні ўслых і пры запісе лічэбніка літарамі слова *моль* змяняецца: восем молей.

Пастаянная Авагадра

У порцыі любога рэчыва хімічнай колькасцю 1 моль змяшчаецца $6{,}02 \cdot 10^{23}$ (лік Авагадра) атамаў, малекул або формульных адзінак. Калі іх у порцыі будзе ў 2 разы больш, то і хімічная колькасць рэчыва ў гэтай порцыі будзе ў 2 разы большай. Таму адносіны ліку часціц у любой порцыі рэчыва да яго хімічнай колькасці ёсць велічыня пастаянная.

Велічыня, роўная $\frac{6{,}02 \cdot 10^{23}}{1\ \text{моль}} = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \frac{1}{\text{моль}} = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}$, атрымала назву **пастаянная Авагадра**. Яна з'яўляецца адной з найважнейшых універсальных пастаянных у прыродазнаўстве і абазначаецца сімвалам N_A:

$$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \frac{1}{\text{моль}} = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}.$$

Адзінка ў лічніку дробу $\left(\frac{1}{\text{моль}}\right)$, фактычна, азначае атам, малекулу або формульную адзінку рэчыва. Паколькі, напрыклад, рэчывы немалекулярнай будовы — медзь **Cu** і графіт **C** — складаюцца з атамаў, то ў іх порцыях хімічнай колькасцю 1 моль змяшчаецца па $6{,}02 \cdot 10^{23}$ *атамаў*. У порцыях сернай кіслаты $\mathbf{H_2SO_4}$, вуглякіслага газу $\mathbf{CO_2}$ або глюкозы $\mathbf{C_6H_{12}O_6}$ (гэта рэчывы малекулярнай будовы, якія складаюцца з малекул) хімічнай колькасцю 1 моль змяшчаецца па $6{,}02 \cdot 10^{23}$ *малекул*. У порцыі **CuO** або $\mathbf{Na_2CO_3}$ (гэта рэчывы немалекулярнай будовы, якія складаюцца з формульных адзінак) хімічнай колькасцю 1 моль змяшчаецца па $6{,}02 \cdot 10^{23}$ *формульных адзінак* (мал. 9).

Мал. 9. Порцыі рэчываў хімічнай колькасцю 1 моль:
1 — карбанат натрыю, *2* — медзь, *3* — серная кіслата

Як мы ўжо сказалі, для любой порцыі рэчыва адносіны ліку часціц $N(\text{X})$ у ёй (сімвалам X мы будзем абазначаць часціцы, з якіх складаецца рэчыва) да іх хімічнай колькасці $n(\text{X})$ у гэтай порцыі ёсць велічыня пастаянная і роўна N_A:

$$N_A = \frac{N(\text{X})}{n(\text{X})}.$$

Правообладатель Народная асвета

Гэтая формула дазваляе нам для любой порцыі, якая змяшчае пэўную хімічную колькасць рэчыва, разлічыць колькасць часціц гэтага рэчыва ў ёй:

$$N(\text{X}) = n(\text{X}) \cdot N_\text{A}.$$

Напрыклад, у порцыі, якая змяшчае 5 моль вады, лік малекул H_2O роўны:

$$N(H_2O) = n(H_2O) \cdot N_\text{A} = 5 \text{ моль} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \ \frac{1}{\text{моль}} = 3{,}01 \cdot 10^{24}.$$

І наадварот, ведаючы лік часціц $N(X)$ рэчыва ў любой яго порцыі, мы можам разлічыць хімічную колькасць $n(X)$ рэчыва ў ёй:

$$n(\text{X}) = \frac{N(\text{X})}{N_\text{A}}.$$

Напрыклад, хімічная колькасць сернай кіслаты ў яе порцыі, якая змяшчае $3{,}01 \cdot 10^{23}$ малекул H_2SO_4, роўна:

$$n(H_2SO_4) = \frac{N(H_2SO_4)}{N_\text{A}} = \frac{3{,}01 \cdot 10^{23}}{6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0{,}500 \text{ моль}.$$

1 моль — порцыя рэчыва, якая змяшчае столькі ж часціц (атамаў, малекул або формульных адзінак), колькі атамаў змяшчаецца ў 0,012 кг вугляроду.

Порцыя любога рэчыва хімічнай колькасцю 1 моль змяшчае $6{,}02 \cdot 10^{23}$ атамаў, малекул або формульных адзінак.

Адносіны ліку часціц у любой порцыі рэчыва да яго хімічнай колькасці ёсць велічыня пастаянная і роўна $6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$. Гэтая велічыня называецца пастаяннай Авагадра і абазначаецца N_A.

? Пытанні і заданні

1. Назавіце тры любыя фізічныя велічыні і адзінкі, якія ім адпавядаюць. Што з'яўляецца адзінкай хімічнай колькасці рэчыва?
2. Якое азначэнне мае адзінка хімічнай колькасці рэчыва «моль»? Знайдзіце ў сетцы Інтэрнэт вызначэнне яшчэ адной любой адзінкі асноўных фізічных велічынь (напрыклад, секунды, кілаграма або метра).
3. Які лік атамаў, малекул або формульных адзінак павінен утрымлівацца ў порцыі, каб яна змяшчала 1 моль рэчыва? Як называецца гэты лік і чаму ён роўны?
4. Укажыце лікавае значэнне і адзінку пастаяннай Авагадра.

Правообладатель Народная асвета

5. Які лік атамаў, малекул або формульных адзінак знаходзіцца ў порцыі, якая змяшчае:

а) 2,50 моль азону; б) 45,8 моль сернай кіслаты;
в) 0,550 моль жалеза; г) 0,150 моль аксіду алюмінію?

6. Узялі тры порцыі рэчываў: першая змяшчае 1 моль вады, другая — 1 моль кісларoду, а трэцяя — 1 моль вадароду. Што агульнага ў гэтых трох порцый і чым яны адрозніваюцца?

Рыхтуемся да алімпіяд. Хімічная колькасць усіх атамаў, якія ўваходзяць у састаў малекул фосфарнай кіслаты H_3PO_4, у некаторай порцыі роўная 16,0 моль. Якая хімічная колькасць фосфарнай кіслаты змяшчаецца ў гэтай порцыі?

§ 5. Малярная маса. Малярны аб'ём газаў

Калі хімічная колькасць аднаго і таго ж рэчыва ў дзвюх яго порцыях аднолькавая, то аднолькавай з'яўляецца і колькасць часціц (атамаў, малекул або формульных адзінак), якія ў іх змяшчаюцца. З гэтага вынікае, што гэтыя порцыі маюць таксама і аднолькавую масу, паколькі складаюцца з аднолькавай колькасці адных і тых жа часціц.

Ці будзе гэта справядлівым у тым выпадку, калі рэчывы будуць розныя, а іх хімічная колькасць у кожнай порцыі застанецца па-ранейшаму аднолькавай?

Малярная маса

З папярэдняга параграфа вам вядома, што пры павелічэнні колькасці часціц у порцыі рэчыва, напрыклад, у 3 разы яго хімічная колькасць павялічваецца ў столькі ж разоў. А што адбудзецца з ***масай*** порцыі пры такім павелічэнні? Паколькі лік часціц у порцыі павялічыўся ў 3 разы, то і яе маса таксама стане ў 3 разы большай. Гэта будзе справядлівым для любой порцыі любога рэчыва. Адсюль вынікае, што адносіны масы порцыі рэчыва да яго хімічнай колькасці таксама ёсць некаторая пастаянная для дадзенага рэчыва велічыня. Гэтая велічыня атрымала назву ***малярная маса*** рэчыва і абазначаецца сімвалам M.

! Малярная маса рэчыва — гэта велічыня, роўная адносінам масы любой порцыі гэтага рэчыва да яго хімічнай колькасці.

Для любой порцыі рэчыва X масай $m(X)$, у якой хімічная колькасць рэчыва роўна $n(X)$, можам запісаць:

$$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}.$$

Правообладатель Народная асвета

Фізічны сэнс малярнай масы заключаецца ў тым, што маса порцыі дадзенага рэчыва хімічнай колькасцю 1 моль лікава роўная малярнай масе M дадзенага рэчыва.

Адзінкай масы ў Міжнароднай сістэме адзінак (СІ) з'яўляецца *кг*, а адзінкай хімічнай колькасці — *моль*. Таму асноўнай адзінкай малярнай масы ў СІ з'яўляецца $\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$. Хімікі часцей карыстаюцца дольнай адзінкай $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$, якая ў 1000 разоў меншая за асноўную $\left(1\ \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 1000\ \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1 \cdot 10^3\ \frac{\text{г}}{\text{моль}}\right)$.

Каб вызначыць малярную масу рэчыва, неабходна ведаць яго масу і хімічную колькасць у якой-небудзь порцыі.

Вызначым малярную масу вугляроду $M(\text{C})$. Для гэтага возьмем яго пэўную порцыю, напрыклад 100 г = 0,100 кг. Для вызначэння хімічнай колькасці вугляроду ў гэтай порцыі спачатку разлічым колькасць атамаў у ёй. Для гэтага падзелім масу порцыі на масу аднаго атама вугляроду, якая складае:

$$m_{\text{а}}(\text{C}) = A_{\text{r}}(\text{C}) \cdot 1\ \text{u} = 12 \cdot 1{,}661 \cdot 10^{-27}\ \text{кг} = 1{,}993 \cdot 10^{-26}\ \text{кг}.$$

$$N(\text{C}) = \frac{0{,}100\ \text{кг}}{1{,}993 \cdot 10^{-26}\ \text{кг}} = 5{,}018 \cdot 10^{24}\ \text{(атамаў)}.$$

Хімічная колькасць вугляроду ў гэтай порцыі роўна:

$$n(\text{C}) = \frac{N(\text{C})}{N_A} = \frac{5{,}018 \cdot 10^{24}}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = 8{,}34\ \text{моль}.$$

Такім чынам, малярная маса вугляроду складае:

$$M(\text{C}) = \frac{100\ \text{г}}{8{,}34\ \text{моль}} = 12\ \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Звярніце ўвагу на тое, што лікавыя значэнні адноснай атамнай (малекулярнай) масы і малярнай масы (выражанай у г/моль) супадаюць: $A_{\text{r}}(\text{C}) = 12$ і $M(\text{C}) = 12$ г/моль. Гэта справядліва для любых рэчываў — простых і складаных. Пры гэтым для рэчываў немалекулярнай будовы, якія складаюцца з атамаў, выкарыстоўваецца велічыня A_{r}, ва ўсіх астатніх выпадках — велічыня адноснай малекулярнай або формульнай масы M_{r}. Напрыклад, для вады $M_{\text{r}}(\text{H}_2\text{O}) = 18$, таму $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ г/моль, для аксіду натрыю $M_{\text{r}}(\text{Na}_2\text{O}) = 62$, таму $M(\text{Na}_2\text{O}) = 62$ г/моль.

Гэтая заканамернасць дазваляе пазбегнуць працаёмкай працэдуры разлікаў малярнай масы, як гэта было зроблена вышэй для вугляроду. Адносныя атамныя масы ўсіх элементаў прыведзены ў табліцы

Правообладатель Народная асвета

перыядычнай сістэмы хімічных элементаў на форзацы 1 вашага вучэбнага дапаможніка. Значэнне M_r вы ўжо ўмееце разлічваць, зыходзячы з формулы рэчыва. Для гэтага неабходныя толькі адносныя атамныя масы ўсіх хімічных элементаў, якія ўваходзяць у састаў рэчыва. Напрыклад, вылічэнне малярнай масы сернай кіслаты $\mathbf{H_2SO_4}$ выглядае наступным чынам:

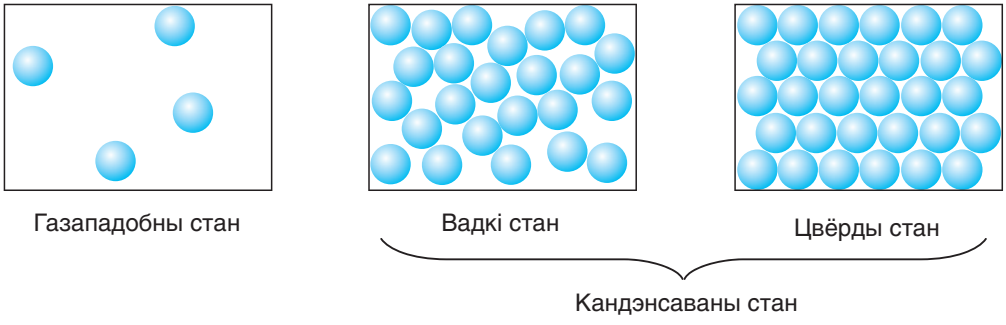
$$M_r(H_2SO_4) = 2 \cdot A_r(H) + 1 \cdot A_r(S) + 4 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98.$$

Значыць, $M(H_2SO_4) = 98$ г/моль.

Малярны аб'ём газаў

Адрозненне газападобных рэчываў ад цвёрдых і вадкіх заключаецца ў тым, што сярэдняя адлегласць паміж часціцамі ў іх значна большая за памеры саміх часціц (мал. 10). Таму аб'ём газу пры пэўных умовах (ціск, тэмпература) вызначаецца толькі колькасцю часціц у яго порцыі і амаль не залежыць ад памеру саміх часціц газу. Гэта значыць, што калі мы возьмем дзве порцыі розных газаў, якія змяшчаюць аднолькавы лік часціц (а, такім чынам, і аднолькавую іх хімічную колькасць у кожнай порцыі), то аб'ёмы гэтых порцый будуць роўнымі.

Калі хімічную колькасць газу павялічыць, напрыклад, у 5 разоў, то ў столькі ж разоў узрасце і колькасць яго малекул. Аб'ём дадзенага газу (пры нязменных тэмпературы і ціску) таксама павялічыцца ў 5 разоў. Атрымліваецца, што адносіны аб'ёму порцыі любога газу да яго хімічнай колькасці ў гэтай жа порцыі заўсёды будуць пастаяннай велічынёй. Велічыня гэтых адносін будзе аднолькавая для любых порцый любых газаў, аднак яна залежыць ад знешніх умоў. Гэтая пастаянная (пры



Мал. 10. Схема газападобнага і кандэнсаванага стану рэчываў

Правообладатель Народная асвета

зададзеных тэмпературы і ціску) велічыня атрымала назву *малярны аб'ём газу* і абазначаецца сімвалам V_m. Калі хімічную формулу газу абазначыць як X, то для любой яго порцыі хімічнай колькасцю $n(X)$, якая займае аб'ём $V(X)$, можна запісаць:

$$V_m = \frac{V(X)}{n(X)}.$$

Фізічны сэнс гэтай велічыні заключаецца ў тым, што пры аднолькавых умовах аб'ём порцыі любога газу хімічнай колькасцю 1 моль лікава роўны V_m. Гэтая велічыня дазваляе звязаць паміж сабой параметры (аб'ём, масу, хімічную колькасць) газаў, і мы будзем у далейшым выкарыстоўваць яе пры правядзенні хімічных разлікаў.

Паколькі аб'ём газу, у адрозненне ад яго хімічнай колькасці, залежыць ад знешніх умоў (тэмпературы і ціску), велічыня V_m таксама залежыць ад гэтых знешніх умоў. Эксперыментальна ўстаноўлена, што пры нармальных умовах (коратка абазначаецца **н. у.**) — тэмпературы 0 °С і ціску 101 325 Па (101,325 кПа) **малярны аб'ём любога газу роўны 22,4 дм^3/моль.** Такім чынам, пры н. у.:

$$V_m = \frac{V(X)}{n(X)} = 22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль}.$$

Гэта значыць, што пры н. у. аб'ём порцыі любога газу хімічнай колькасцю 1 моль роўны 22,4 дм^3.

Малярная маса рэчыва — гэта велічыня, роўная адносінам масы любой порцыі гэтага рэчыва да яго хімічнай колькасці ў ёй.

Малярныя масы простых рэчываў немалекулярнай будовы лікава роўныя адносным атамным масам A_r адпаведных хімічных элементаў. Малярныя ***масы складаных рэчываў малекулярнай і немалекулярнай*** *будовы лікава роўныя іх адносным малекулярным або адносным формульным масам M_r.*

Тэмпература 0 °С і ціск 101,325 кПа называюцца нармальнымі ўмовамі і коратка абазначаюцца н. у.

Для любой порцыі любога газу пры зададзеных умовах (тэмпературы і ціску) адносіны аб'ёму да хімічнай колькасці газу ёсць велічыня пастаянная. Яна называецца малярным аб'ёмам газу і абазначаецца V_m.

Пры н. у. велічыня V_m для любога газу роўна 22,4 дм^3/моль.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Які фізічны сэнс мае малярная маса рэчыва?
2. Маса порцыі некаторага рэчыва роўна 144 г, а хімічная колькасць рэчыва ў ёй складае 0,75 моль. Разлічыце малярную масу гэтага рэчыва.
3. Ці можа ў розных рэчываў быць аднолькавая малярная маса? Прывядзіце прыклады такіх рэчываў.
4. Што такое малярны аб'ём газу? Ці залежыць гэтая велічыня ад знешніх умоў (тэмпературы і ціску)?
5. Чаму роўная велічыня малярнага аб'ёму любога газу пры нармальных умовах?
6. Які аб'ём пры н. у. займае кісларод хімічнай колькасцю 10 моль?
7. Разлічыце малярную масу:

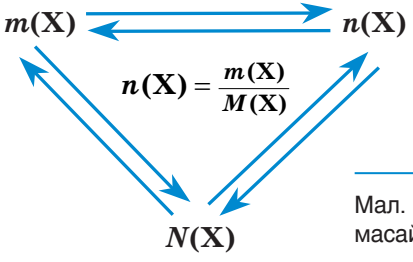
   а) азону O_3; б) фосфарнай кіслаты H_3PO_4;
   в) азоту N_2; г) аксіду алюмінію Al_2O_3.

8. Два рэчывы маюць розную малярная масу. Ці можна ў гэтым выпадку сцвярджаць, што гэта розныя рэчывы? Коратка патлумачце свой адказ.

§ 6. Вылічэнне хімічнай колькасці рэчыва па яго масе і масы рэчыва па яго хімічнай колькасці

Калі мы гаворым пра *порцыю рэчыва*, важна ведаць не толькі, *якое* гэта рэчыва (гэта вызначае яго формула), але і *колькі* яго ў порцыі. З папярэдніх параграфаў вы ўжо ведаеце, што для любога рэчыва адказаць на пытанне *колькі* можна, калі задаць або масу порцыі гэтага рэчыва $\boldsymbol{m}(\mathbf{X})$, або хімічную колькасць рэчыва ў гэтай порцыі $\boldsymbol{n}(\mathbf{X})$. Паколькі ў адных выпадках важна ведаць хімічную колькасць рэчыва ў порцыі, а ў іншых — іх масу або лік часціц, то неабходна ведаць узаемасувязь паміж гэтымі велічынямі (мал. 11).

Для гэтага неабходна выкарыстоўваць малярную масу рэчыва $\boldsymbol{M}(\mathbf{X})$.



Мал. 11. Схема ўзаемасувязі паміж хімічнай колькасцю, масай рэчыва і лікам яго часціц

Правообладатель Народная асвета

У гэтым параграфе мы пазнаёмімся з такімі разлікамі, якія прыдатныя для любых рэчываў (вадкіх, цвёрдых і газападобных).

З папярэдняга параграфа вы ўжо ведаеце, што кожнае рэчыва мае сваё ўласнае значэнне велічыні малярнай (формульнай) масы. Пры гэтым яе велічыня, выражаная ў г/моль, лікава роўная адноснай малекулярнай ці адноснай атамнай масе рэчыва. На падставе гэтага мы ў далейшым і будзем разлічваць малярную масу рэчываў пры правядзенні разлікаў.

Пры вылічэннях трэба таксама памятаць аб адзінках кожнай з велічынь і, пры неабходнасці, ператвараць іх у дольныя або кратныя адзінкі.

Прыклад 1. *Звычайная сталовая шклянка змяшчае 250 г вады. Разлічыце хімічную колькасць вады, якая змяшчаецца ў цалкам запоўненай вадой шклянцы.*

Дадзена:
$m(H_2O) = 250$ г

$n(H_2O)$ — ?

Рашэнне

1. Для разліку хімічнай колькасці вады выкарыстаем формулу

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)}.$$

2. Разлічым адносную малекулярную масу H_2O:

$$M_r(H_2O) = 2 \cdot A_r(H) + A_r(O) = 2 \cdot 1 + 16 = 18.$$

Такім чынам, малярная маса $M(H_2O) = 18$ г/моль.

3. Падставім вядомыя велічыні ў формулу і правядзём вылічэнне:

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{250\text{ г}}{18\text{ г/моль}} = 13{,}9\text{ моль}.$$

Адказ: $n(H_2O) = 13{,}9$ моль.

Разлік колькасці хімічнага рэчыва па яго масе можа спатрэбіцца і ў больш складаных хімічных задачах. У гэтым выпадку, зыходзячы з даных задачы, спачатку неабходна разлічыць масу рэчыва, а затым — яго хімічную колькасць.

Прыклад 2. *Для кансервавання гародніны ў хатняй гаспадарцы выкарыстоўваецца сумесь, якая складаецца з кухоннай солі NaCl і вады, у якой масавая доля NaCl роўна 12,5 %. Разлічыце хімічную колькасць кухоннай солі, якая змяшчаецца ў сумесі для кансервавання масай 2,56 кг.*

Правообладатель Народная асвета

Дадзена:
$m(NaCl + H_2O) = 2{,}56$ кг
$w(NaCl) = 12{,}5$ %

$n(NaCl)$ — ?

Рашэнне

1. З курса хіміі 7-га класа вядома, што масавая доля рэчыва ў сумесі роўная адносінам масы гэтага рэчыва да масы сумесі:

$$w(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{m(NaCl + H_2O)}.$$

2. Выразім з гэтай формулы масу NaCl, падставім вядомыя велічыні з умовы задачы і правядзём вылічэнні:

$$m(NaCl) = w(NaCl) \cdot m(NaCl + H_2O) = 0{,}125 \cdot 2{,}56 \text{ кг} = 0{,}320 \text{ кг} = 320 \text{ г}.$$

3. Для разліку хімічнай колькасці NaCl выкарыстаем формулу

$$n(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{M(NaCl)}.$$

4. Разлічым адносную малекулярную масу NaCl:

$$M_r(NaCl) = A_r(Na) + A_r(Cl) = 23 + 35{,}5 = 58{,}5.$$

Такім чынам, малярная маса $M(NaCl) = 58{,}5$ г/моль.

5. Падставім вядомыя велічыні ў формулу і правядзём вылічэнні:

$$n(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{M(NaCl)} = \frac{320 \text{ г}}{58{,}5 \text{ г/моль}} = 5{,}47 \text{ моль}.$$

Адказ: $n(NaCl) = 5{,}47$ моль.

Прыклад 3. *Для правядзення аднаго з хімічных аналізаў выкарыстоўваецца раствор, у якім змяшчаецца 0,250 моль сернай кіслаты H_2SO_4. Разлічыце масу сернай кіслаты, якая ўтрымліваецца ў гэтым растворы:*

Дадзена:
$n(H_2SO_4) = 0{,}250$ моль

$m(H_2SO_4)$ — ?

Рашэнне

1. Для разліку масы сернай кіслаты выкарыстаем формулу:

$$m(H_2SO_4) = n(H_2SO_4) \cdot M(H_2SO_4).$$

2. Разлічым адносную малекулярную масу H_2SO_4:

$$M_r(H_2SO_4) = 2 \cdot A_r(H) + A_r(S) + 4 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98.$$

Такім чынам, малярная маса $M(H_2SO_4) = 98$ г/моль.

Правообладатель Народная асвета

3. Падставім вядомыя велічыні ў формулу і правядзём вылічэнне:

$$m(H_2SO_4) = n(H_2SO_4) \cdot M(H_2SO_4) = 0{,}250 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 24{,}5 \text{ г}.$$

Адказ: $m(H_2SO_4) = 24{,}5$ г.

? Пытанні і заданні

1. Разлічыце хімічную колькасць:

а) H_2O у навесцы масай 14,8 кг;
б) Na_2O у навесцы масай 280 г;
в) FeO у навесцы масай 850 мг;
г) $Ca(OH)_2$ у навесцы масай 48,8 т.

2. Чаму роўная маса порцыі, якая змяшчае:

а) 4,50 моль H_3PO_4;
б) 0,0240 моль $FeCl_3$;
в) 1,84 моль NaOH;
г) 880 моль $CaCO_3$?

Рыхтуемся да алімпіяд. У 1,0 дм^3 крыві чалавека змяшчаецца прыкладна 9,0 г хларыду натрыю NaCl. Прыняўшы, што ў сярэднім у чалавека 5,0 дм^3 крыві, разлічыце хімічную колькасць хларыду натрыю, які змяшчаецца ў крыві чалавека.

§ 7. Вылічэнне хімічнай колькасці газу па яго аб'ёме і аб'ёму газу па яго хімічнай колькасці

Да характарыстык порцыі рэчыва, акрамя масы, хімічнай колькасці і колькасці часціц, адносіцца і яе аб'ём. Для рэчываў, якія знаходзяцца ў кандэнсаваным (цвёрдым або вадкім) стане, аб'ём порцыі, у адрозненне ад газаў, практычна не залежыць ад знешніх умоў (ціску і тэмпературы).

Зусім іншая сітуацыя ў рэчываў, якія знаходзяцца ў газападобным стане. Як вы ўжо ведаеце (гл. § 5), пры зададзеных знешніх умовах (ціск, тэмпература) аб'ём порцыі газу не залежыць ад таго, які гэта газ (г. зн. які памер маюць яго часціцы і з якіх атамаў яны складаюцца), а вызначаецца толькі колькасцю часціц. Лік часціц характарызуюць з дапамогай хімічнай колькасці рэчыва. Гэта дазваляе разлічваць аб'ём газу па яго хімічнай колькасці і хімічную колькасць па яго аб'ёме.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 1. *Разлічыце хімічную колькасць метану CH_4 у яго порцыі аб'ёмам (н. у.) 100 м^3.*

Дадзена:
$V(CH_4) = 100$ м^3 $= 100 \cdot 10^3$ дм^3

$n(CH_4)$ — ?

Рашэнне

1. Для разліку хімічнай колькасці CH_4 выкарыстаем формулу

$$n(CH_4) = \frac{V(CH_4)}{V_m},$$

дзе $V_m = 22{,}4$ дм^3/моль — малярны аб'ём газу пры н. у.

2. Падставім вядомыя велічыні ў формулу і правядзём вылічэнні:

$$n(CH_4) = \frac{V(CH_4)}{V_m} = \frac{100 \cdot 10^3 \text{ дм}^3}{22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 4{,}46 \cdot 10^3 \text{ моль}.$$

Адказ: $n(CH_4) = 4{,}46 \cdot 10^3$ моль.

Разлік хімічнай колькасці газу па яго аб'ёме можа спатрэбіцца пры вылічэнні масы порцыі газу. Гэта лёгка зрабіць, паколькі мы ўжо ведаем (гл. § 6), як з дапамогай хімічнай колькасці рэчыва (незалежна ад яго агрэгатнага стану) разлічыць масу порцыі. Пры разліках, звязаных з паветрам, неабходна памятаць, што сярэдняя малярная маса паветра пры н. у. роўна 29 г/моль, а 21 % яго аб'ёму складае кісларод, 78 % — азот і 1 % — астатнія газы.

Прыклад 2. *Стандартны стальны балон з кіслародам (блакітнага колеру) пры поўнай запраўцы змяшчае кісларод аб'ёмам (н. у.) 6,0 м^3. Разлічыце масу кіслароду, які змяшчаецца ў цалкам* ***запраўленым стандартным кіслародным балоне.***

Дадзена:
$V(O_2) = 6{,}0$ м^3 $= 6{,}0 \cdot 10^3$ дм^3

$m(O_2)$ — ?

Рашэнне

1. Для разліку масы кіслароду нам спатрэбіцца спачатку вылічыць яго хімічную колькасць. Для гэтага выкарыстаем формулу

$$n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m},$$

дзе $V_m = 22{,}4$ дм^3/моль — малярны аб'ём газу пры н. у.

Правообладатель Народная асвета

2. Падставім вядомыя велічыні ў формулу і правядзём вылічэнне:

$$n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m} = \frac{6{,}0 \cdot 10^3 \text{ дм}^3}{22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 268 \text{ моль}.$$

3. Масу кісларoду разлічым па формуле

$$m(O_2) = n(O_2) \cdot M(O_2).$$

4. Для вызначэння малярнай масы O_2 **неабходна разлічыць яго адносную малекулярную масу:**

$$M_r(O_2) = 2 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 16 = 32.$$

Такім чынам, малярная маса кісларoду $M(O_2) = 32$ г/моль.

5. Падставім вядомыя велічыні ў формулу і правядзём вылічэнне:

$$m(O_2) = n(O_2) \cdot M(O_2) = 268 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 8{,}58 \cdot 10^3 \text{ г} = 8{,}58 \text{ кг}.$$

Адказ: $m(O_2) = 8{,}58$ кг.

Прыклад 3. *Які аб'ём (н. у.) займае аміяк NH_3 хімічнай колькасцю 0,350 моль?*

Дадзена:	Рашэнне
$n(NH_3) = 0{,}350$ моль	1. Для разліку аб'ёму аміяку выкарыстаем формулу $V(NH_3) = n(NH_3) \cdot V_m$,
$V(NH_3)$ — ?	

дзе $V_m = 22{,}4$ дм^3/моль — малярны аб'ём газу пры н. у.

2. Падставім вядомыя велічыні ў формулу і правядзём вылічэнне:

$$V(NH_3) = n(NH_3) \cdot V_m = 0{,}350 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 7{,}84 \text{ дм}^3.$$

Адказ: $V(NH_3) = 7{,}84$ дм^3.

Разлік аб'ёму газу па хімічнай колькасці вельмі зручна выкарыстоўваць пры разліках аб'ёму сумесі газаў. Паколькі аб'ём газу, а таксама сумесі газаў не залежыць ад **віду часціц, якія ў іх змяшчаюцца**, а вызначаецца толькі іх лікам, то аб'ём сумесі газаў можна лёгка разлічыць па хімічнай колькасці ўсіх кампанентаў у ёй. Як гэта зрабіць, мы разгледзім у наступным прыкладзе.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 4. *Газавая сумесь складаецца з вадароду H_2 хімічнай колькасцю 3,80 моль і азоту N_2 хімічнай колькасцю 0,70 моль. Разлічыце аб'ём гэтай газавай сумесі пры н. у.*

Дадзена:	Рашэнне
$n(H_2) = 3{,}80$ моль $n(N_2) = 0{,}70$ моль	1. Для разліку аб'ёму газавай сумесі выкарыстаем формулу
$V(H_2 + N_2)$ — ?	$V(H_2 + N_2) = n(H_2 + N_2) \cdot V_m$,

дзе $V_m = 22{,}4$ дм^3/моль — малярны аб'ём газу пры н. у.

2. Хімічная колькасць газаў у сумесі роўная суме хімічных колькасцей кампанентаў:

$$n(H_2 + N_2) = n(H_2) + n(N_2) = 3{,}80 \text{ моль} + 0{,}70 \text{ моль} = 4{,}50 \text{ моль}.$$

3. Падставім вядомыя велічыні ў формулу і правядзём вылічэнне:

$$V(H_2 + N_2) = n(H_2 + N_2) \cdot V_m = 4{,}50 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 101 \text{ дм}^3.$$

Адказ: $V(H_2 + N_2) = 101$ дм^3.

? Пытанні і заданні

1. Разлічыце аб'ём, які займаюць пры н. у. наступныя порцыі газаў:
   а) 560 моль CO_2; б) 0,080 моль O_3;
   в) 2,40 моль NH_3; г) 12,8 моль N_2.
2. Чаму роўная хімічная колькасць:
   а) аміяку NH_3 у яго порцыі аб'ёмам (н. у.) 100 дм^3;
   б) сярністага газу SO_2 у яго порцыі аб'ёмам (н. у.) 200 см^3?
3. Газавая сумесь складаецца з кісларoду аб'ёмам (н. у.) 12,4 дм^3 і азону аб'ёмам 16,8 дм^3. Якая колькасць атамаў кісларoду ўтрымліваецца ў гэтай сумесі?
4. Газавая сумесь складаецца з азоту масай 120 г і кісларoду масай 140 г. Разлічыце аб'ём гэтай газавай сумесі пры н. у.

Рыхтуемся да алімпіяд. Даўжыня, шырыня і вышыня пакоя адпаведна роўны 3,20 м, 4,40 м і 2,80 м. Пакой запоўнены паветрам пры н. у. Разлічыце масу паветра ў гэтым пакоі.

Практычная работа 1

Хімічная колькасць рэчыва

Мэта работы: замацаваць веды па тэме «Хімічная колькасць рэчыва». Умець выконваць разлікі з выкарыстаннем паняцця «моль». Развіваць уменне працаваць з хімічнымі рэчывамі і лабараторным абсталяваннем.

Правообладатель Народная асвета

Заданне 1. Вызначэнне хімічнай колькасці і аб'ёму вадкага рэчывы (вады)

а) *Вызначэнне хімічнай колькасці вадкага рэчыва (вады)*

Адмерайце пры дапамозе мернага цыліндра ваду аб'ёмам 10 см^3, 36 см^3, 45 см^3 (па ўказанні настаўніка). З хімічнай шклянкі або колбы налівайце ваду ў цыліндр і сачыце за напаўненнем да патрэбнага аб'ёму (вызначайце па ніжнім меніску). Разлічыце хімічную колькасць вады (у молях) у гэтай порцыі.

б) *Разлік аб'ёму вады пэўнай хімічнай колькасці*

Разлічыце масу вады хімічнай колькасцю 1; 1,5; 2,5 моль (па ўказанні настаўніка). Які аб'ём займае ваша порцыя вады? Улічыце, што шчыльнасць вады роўна 1 г/см^3.

Адмерайце мерным цыліндрам дадзены аб'ём вады.

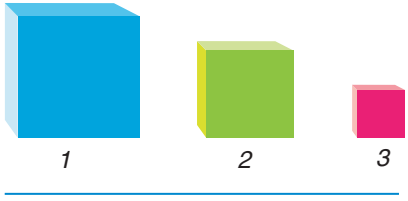
Заданне 2. Вызначэнне хімічнай колькасці і масы газападобнага рэчыва

а) *Вызначэнне хімічнай колькасці газападобнага рэчыва*

Вымерайце лінейкай даўжыню (мм) рабра паказанага куба (*1*, *2* ці *3*) і прыміце ўмоўна, што гэтая велічыня выражана ў *дэцыметрах (дм)*.

Вызначце аб'ём куба па вядомай вам формуле $V = a^3$.

Уявіце сабе, што куб запоўнены азотам N_2 пры н. у. Разлічыце хімічную колькасць азоту N_2 у кубе (мал. 12).



Мал. 12. Вызначэнне хімічнай колькасці і масы рэчыва

б) Разлік масы пэўнай хімічнай колькасці газападобнага рэчыва

Разлічыце масу (г) азоту ў кубе.

Дадатковае заданне. Зрабіце падобныя вылічэнні для вуглякіслага газу CO_2 і серавадароду H_2S.

Заданне 3. Разлік масы і ўзважванне цвёрдага рэчыва

а) *Разлік масы пэўнай хімічнай колькасці цвёрдага рэчыва*

Разлічыце масу соды Na_2CO_3 (або іншага рэчыва па ўказанні настаўніка) хімічнай колькасцю 0,02; 0,03; 0,05 моль.

б) *Узважванне цвёрдага рэчыва*

Прывядзіце вагі з пустой ёмістасцю (папяровая шкляначка, скрутак і інш.) на левай чашы ў раўнавагу. На правую чашу вагаў пастаўце гіркі, якія адпавядаюць разлічанай масе рэчыва. Невялікімі порцыямі насыпце ў ёмістасць рэчыва да ўраўнаважвання чашаў вагаў.

Складзіце справаздачу аб праведзенай працы.

Правообладатель Народная асвета

Дамашні эксперымент

1. Разлічыце аб'ём ($м^3$) вашага пакоя, перамножыўшы яго шырыню, даўжыню і вышыню. Вылічыце аб'ём, хімічную колькасць і лік малекул кісларoду ў пакоі, калі вядома, што ўтрыманне кісларoду ў паветры складае 21 % ад агульнага аб'ёму паветра.

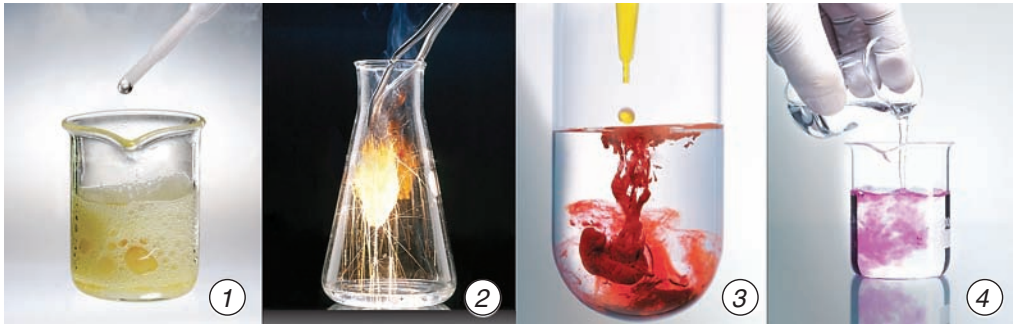
2. Растварыце чайную лыжку цукру у шклянцы вады. Прыміце, што маса цукру ($C_{12}H_{22}O_{11}$) роўна 3,42 г, а маса вады — 180 г. Разлічыце агульную колькасць усіх малекул у прыгатаваным растворы.

§ 8. Хімічныя рэакцыі

Мы жывём у свеце хімічных ператварэнняў рэчываў, якія праходзяць не толькі ў хімічных лабараторыях або на прамысловых прадпрыемствах. Яны адбываюцца ўсюды — у нетрах Зямлі, на яе паверхні, у акіяне, у атмасферы. У хіміі працэсы ператварэння адных рэчываў у іншыя называюцца **хімічнымі рэакцыямі**. У працэсе хімічных рэакцый адны рэчывы разбураюцца, іншыя — утвараюцца, але атамы, з якіх яны пабудаваны, адны і тыя ж. Іншымі словамі, пры хімічных рэакцыях атамы не знікаюць і не ўзнікаюць зноў, іх лік застаецца нязменным. Яны толькі злучаюцца паміж сабой у іншых камбінацыях, утвараючы новыя рэчывы.

Ураўненне хімічнай рэакцыі

Адрозніць хімічную рэакцыю ад іншых працэсаў можна па пэўных характэрных прыметах: *змене колеру, выдзяленні газу, утварэнні або знікненні асадку, выпраменьванні святла, выдзяленні цеплаты і з'яўленні паху* (мал. 13).



Мал. 13. Прыметы хімічных рэакцый: *1* — выдзяленне газу, *2* — выпраменьванне святла і вылучэнне цеплаты, *3* — утварэнне асадку, *4* — змена колеру

Правообладатель Народная асвета

Сутнасць любой хімічнай рэакцыі адлюстроўваецца ўмоўным запісам, які называецца *ўраўненнем хімічнай рэакцыі* або проста *хімічным ураўненнем*. Умоўным ён называецца таму, што хімікі дамовіліся (умовіліся) пры запісе ўраўненняў выкарыстоўваць пэўныя сімвалы — формулы рэчываў, знакі «+» і «=», стрэлкі, накіраваныя ўверх «↑» (для абазначэння газаў, якія вылучаюцца) і ўніз «↓» (для абазначэння ўтварэння нерастваральных рэчываў — асадкаў), і некаторыя іншыя сімвалы. Напрыклад:

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2\uparrow;$$
$$AgNO_3 + NaCl = NaNO_3 + AgCl\downarrow.$$

Ураўненне хімічнай рэакцыі падобнае на матэматычнае ўраўненне і складаецца з дзвюх частак (левай і правай), злучаных знакам роўнасці. У левай частцы ўраўнення запісваюцца формулы рэчываў, якія ўступаюць у рэакцыю (рэагентаў), а ў правай — формулы рэчываў, якія ўтвараюцца (прадуктаў), злучаныя знакам «+». Напрыклад, ураўненне рэакцыі гарэння метану ў кіслародзе мае выгляд:

$$CH_4 + 2O_2 \overset{t}{=} CO_2 + 2H_2O.$$

Пры напісанні ўраўненняў рэакцыі простых рэчываў фосфару P_4 і серы S_8 іх прынята запісваць у выглядзе аднаатамных малекул **P** і **S**.

Лікі, якія стаяць ва ўраўненні перад формуламі рэчываў, называюць **каэфіцыентамі.** Калі ва ўраўненні рэакцыі перад формулай рэчыва няма каэфіцыента, то лічыцца, што ён роўны 1. Каэфіцыент перад формулай кожнага рэчыва паказвае суадносіны атамаў, малекул або формульных адзінак гэтага рэчыва, якія прымаюць удзел у рэакцыі.

Для састаўлення ўраўненняў хімічных рэакцый неабходна выконваць наступны парадак дзеянняў.

1. Саставіць схему рэакцыі, г. зн. запісаць злева формулы зыходных рэчываў, справа — прадуктаў рэакцыі, паставіць паміж абедзвюма часткамі схемы стрэлку «→».

2. Перад формуламі рэчываў расставіць каэфіцыенты, г. зн. ураўнаваць колькасці атамаў кожнага хімічнага элемента ў абедзвюх частках схемы.

3. Замяніць у схеме рэакцыі стрэлку на знак роўна «=».

Тыпы хімічных рэакцый

Пры вывучэнні хіміі ў 7-м класе вы пазнаёміліся з чатырма тыпамі хімічных рэакцый: *раскладання, злучэння, замяшчэння* і *абмену*.

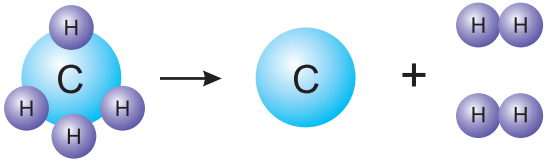
Правообладатель Народная асвета

Рэакцыі, у якіх з аднаго зыходнага рэчыва (абавязкова складанага) утвараюцца некалькі новых (простых або складаных) рэчываў, адносяць да рэакцый **раскладання**, напрыклад:

$$CaCO_3 \xrightarrow{t} CaO + CO_2\uparrow;$$

$$2KMnO_4 \xrightarrow{t} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow;$$

$$CH_4 \xrightarrow{t} C + 2H_2\uparrow \text{ (мал. 14).}$$



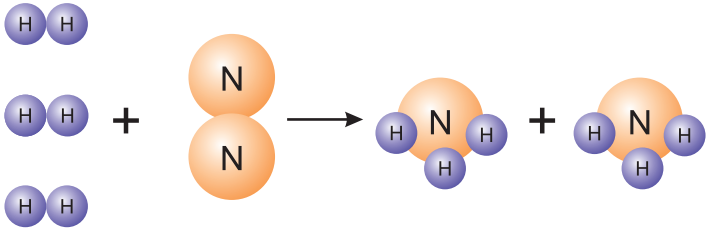
Мал. 14. Схема рэакцыі раскладання

Да рэакцый **злучэння** адносяць рэакцыі, у якіх з некалькіх рэчываў (простых або складаных) утвараецца толькі адно (абавязкова складанае) рэчыва, напрыклад:

$$2Ca + O_2 = 2CaO;$$

$$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3;$$

$$3H_2 + N_2 = 2NH_3 \text{ (мал. 15).}$$



Мал. 15. Схема рэакцыі злучэння

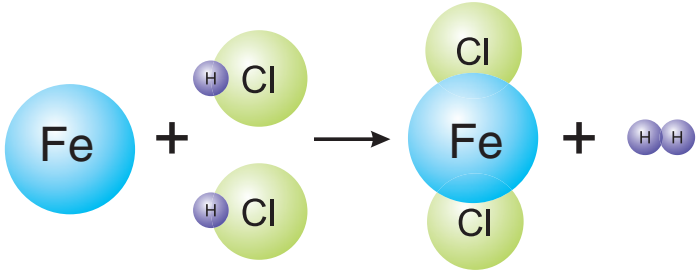
Рэакцыі, у ходзе якіх атамы простага рэчыва замяшчаюць атамы аднаго з элементаў у складаным рэчыве, адносяць да рэакцый **замяшчэння**. У рэакцыі замяшчэння рэагентамі з'яўляюцца простае і складанае рэчывы, а прадуктамі — новае простае і новае складанае рэчывы, напрыклад:

$$CuO + H_2 \xrightarrow{t} Cu + H_2O\uparrow;$$

$$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2\uparrow;$$

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2\uparrow \text{ (мал. 16).}$$

Правообладатель Народная асвета



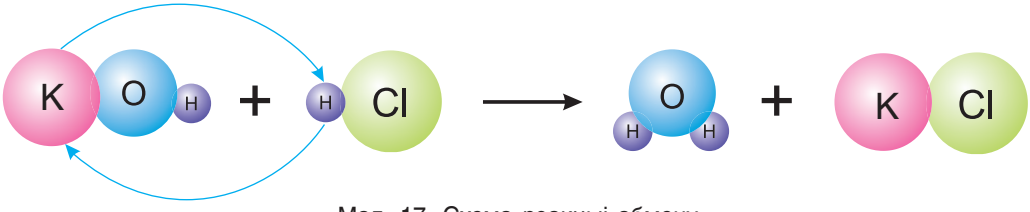
Мал. 16. Схема рэакцыі замяшчэння

Калі ў ходзе хімічнай рэакцыі складаныя рэчывы абменьваюцца сваімі састаўнымі часткамі, то такія рэакцыі адносяць да рэакцый **абмену,** напрыклад:

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O;$$

$$CuSO_4 + BaCl_2 = CuCl_2 + BaSO_4\downarrow;$$

$$KOH + HCl = KCl + H_2O \text{ (мал. 17).}$$



Мал. 17. Схема рэакцыі абмену

Пры далейшым вывучэнні хіміі вы пазнаёміцеся і з іншымі тыпамі хімічных рэакцый.

Хімічная рэакцыя — гэта з'ява, пры якой адбываюцца ператварэнні адных рэчываў у іншыя.

Хімічнае ўраўненне — гэта ўмоўны запіс хімічнай рэакцыі.

У залежнасці ад колькасці і саставу рэчываў, якія ў іх удзельнічаюць, рэакцыі можна аднесці да аднаго з чатырох тыпаў: злучэння, раскладання, замяшчэння і абмену.

Правообладатель Народная асвета

? Пытанні і заданні

1. Вызначце, у якіх выпадках працякае хімічная рэакцыя, і патлумачце чаму:

а) утварэнне апілак пры распілоўванні драўніны;
б) гарэнне бенгальскага агню;
в) пачарненне сярэбранага ланцужка з часам;
г) моцнае награванне свердла пры свідраванні цаглянай сцяны;
д) падсмажванне мяса на патэльні.

2. Прывядзіце тры прыклады працэсаў з паўсядзённага жыцця, у ходзе якіх працякаюць хімічныя рэакцыі.

3. Як называюцца і што паказваюць лічбы, якія стаяць перад формуламі рэчываў ва ўраўненнях хімічных рэакцый?

4. Чым схема хімічнай рэакцыі адрозніваецца ад ураўнення хімічнай рэакцыі? Запішыце па адным прыкладзе схемы і ўраўнення хімічнай рэакцыі.

5. Расстаўце каэфіцыенты ў наступных схемах хімічных рэакцый:

а) $H_2 + N_2 \rightarrow NH_3$; б) $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$;
в) $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$; г) $P + O_2 \rightarrow P_2O_5$;
д) $HgO \rightarrow Hg + O_2$; е) $Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + H_2O$.

6. Замяніце знакі пытанняў на формулы неабходных рэчываў і расстаўце каэфіцыенты ў атрыманых схемах хімічных рэакцый. Для кожнай рэакцыі вызначце яе тып:

а) $? + O_2 \rightarrow H_2O$; б) $Zn + ? \rightarrow ZnSO_4 + H_2$;
в) $Cu + O_2 \rightarrow ?$; г) $? + H_2O \rightarrow NaOH$.

7. Запішыце па два прыклады ўраўненняў рэакцый:

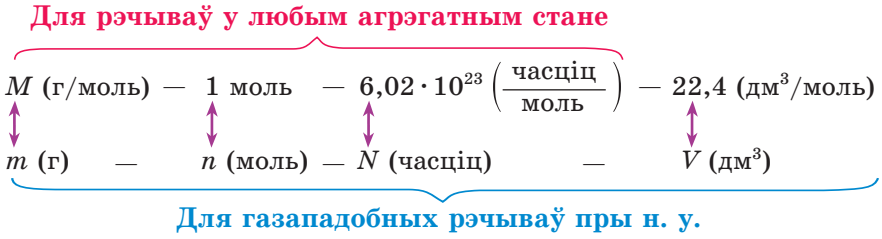
а) злучэння; б) разлажэння;
в) замяшчэння; г) абмену.

§ 9. Колькасныя разлікі па ўраўненнях хімічных рэакцый

З папярэдніх параграфаў вы даведаліся, як звязаныя паміж сабой такія характарыстыкі порцыі любога рэчыва, як яго маса, хімічная колькасць, аб'ём (для газаў) і лік часціц. Цяпер вы можаце, ведаючы адну з гэтых велічынь, разлічыць усе астатнія.

Узаемасувязь паміж усімі названымі характарыстыкамі рэчываў можна выказаць адзінай схемай, якую вы бачыце на старонцы 39.

Правообладатель Народная асвета



Хімія як навука вывучае не толькі рэчывы, але і іх ператварэнні. У гэтым параграфе вы даведаецеся, якія разлікі можна праводзіць па ўраўненнях хімічных рэакцый. **Як можна разлічыць масу, хімічную колькасць або аб'ём (для газаў) рэчываў, якія ўтварыліся (г. зн. прадуктаў) у выніку рэакцыі? Якую масу, хімічную колькасць або аб'ём (для газаў) зыходных рэчываў (г. зн. рэагентаў) неабходна ўзяць, каб атрымаць зададзеную колькасць прадуктаў рэакцыі?**

Каэфіцыенты ва ўраўненні хімічнай рэакцыі паказваюць суадносіны паміж лікам часціц (атамаў, малекул або формульных адзінак), якія ўдзельнічаюць у рэакцыі. Акрамя таго, яны таксама паказваюць ***суадносіны паміж хімічнымі колькасцямі*** ўсіх рэчываў, якія ўдзельнічаюць у рэакцыі. Менавіта гэта мы з вамі і будзем выкарыстоўваць пры рашэнні ўсіх хімічных задач, у якіх неабходна правесці разлікі па ўраўненні рэакцыі.

Для прыкладу разгледзім ураўненне хімічнай рэакцыі:

$$Fe_3O_4 + 4H_2 = 3Fe + 4H_2O.$$

Калі, напрыклад, у нашым распараджэнні ёсць 1 моль Fe_3O_4, то якая хімічная колькасць H_2 нам спатрэбіцца для рэакцыі? З ураўнення вынікае, што нам неабходна 4 моль H_2. Пры гэтым у выніку праходжання рэакцыі ўтворацца 3 моль Fe і 4 моль H_2O. А што адбудзецца, калі для рэакцыі мы возьмем не 1 моль, а 6 моль Fe_3O_4? Паколькі хімічную колькасць Fe_3O_4 мы павялічылі ў 6 разоў (з 1 моль да 6 моль), то і ўсе астатнія хімічныя колькасці таксама павялічацца ў 6 разоў. У гэтым выпадку для рэакцыі неабходна 4 моль · 6 = 24 моль H_2, а ў выніку рэакцыі ўтвараюцца 3 моль · 6 = 18 моль Fe і 4 моль · 6 = 24 моль H_2O.

А як зменяцца колькасці ўсіх рэчываў, калі хімічную колькасць Fe_3O_4 не павялічыць, а паменшыць, напрыклад, у 4 разы: $n(Fe_3O_4) = \frac{1\text{ моль}}{4} = 0{,}25$ моль? Напэўна, вы здагадаліся, што ўсе велічыні адпаведна паменшацца ў 4 разы і стануць роўнымі $n(H_2) = 1$ моль, $n(Fe) = 0{,}75$ моль і $n(H_2O) = 1$ моль.

Правообладатель Народная асвета

Параўноўваючы каэфіцыенты, якія стаяць перад рознымі рэчывамі ў прыведзеным ураўненні, мы можам зрабіць наступныя вывады.

1. Паколькі каэфіцыент перад H_2 у 4 разы большы, чым каэфіцыент перад Fe_3O_4 (ён роўны 1), то хімічная колькасць H_2, неабходнага для рэакцыі з Fe_3O_4, заўсёды будзе ў 4 разы большая за ўзятую хімічную колькасць Fe_3O_4. Матэматычна гэта можна запісаць у выглядзе ўраўнення $n(H_2) = 4 \cdot n(Fe_3O_4)$. І наадварот, хімічная колькасць Fe_3O_4 будзе заўсёды ў 4 разы меншая за ўзятую хімічную колькасць вадароду, або ў матэматычнай форме $n(Fe_3O_4) = \frac{n(H_2)}{4}$.
2. Хімічная колькасць Fe, якое ўтвараецца, заўсёды будзе ў 3 разы большая за хімічную колькасць узятага для рэакцыі Fe_3O_4, або ў матэматычнай форме $n(Fe) = 3 \cdot n(Fe_3O_4)$. І наадварот, $n(Fe_3O_4) = \frac{1}{3} n(Fe)$.
3. Хімічная колькасць H_2O, якая ўтвараецца, заўсёды будзе роўная хімічнай колькасці H_2, які быў выкарыстаны ў рэакцыі, або $n(H_2O) = n(H_2)$. Адпаведна, у дадзеным выпадку справядліва і адваротнае сцверджанне $n(H_2) = n(H_2O)$.

Акрамя прыведзеных, можна вывесці і іншыя суадносіны паміж хімічнымі колькасцямі рэчываў, якія ўдзельнічаюць у рэакцыі, што разглядаецца. **Такія суадносіны паказаны ніжэй. Паспрабуйце самастойна разабрацца, як яны атрыманы:**

$$n(H_2) = \frac{4}{3} n(Fe); \qquad n(Fe) = \frac{3}{4} n(H_2);$$

$$n(Fe_3O_4) = \frac{1}{4} n(H_2O); \qquad n(H_2O) = 4 \cdot n(Fe_3O_4);$$

$$n(Fe) = \frac{3}{4} n(H_2O); \qquad n(H_2O) = \frac{4}{3} n(Fe).$$

У залежнасці ад таго, аб якіх рэчывах ідзе гаворка ў задачы, пры рашэнні можа спатрэбіцца адна або некалькі такіх суадносін. З іх дапамогай мы лёгка зможам разлічыць хімічную колькасць любога рэчыва, а на аснове яго — усе астатнія велічыні (масу, лік часціц і аб'ём (для газаў)).

Цалкам ясна, што перад рашэннем хімічнай задачы, у якой неабходна праводзіць разлікі па ўраўненні хімічнай рэакцыі, абавязкова трэба расставіць каэфіцыенты. Калі яны не расстаўленыя або расстаўлены няправільна, то прыведзеныя вышэй суадносіны паміж колькасцямі рэчываў будуць памылковымі. Гэта не дасць магчымасць атрымаць дакладны вынік пры рашэнні задачы.

Правообладатель Народная асвета

Такім чынам, для рашэння хімічнай задачы неабходна:

1. **Зразумець з умовы задачы, якая рэакцыя працякае, якія рэчывы ў гэтай рэакцыі з'яўляюцца зыходнымі (рэагенты), а якія — утвараюцца (прадукты).**
2. **Скласці схему хімічнай рэакцыі, якая працякае.**
3. **Расставіць каэфіцыенты ў схеме, ператварыўшы яе ва ўраўненне хімічнай рэакцыі.**
4. **З ураўнення рэакцыі ўстанавіць залежнасць паміж хімічнымі колькасцямі рэчываў, аб якіх ідзе гаворка ў задачы.**
5. **Правесці неабходныя матэматычныя разлікі.**

Разгледзім на прыкладах некаторыя віды разлікаў, якія можна праводзіць па ўраўненнях хімічных рэакцый.

Прыклад 1. *Разлічыце масу жалезнай акаліны Fe_3O_4, якая ўтвараецца пры поўным згаранні жалеза масай 6,80 г у кіслародзе.*

Дадзена:	Рашэнне
$m(Fe) = 6{,}80$ г	1. Запішам ураўненне рэакцыі, якая працякае:
$m(Fe_3O_4)$ — ?	$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$.

2. Вызначым малярныя масы Fe і Fe_3O_4:

$$A_r(Fe) = 56, \text{ значыць, } M(Fe) = 56 \text{ г/моль};$$

$$M_r(Fe_3O_4) = 3 \cdot A_r(Fe) + 4 \cdot A_r(O) = 3 \cdot 56 + 4 \cdot 16 = 232, \text{ значыць,}$$

$$M(Fe_3O_4) = 232 \text{ г/моль}.$$

3. Знойдзем хімічную колькасць жалеза:

$$n(Fe) = \frac{m(Fe)}{M(Fe)} = \frac{6{,}80 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0{,}121 \text{ моль}.$$

4. Па хімічнай колькасці жалеза вызначым хімічную колькасць аксіду жалеза Fe_3O_4. З ураўнення рэакцыі вынікае, што

$$n(Fe_3O_4) = \frac{n(Fe)}{3}.$$

Таму

$$n(Fe_3O_4) = \frac{0{,}121 \text{ моль}}{3} = 0{,}0403 \text{ моль}.$$

Правообладатель Народная асвета

5. Разлічым масу Fe_3O_4, які ўтварыўся:

$$m(Fe_3O_4) = n(Fe_3O_4) \cdot M(Fe_3O_4) = 0{,}0403 \text{ моль} \cdot 232 \text{ г/моль} = 9{,}35 \text{ г}.$$

Адказ: $m(Fe_3O_4) = 9{,}35$ г.

У выпадку газападобных рэчываў каэфіцыенты ва ўраўненні рэакцыі паказваюць не толькі суадносіны хімічных колькасцей рэчываў, але і суадносіны аб'ёмаў. У гэтым выпадку не трэба разлічваць хімічныя колькасці рэчываў, а можна адразу выкарыстоўваць суадносіны іх аб'ёмаў.

Прыклад 2. *Пры згаранні аміяку NH_3 у кіслародзе O_2 утвараюцца газападобныя азот N_2 і вада H_2O. Разлічыце аб'ём (н. у.) азоту, які ўтвараецца пры поўным згаранні аміяку аб'ёмам (н. у.) 120 дм^3. Кісларод якога аб'ёму (н. у.) спатрэбіцца для поўнага спальвання названай порцыі аміяку?*

Дадзена:
$V(NH_3) = 120$ дм^3

$V(N_2)$ — ?
$V(O_2)$ — ?

Рашэнне

1. Запішам ураўненне рэакцыі, якая працякае:

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O.$$

2. Разлічым аб'ём азоту, які ўтварыўся. З ураўнення рэакцыі вынікае:

$$V(N_2) = \frac{2 \cdot V(NH_3)}{4} = \frac{V(NH_3)}{2}.$$

Таму

$$V(N_2) = \frac{V(NH_3)}{2} = \frac{120 \text{ дм}^3}{2} = 60 \text{ дм}^3.$$

3. Знойдзем аб'ём кіслароду (н. у.). З ураўнення рэакцыі вынікае:

$$V(O_2) = \frac{3 \cdot V(NH_3)}{4}.$$

Таму

$$V(O_2) = \frac{3 \cdot 120 \text{ дм}^3}{4} = 90 \text{ дм}^3.$$

Адказ: $V(N_2) = 60$ дм^3,
$V(O_2) = 90$ дм^3.

Прыклад 3. *Пры прапусканні газападобнага хлору Cl_2 над нагрэтым да высокай тэмпературы жалезам утвараецца $FeCl_3$. Разлічыце масу жалеза і аб'ём (н. у.) хлору, які неабходны для атрымання $FeCl_3$ масай 100 г.*

Правообладатель Народная асвета

Дадзена:
$m(FeCl_3) = 100$ г

$m(Fe)$ — ?
$V(Cl_2)$ — ?

Рашэнне

1. Запішам ураўненне рэакцыі, якая працякае:

$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3.$$

2. Вызначым малярныя масы Fe і $FeCl_3$:

$$A_r(Fe) = 56, \text{ значыць, } M(Fe) = 56 \text{ г/моль};$$

$$M_r(FeCl_3) = A_r(Fe) + 3 \cdot A_r(Cl) = 56 + 3 \cdot 35{,}5 = 162{,}5,$$

значыць, $M(FeCl_3) = 162{,}5$ г/моль.

3. Знойдзем хімічную колькасць $FeCl_3$, які ўтварыўся:

$$n(FeCl_3) = \frac{m(FeCl_3)}{M(FeCl_3)} = \frac{100 \text{ г}}{162{,}5 \text{ г/моль}} = 0{,}615 \text{ моль}.$$

4. Разлічым масу зыходнага жалеза. З ураўнення рэакцыі вынікае, што $n(Fe) = n(FeCl_3) = 0{,}615$ моль. Таму

$$m(Fe) = n(Fe) \cdot M(Fe) = 0{,}615 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 34{,}4 \text{ г}.$$

5. Разлічым аб'ём (н. у.) зыходнага хлору. З ураўнення рэакцыі вынікае, што

$$n(Cl_2) = \frac{3 \cdot n(FeCl_3)}{2} = \frac{3 \cdot 0{,}615 \text{ моль}}{2} = 0{,}923 \text{ моль}.$$

Таму

$$V(Cl_2) = n(Cl_2) \cdot V_m = 0{,}923 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 20{,}7 \text{ дм}^3.$$

Адказ: $m(Fe) = 34{,}4$ г,
$V(Cl_2) = 20{,}7$ дм^3.

Праводзіць вылічэнні па ўраўненні хімічнай рэакцыі можна рознымі спосабамі. У гэтым параграфе вы пазнаёміліся з адным са спосабаў правядзення такіх разлікаў, але існуюць і іншыя. Пры далейшым вывучэнні хіміі вы даведаецеся аб іх. Звярніце ўвагу на галоўнае — усе разлікі заснаваныя на выкарыстанні каэфіцыентаў перад формуламі рэчываў ва ўраўненні рэакцыі.

? Пытанні і заданні

1. Пры згаранні вадароду ў кіслародзе ўтвараецца вада. Якая хімічная колькасць:

а) кіслароду неабходна для спальвання вадароду хімічнай колькасцю 8 моль;

Правообладатель Народная асвета

б) вадароду ўступіла ў рэакцыю, калі ўтварылася вада хімічнай колькасцю 12 моль;
в) вады ўтворыцца, калі ў рэакцыю ўступіць кісларод хімічнай колькасцю 9 моль;
г) вадароду ўступіла ў рэакцыю, калі зрасходаваўся кісларод хімічнай колькасцю 6 моль?

2. Алюміній згарае ў кіслародзе з утварэннем аксіду алюмінію. Запішыце шэсць матэматычных ураўненняў, якія выражаюць сувязь паміж хімічнымі колькасцямі рэчываў у гэтай рэакцыі.

3. Пры прапусканні газападобнага хлору Cl_2 над дробнакрышаным жалезам пры награванні ўтвараецца $FeCl_3$. Хлор якога аб'ёму (н. у.) спатрэбіцца для поўнага ператварэння ў $FeCl_3$ жалеза масай 100 г?

4. Для атрымання газападобнага хлоравадароду HCl у прамысловасці вадарод спальваюць у хлоры. Які аб'ём (н. у.) вадароду неабходны для атрымання такім спосабам хлоравадароду аб'ёмам (н. у.) 100 $м^3$?

5. Невялікія колькасці вадароду ў лабараторыі можна атрымаць уздзеяннем сернай кіслаты на цынк. Пры гэтым, акрамя вадароду, утворыцца сульфат цынку $ZnSO_4$. Разлічыце масу цынку, неабходнага для атрымання вадароду аб'ёмам (н. у.) 10,0 $дм^3$ па гэтай рэакцыі.

6. Аміяк NH_3 у прамысловых умовах атрымліваюць з азоту і вадароду. Разлічыце аб'ёмы (н. у.) азоту і вадароду, неабходныя для атрымання аміяку масай 500 г.

7. Пры поўным згаранні вугляроду і серы ў кіслародзе ўтвараюцца аксід серы(IV) і аксід вугляроду(IV). Разлічыце аб'ём (н. у.) кісларoду, неабходнага для поўнага спальвання сумесі масай 100 г, якая складаецца з серы і вугляроду, у якой масавая доля серы роўна 40 %.

8*. Карбанат кальцыю поўнасцю прарэагаваў з азотнай кіслатой, у выніку чаго ўтварылася новая соль масай 57,4 г. Разлічыце: а) масу зыходнага карбанату кальцыю; б) аб'ём (н. у.) вуглякіслага газу, які вылучыўся; в) хімічную колькасць кіслаты, якая прарэагавала.

Рыхтуемся да алімпіяд. Для абеззаражвання складскіх памяшканняў часам прымяняюць апрацоўку сярністым газам SO_2. Для гэтага серу спальваюць унутры памяшкання і пакідаюць яго закрытым на некаторы час, а затым праветрываюць. Даўжыня, шырыня і вышыня памяшкання адпаведна роўны 24,5 м, 12,4 м і 4,80 м. Памяшканне запоўнена паветрам, у якім утрыманне кісларoду па аб'ёме складае 21 %. Разлічыце максімальную масу серы, якая можа згарэць у дадзеным памяшканні. Сярністы газ якога аб'ёму (н. у.) утвараецца пры гэтым?

Правообладатель Народная асвета

Глава 1

Важнейшыя класы неарганічных злучэнняў

У першай главе вы працягнеце знаёмства з асноўнымі класамі неарганічных злучэнняў — аксідамі, кіслотамі, асновамі і солямі. Вы даведаецеся аб саставе, будове, фізічных і хімічных уласцівасцях гэтых рэчываў, аб іх практычным прымяненні

Правообладатель Народная асвета

§ 10. Аксіды. Састаў і класіфікацыя аксідаў

Рэчывы гэтага класа шырока распаўсюджаны на нашай планеце. Моры і акіяны, якія ахутваюць Зямлю, складаюцца з жыватворнай вады — аксіду вадароду **H_2O**, а безжыццёвыя пустыні пакрытыя слоем пяску, які змяшчае аксід крэмнію **SiO_2**. Аксіды ўваходзяць у **састаў многіх горных парод**, мінералаў і знаходзяць шырокае практычнае прымяненне.

Састаў аксідаў

З курса хіміі 7-га класа вам ужо вядома, што **аксіды — гэта складаныя рэчывы, у састаў якіх уваходзяць атамы двух хімічных элементаў, адзін з якіх — кісларод**. Агульная хімічная формула аксідаў — $Э_xO_y$, дзе **Э** — сімвал хімічнага элемента, **O** — сімвал кіслароду.

У хімічных формулах аксідаў на першым месцы прынята запісваць сімвал элемента, які ўтварае аксід, а на другім — сімвал кіслароду, напрыклад: **H_2O**, **CuO**, **Al_2O_3**, **P_2O_5**, **SO_3**, **Cl_2O_7**.

Назва любога аксіду складаецца з двух слоў, першае з якіх — слова «аксід», а другое — назва элемента ў родным склоне. Напрыклад, **Na_2O** — аксід натрыю, **SiO_2** — аксід крэмнію. Калі элемент **Э** праяўляе пераменную валентнасць, то яе значэнні паказваюцца рымскімі лічбамі ў дужках пасля назвы элемента, напрыклад:

$\overset{\text{II}}{\mathbf{FeO}}$ — аксід жалеза(II); $\overset{\text{III}}{\mathbf{Fe_2O_3}}$ — аксід жалеза(III).

Колькасны састаў кожнага аксіду вызначаецца значэннямі валентнасці элемента **(Э)** і кіслароду, якія ў ім утрымліваюцца.

Паколькі валентнасць атамаў кіслароду ў аксідах заўсёды роўная II, а валентнасць атамаў іншых элементаў **(Э)** прымае значэнні ад I да VIII, састаў аксідаў выражаецца наступнымі формуламі:

Валентнасць элемента Э	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Агульныя формулы аксідаў	$Э_2O$	$ЭO$	$Э_2O_3$	$ЭO_2$	$Э_2O_5$	$ЭO_3$	$Э_2O_7$	$ЭO_4$
Прыклады аксідаў	H_2O Li_2O Na_2O K_2O Ag_2O	MgO CaO BaO ZnO CuO FeO	Al_2O_3 Fe_2O_3 Cr_2O_3	CO_2 SiO_2	N_2O_5 P_2O_5	SO_3 TeO_3	Cl_2O_7 Mn_2O_7	OsO_4

Правообладатель Народная асвета

Сярод аксідаў ёсць рэчывы малекулярнай і немалекулярнай будовы.

Да *аксідаў малекулярнай будовы* адносяцца аксіды большасці неметалаў (**H_2O**, **CO**, **N_2O_3**, **SO_3**, **Cl_2O_7** і інш.), а таксама аксіды некаторых металаў (**Mn_2O_7**, **OsO_4**). Пры пакаёвай тэмпературы — гэта вадкія, газападобныя або легкаплаўкія цвёрдыя рэчывы.

Мал. 18. Афарбоўка розных аксідаў

Да *аксідаў немалекулярнай будовы* адносяцца амаль усе аксіды металаў, напрыклад **K_2O**, **CuO**, **Fe_2O_3**, а таксама аксіды некаторых неметалаў, напрыклад **SiO_2**. Як правіла, гэта цвёрдыя рэчывы з высокімі тэмпературамі плаўлення (г. зн. тугаплаўкія). Многія з іх афарбаваныя ў розныя колеры (мал. 18).

Класіфікацыя аксідаў

Паколькі аксідаў вядома шмат, узнікае неабходнасць класіфікацыі гэтых рэчываў па іх хімічных уласцівасцях, г. зн. па здольнасці ператварацца ў іншыя рэчывы.

Вы ўжо ведаеце, што аксіды могуць рэагаваць з вадой, ператвараючыся пры гэтым у злучэнні двух тыпаў — кіслоты і асновы. Так, напрыклад, аксід вугляроду (IV) **CO_2**, злучаючыся з вадой, утварае вугальную кіслату **H_2CO_3**:

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3,$$

а аксід кальцыю **CaO**, рэагуючы з вадой, ператвараецца ў аснову **$Ca(OH)_2$**:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2.$$

Інакш кажучы, *аксіду вугляроду(IV) адпавядае кіслата, а аксіду кальцыю адпавядае аснова*.

Зыходзячы з гэтага, аксіды можна падзяліць на дзве вялікія групы — *кіслотныя* і *асноўныя* аксіды.

Правообладатель Народная асвета

Да кіслотных адносяцца аксіды, якім адпавядаюць кіслоты. Нараўне з CO_2 кіслотнымі з'яўляюцца таксама аксіды B_2O_3, SO_2, P_2O_5, SO_3 і некаторыя іншыя. Усім ім адпавядаюць кіслоты:

Кіслотны аксід	III II B_2O_3	IV II SO_2	V II P_2O_5	VI II SO_3	VII II Cl_2O_7
Кіслата	H_3BO_3	H_2SO_3	H_3PO_4	H_2SO_4	$HClO_4$

Да асноўных адносяцца аксіды, якім адпавядаюць асновы. Акрамя CaO, асноўнымі з'яўляюцца таксама аксіды Na_2O, K_2O, BaO, FeO, CuO і шэраг іншых. Хоць некаторыя з іх (напрыклад, FeO і CuO) не рэагуюць з вадой, усім асноўным аксідам адпавядаюць асновы:

Асноўны аксід	I Na_2O	I K_2O	II BaO	II FeO	II CuO
Аснова	I I $NaOH$	I I KOH	II I $Ba(OH)_2$	II I $Fe(OH)_2$	II I $Cu(OH)_2$

Увага! *У састаў большасці асноўных аксідаў уваходзяць атамы металаў, валентнасць якіх роўна I і II.*

Аксіды — гэта складаныя рэчывы, у састаў якіх уваходзяць атамы двух хімічных элементаў, адзін з якіх — кісларод.

Аксіды падраздзяляюцца на дзве вялікія групы — кіслотныя і асноўныя аксіды.

Да кіслотных адносяцца аксіды, якім адпавядаюць кіслоты.

Да асноўных адносяцца аксіды, якім адпавядаюць асновы.

Сярод аксідаў ёсць рэчывы малекулярнай і немалекулярнай будовы.

? Пытанні і заданні

1. Якія рэчывы называюцца аксідамі? Чаму роўная валентнасць атамаў кіслароду ў аксідах?
2. Якія агульныя формулы аксідаў, у якіх валентнасць элементаў Э прымае значэнні ад I да VIII? Прывядзіце па адным прыкладзе адпаведных аксідаў.

Правообладатель Народная асвета

3. Складзіце формулы аксідаў, утвораных атамамі элементаў: Zn(II); B(III); Sn(IV); As(V); Te(IV); Mn(VII). Назавіце гэтыя аксіды.
4. На падставе чаго аксіды падраздзяляюцца на кіслотныя і асноўныя?
5. Пералічыце вядомыя вам кіслотныя аксіды і напішыце формулы кіслот, якія ім адпавядаюць.
6. Пералічыце вядомыя вам асноўныя аксіды і напішыце формулы асноў, якія ім адпавядаюць.
7. Аксід кальцыю і аксід крэмнію(IV) шырока прымяняюцца ў вытворчасці будаўнічых матэрыялаў. Разлічыце масавыя долі (%) кісларoду ў гэтых аксідах.
8. У дзвюх аднолькавых закрытых колбах аб'ёмам 2 дм^3 знаходзяцца газападобныя аксіды: у першай — аксід вугляроду(IV), у другой — аксід серы(IV). Як, не адкрываючы колбы, можна распазнаць названыя газы? Адказ пацвердзіце адпаведнымі разлікамі.
9. Аб'ём (н. у.) невядомага газападобнага аксіду саставу $ЭO_2$ роўны 3,36 дм^3, а яго маса складае 6,60 г. Вызначце, пра аксід якога элемента ідзе гаворка.
10. Знайдзіце агульную масу сумесі аксідаў магнію і алюмінію, калі іх хімічныя колькасці ў гэтай сумесі роўны адпаведна 0,25 моль і 0,6 моль.
11*. У сумесі ўтрымліваюцца кісларод масай 4,8 г і аксід серы(IV) масай 16 г. Разлічыце аб'ём (н. у.) дадзенай сумесі.

§ 11. Хімічныя ўласцівасці аксідаў

Для рэчываў кожнага класа характэрныя спецыфічныя, г. зн. уласцівыя толькі ім, хімічныя ўласцівасці. Давайце пазнаёмімся з хімічнымі ўласцівасцямі кіслотных і асноўных аксідаў. Даведаемся, з чым гэтыя рэчывы рэагуюць і што пры гэтым утвараецца.

Хімічныя ўласцівасці кіслотных аксідаў

1. Узаемадзеянне з вадой

З курса хіміі 7-га класа вы ўжо ведаеце, што прадукты ўзаемадзеяння аксідаў з вадой называюцца «гідраксіды»:

АКСІД + ВАДА → **ГІДРАТ АКСІДА, або ГІДРАКСІД**

Паколькі аксіды, якія ўступаюць у гэтую рэакцыю, дзеляцца на кіслотныя і асноўныя, то і гідраксіды, якія з іх утвараюцца, таксама дзеляцца на кіслотныя і асноўныя.

Правообладатель Народная асвета

Кіслотныя аксіды (акрамя SiO_2) рэагуюць з вадой, утвараючы кіслотныя гідраксіды, якія з'яўляюцца кіслародзмяшчальнымі кіслотамі:

КІСЛОТНЫ АКСІД + ВАДА → КІСЛАРОД-ЗМЯШЧАЛЬНАЯ КІСЛАТА (КІСЛОТНЫ ГІДРАКСІД)

Напрыклад:

$$\underset{\text{аксід серы(VI)}}{SO_3} + \underset{\text{вада}}{H_2O} = \underset{\text{серная кіслата (гідраксід серы(VI))}}{H_2SO_4};$$

$$\underset{\text{аксід фосфару(V)}}{P_2O_5} + \underset{\text{вада}}{3H_2O} = \underset{\text{фосфарная кіслата (гідраксід фосфару(V))}}{2H_3PO_4}.$$

Такім чынам, кожнаму кіслотнаму аксіду адпавядае кіслародзмяшчальная кіслата, якая адносіцца да кіслотных гідраксідаў. Нягледзячы на тое што аксід крэмнію SiO_2, у адрозненне ад іншых кіслотных аксідаў, з вадой не рэагуе, яму таксама адпавядае кіслата — H_2SiO_3, якую атрымліваюць іншымі спосабамі.

2. Узаемадзеянне са шчолачамі

Усе кіслотныя аксіды рэагуюць са шчолачамі ў адпаведнасці з агульнай схемай:

КІСЛОТНЫ АКСІД + ШЧОЛАЧ → СОЛЬ + ВАДА

У солі, **якая ўтвараецца, валентнасць металу такая ж, як і ў зыходнай шчолачы.** *У састаў солі ўваходзіць астатак той кіслаты, якая адпавядае дадзенаму кіслотнаму аксіду.* Напрыклад, калі ў рэакцыю ўступае кіслотны аксід CO_2, якому адпавядае кіслата H_2CO_3, то ў састаў солі, якая ўтвараецца, уваходзіць астатак гэтай кіслаты, г. зн. CO_3. Яго валентнасць, як вы ўжо ведаеце, роўная II:

$$\underset{\text{аксід вугляроду(IV)}}{CO_2} + \underset{\text{гідраксід натрыю}}{2\overset{\text{I}}{Na}OH} = \underset{\text{карбанат натрыю}}{\overset{\text{I}}{Na_2}\overset{\text{II}}{CO_3}} + \underset{\text{вада}}{H_2O}.$$

Правообладатель Народная асвета

Калі ж у рэакцыю ўступае кіслотны аксід N_2O_5, якому адпавядае кіслата HNO_3, то ў састаў солі, якая ўтвараецца, уваходзіць астатак гэтай кіслаты, г. зн. NO_3, з валентнасцю, роўнай I:

$$\underset{\text{аксід азоту(V)}}{N_2O_5} + \underset{\text{гідраксід кальцыю}}{\overset{II}{Ca}(OH)_2} = \underset{\text{нітрат кальцыю}}{\overset{II}{Ca}(\overset{I}{NO_3})_2} + \underset{\text{вада}}{H_2O}.$$

Паколькі ўсе кіслотныя аксіды рэагуюць са шчолачамі з утварэннем солей і вады, гэтым аксідам можна даць іншае вызначэнне.

! **Кіслотнымі называюцца аксіды, якія рэагуюць са шчолачамі з утварэннем солей і вады.**

3. Рэакцыі з асноўнымі аксідамі

Кіслотныя аксіды рэагуюць з асноўнымі аксідамі з утварэннем солей у адпаведнасці з агульнай схемай:

КІСЛОТНЫ АКСІД + АСНОЎНЫ АКСІД → СОЛЬ

У солі, якая ўтвараецца, валентнасць металу такая ж, як і ў зыходным асноўным аксідзе. Неабходна запомніць, што ў *састаў солі ўваходзіць астатак той кіслаты, якая адпавядае кіслотнаму аксіду*, што ўступае ў рэакцыю. Напрыклад, калі ў рэакцыю ўступае кіслотны аксід SO_3, якому адпавядае кіслата H_2SO_4, то ў састаў солі, якая ўтвараецца, уваходзіць астатак гэтай кіслаты, г. зн. SO_4. Яго валентнасць, як вы ўжо ведаеце, роўна II:

$$\underset{\text{аксід серы(VI)}}{SO_3} + \underset{\text{аксід натрыю}}{\overset{I}{Na_2}O} = \underset{\text{сульфат натрыю}}{\overset{I}{Na_2}\overset{II}{SO_4}}.$$

Калі ж у рэакцыю ўступае кіслотны аксід P_2O_5, якому адпавядае кіслата H_3PO_4, то ў саставе солі, якая ўтвараецца, будзе астатак гэтай кіслаты, г. зн. PO_4, з валентнасцю, роўнай III:

$$\underset{\text{аксід фосфару(V)}}{P_2O_5} + 3\underset{\text{аксід кальцыю}}{\overset{II}{Ca}O} = \underset{\text{фасфат кальцыю}}{\overset{II}{Ca_3}(\overset{III}{PO_4})_2}.$$

Правообладатель Народная асвета

Хімічныя ўласцівасці асноўных аксідаў

1. Узаемадзеянне з вадой

Вы ўжо ведаеце, што ў выніку ўзаемадзеяння асноўных аксідаў з вадой утвараюцца асноўныя гідраксіды, якія інакш называюцца асновамі:

АСНОЎНЫ АКСІД + ВАДА → АСНОВА (АСНОЎНЫ ГІДРАКСІД)

Да асноўных аксідаў адносяцца аксіды Li_2O, Na_2O, K_2O, CaO, BaO і некаторыя іншыя.

Пры напісанні **ўраўненняў адпаведных рэакцый неабходна памятаць**, што *валентнасць металу ў аснове, якая ўтвараецца, роўная яго валентнасці ў зыходным аксідзе*. Нагадаем, што ў формуле любой асновы лік груп **OH**, звязаных з атамам металу, роўны яго валентнасці:

$$\overset{x}{Me}(\overset{I}{OH})_x.$$

Напішам ураўненні рэакцый, якія працякаюць па прыведзенай схеме:

$$\overset{I}{Na_2O} + H_2O = \overset{I}{2NaOH};$$

аксід натрыю — вада — гідраксід натрыю

$$\overset{II}{BaO} + H_2O = \overset{II}{Ba}(\overset{I}{OH})_2.$$

аксід барыю — вада — гідраксід барыю

Асноўныя аксіды, утвораныя такімі металамі, як **Cu**, **Fe**, **Cr**, з вадой не рэагуюць. Асновы, якія ім адпавядаюць, атрымліваюць іншымі спосабамі, з якімі вы пазнаёміцеся пазней.

2. Узаемадзеянне з кіслотамі

Практычна ўсе асноўныя аксіды рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей па агульнай схеме:

АСНОЎНЫ АКСІД + КІСЛАТА → СОЛЬ + ВАДА

Правообладатель Народная асвета

Неабходна памятаць, што *ў солі, якая ўтвараецца, валентнасць металу такая ж, як у зыходным аксідзе, а валентнасць кіслотнага астатку такая ж, як у зыходнай кіслаце.*

Прывядзём прыклады ўраўненняў рэакцый, якія працякаюць у адпаведнасці з гэтай схемай:

$$\overset{II}{Ca}O + 2H\overset{I}{Cl} = \overset{II}{Ca}\overset{I}{Cl_2} + H_2O;$$

аксід кальцыю — хлоравадародная кіслата — хларыд кальцыю — вада

$$\overset{I}{Na_2}O + H_2\overset{II}{SO_4} = \overset{I}{Na_2}\overset{II}{SO_4} + H_2O.$$

аксід натрыю — серная кіслата — сульфат натрыю — вада

Паколькі ўсе асноўныя аксіды рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей і вады, гэтым аксідам можна даць іншае вызначэнне.

! Асноўнымі называюцца аксіды, якія рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей і вады.

3. Узаемадзеянне з кіслотнымі аксідамі

Асноўныя аксіды рэагуюць з кіслотнымі аксідамі з утварэннем солей у адпаведнасці з агульнай схемай:

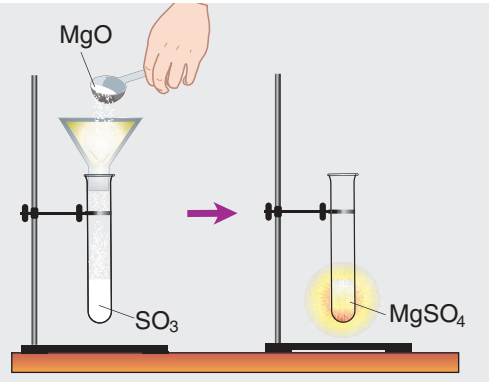
АСНОЎНЫ АКСІД + КІСЛОТНЫ АКСІД → СОЛЬ

У солі, **якая ўтвараецца, валентнасць металу такая ж, як і ў зыходным** асноўным аксідзе. Неабходна памятаць, што *ў састаў солі ўваходзіць астатак той кіслаты, якая адпавядае кіслотнаму аксіду,* які ўступае ў рэакцыю. Напрыклад, калі ў рэакцыю ўступае кіслотны аксід N_2O_5, якому адпавядае кіслата HNO_3, то ў састаў солі будзе ўваходзіць астатак гэтай кіслаты, г. зн. NO_3. Яго валентнасць, як вы ўжо ведаеце, роўна I:

$$\overset{II}{Ca}O + N_2O_5 = \overset{II}{Ca}\overset{I}{(NO_3)_2}.$$

аксід кальцыю — аксід азоту(V) — нітрат кальцыю

Правообладатель Народная асвета



Мал. 19. Рэакцыя аксіду магнію з аксідам серы(VI)

Калі ж у рэакцыю ўступае кіслотны аксід SO_3, якому адпавядае кіслата H_2SO_4, то ў саставе солі, якая ўтвараецца, будзе астатак гэтай кіслаты, г. зн. SO_4, з валентнасцю, роўнай II (мал. 19):

$$\overset{\text{II}}{Mg}O + SO_3 = \overset{\text{II}\ \text{II}}{Mg}SO_4.$$

аксід магнію + аксід серы(VI) = сульфат магнію

Паколькі разгледжаныя намі кіслотныя і асноўныя аксіды ў выніку розных рэакцый *утвараюць солі*, іх называюць *солеўтваральнымі*. Існуе, аднак, невялікая група аксідаў, якія не ўтвараюць солей і называюцца *несолеўтваральнымі*. Гэта аксіды $\overset{\text{II}\ \text{II}}{CO}$, $\overset{\text{I}\ \text{II}}{N_2O}$ і $\overset{\text{II}\ \text{II}}{NO}$.

Аксіды дзеляцца на кіслотныя і асноўныя. Кіслотным аксідам адпавядаюць кіслоты, а асноўным — асновы.

Усе кіслотныя аксіды рэагуюць са шчолачамі з утварэннем солей і вады.

Усе асноўныя аксіды рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей і вады.

Кіслотныя і асноўныя аксіды з'яўляюцца солеўтваральнымі. Несолеўтваральныя аксіды — CO, N_2O, NO.

Асновы і кіслародзмяшчальныя кіслоты адносяцца да гідраксідаў.

? Пытанні і заданні

1. З якімі рэчывамі рэагуюць кіслотныя аксіды? Што пры гэтым утвараецца? Напішыце ўраўненні рэакцый аксіду серы(VI) з вадой; аксіду фосфару(V) з аксідам калію; аксіду азоту(V) з гідраксідам кальцыю. Назавіце прадукты рэакцый.
2. З якімі рэчывамі рэагуюць асноўныя аксіды? Што пры гэтым утвараецца? Напішыце ўраўненні рэакцый аксіду барыю з вадой; аксіду жалеза(II) з хлоравадароднай кіслатой; аксіду натрыю з аксідам серы(VI). Назавіце прадукты рэакцый.

Правообладатель Народная асвета

3. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць ператварэнні: магній → аксід магнію → фасфат магнію.
4. Пералічыце вядомыя вам **несолеўтваральныя аксіды. Чаму яны так называюцца?**
5. Якімі ўжо вядомымі вам трыма спосабамі можна атрымаць соль карбанат кальцыю? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый, назавіце ўсе рэчывы.
6. Аксід фосфару(V) выкарыстоўваецца ў лабараторнай практыцы як асушальнік для паглынання пароў вады. **Разлічыце масу вады, якую можа паглынуць аксід фосфару(V) масай 50 г.**
7. Разлічыце масу гідраксіду кальцыю, які ўтворыцца пры ўзаемадзеянні аксіду кальцыю масай 112 г з вадой.
8. Разлічыце масы аксіду фосфару(V) і гідраксіду калію, пры ўзаемадзеянні якіх утворыцца соль масай 42,4 г.
9. Знайдзіце аб'ём (н. у.) вуглякіслага газу, які прарэагуе з аксідам кальцыю масай 5,6 г, і разлічыце масу солі, якая ўтвараецца пры гэтым.
10*. Аксід серы(VI) масай 24 г прарэагаваў з вадой. Разлічыце масу аксіду кальцыю, што прарэагуе з кіслатой, якая ўтварылася пры гэтым.

Рыхтуемся да алімпіяд. Хімічныя элементы A і B утвараюць аксіды AO і BO_2. У асноўным аксідзе AO масавая доля кісларoду роўна 40 %, а ў кіслотным аксідзе BO_2 яна складае 50 %. Чаму роўная масавая доля кісларoду ў рэчыве, якое ўтвараецца пры ўзаемадзеянні названых аксідаў адзін з адным?

§ 12. Атрыманне і прымяненне аксідаў

Некаторыя аксіды, напрыклад H_2O, SiO_2, Fe_2O_3, сустракаюцца ў прыродзе, іншыя — атрымліваюць штучна з дапамогай хімічных рэакцый. Пазнаёмімся з найважнейшымі спосабамі атрымання аксідаў.

Атрыманне аксідаў

Аксіды атрымліваюць рознымі спосабамі. Найважнейшыя з іх — узаемадзеянне простых і складаных рэчываў з кіслародам (акісленне), раскладанне некаторых складаных рэчываў пры награванні. Разгледзім гэтыя спосабы.

1. Узаемадзеянне простых рэчываў з кіслародам

Некаторыя аксіды ўтвараюцца ў выніку спальвання ў кіслародзе (або ў паветры) адпаведных простых рэчываў. Так можна атрымаць аксіды

Правообладатель Народная асвета

Мал. 20. Гарэнне фосфару ў кіслародзе

фосфару(V) (мал. 20), магнію, вугляроду(IV), серы(IV) і шэрага іншых элементаў:

$$\underset{\text{фосфар}}{4P} + \underset{\text{кісларод}}{5O_2} \overset{t}{=} \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{фосфару(V)}}}{2P_2O_5};$$

$$\underset{\text{магній}}{2Mg} + \underset{\text{кісларод}}{O_2} \overset{t}{=} \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{магнію}}}{2MgO}.$$

2. Узаемадзеянне складаных рэчываў з кіслародам

Аксіды можна атрымліваць таксама спальваннем у кіслародзе і некаторых складаных рэчываў, напрыклад:

$$\underset{\substack{\text{сера-}\\ \text{вадарод}}}{2H_2S} + \underset{\substack{\text{кісла-}\\ \text{род}}}{3O_2} \overset{t}{=} \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{серы(IV)}}}{2SO_2} + \underset{\text{вада}}{2H_2O};$$

$$\underset{\text{метан}}{CH_4} + \underset{\substack{\text{кісла-}\\ \text{род}}}{2O_2} \overset{t}{=} \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{вугляроду(IV)}}}{CO_2} + \underset{\text{вада}}{2H_2O}.$$

3. Раскладанне некаторых складаных рэчываў пры награванні

а) Раскладанне нерастваральных асноў:

$$\underset{\substack{\text{гідраксід}\\ \text{жалеза(II)}}}{Fe(OH)_2} \overset{t}{=} \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{жалеза(II)}}}{FeO} + \underset{\text{вада}}{H_2O};$$

$$\underset{\substack{\text{гідраксід}\\ \text{алюмінію}}}{2Al(OH)_3} \overset{t}{=} \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{алюмінію}}}{Al_2O_3} + \underset{\text{вада}}{3H_2O}.$$

б) Раскладанне некаторых кіслот:

$$\underset{\substack{\text{сярністая}\\ \text{кіслата}}}{H_2SO_3} \overset{t}{=} \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{серы(IV)}}}{SO_2} + \underset{\text{вада}}{H_2O};$$

$$\underset{\substack{\text{крэмніевая}\\ \text{кіслата}}}{H_2SiO_3} \overset{t}{=} \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{крэмнію(IV)}}}{SiO_2} + \underset{\text{вада}}{H_2O}.$$

Правообладатель Народная асвета

в) Раскладанне некаторых солей:

$$\underset{\text{карбанат жалеза(II)}}{FeCO_3} \xrightarrow{t} \underset{\text{аксід жалеза(II)}}{FeO} + \underset{\text{аксід вугляроду(IV)}}{CO_2};$$

$$\underset{\text{сульфіт магнію}}{MgSO_3} \xrightarrow{t} \underset{\text{аксід магнію}}{MgO} + \underset{\text{аксід серы(IV)}}{SO_2}.$$

Прымяненне аксідаў

Адзін з аксідаў, які найбольш шырока выкарыстоўваецца, — вада H_2O, аб прымяненні якой у быце, тэхніцы і прамысловасці вы ўжо ведаеце.

Разнастайнае прымяненне знаходзяць і некаторыя іншыя аксіды (мал. 21). Так, напрыклад, з аксіду жалеза(III) Fe_2O_3, які ўваходзіць у састаў жалезных руд, у прамысловасці атрымліваюць жалеза, а з аксіду алюмінію Al_2O_3 — алюміній. Аксід алюмінію прымяняюць таксама для вырабу штучных каштоўных камянёў рубіну і сапфіру. Дробныя крышталі гэтага аксіду прымяняюцца ў вытворчасці наждачнай паперы.

Аксід вугляроду(IV) (вуглякіслы газ) CO_2 выкарыстоўваюць у харчовай прамысловасці для вырабу газіраваных напіткаў, для павелічэння

Мал. 21. Прымяненне аксідаў

Правообладатель Народная асвета

тэрміну захавання садавіны і гародніны. Паколькі гэтае рэчыва не падтрымлівае гарэння, ім напаўняюць вуглекіслотныя вогнетушыцелі. Цвёрды аксід вугляроду(IV) пад назвай «сухі лёд» прымяняюць для захоўвання марожанага, для моцнага ахаладжэння розных матэрыялаў да тэмпературы –78 °С.

Упершыню газіраваную ваду прыгатаваў у 1767 г. англійскі хімік, першаадкрывальнік кісларoду Дж. Прыстлі. Ён пакінуў на некаторы час адкрыты посуд з халоднай вадой у ёмістасці з вуглякіслым газам. Невялікая колькасць гэтага газу растварылася ў вадзе, надаўшы ёй добра знаёмы нам смак газіроўкі.

Дастаткова шырока выкарыстоўваецца і аксід серы(IV) SO_2 (сярністы газ). Ён знаходзіць прымяненне ў вытворчасці сернай кіслаты, для дэзынфекцыі складскіх памяшканняў, адбельвання паперы.

Аксід крэмнію(IV) SiO_2 выкарыстоўваецца ў вытворчасці шкла і бетону, паўкаштоўных камянёў і ўпрыгожванняў (крышталі Свароўскі).

Аксід кальцыю CaO пад назвай «нягашаная вапна» прымяняюць для вырабу розных будаўнічых матэрыялаў. Аксіды некаторых іншых металаў знаходзяць прымяненне ў вытворчасці фарбаў. Так, напрыклад, Fe_2O_3 выкарыстоўваюць для вырабу фарбы карычневага, Cr_2O_3 — зялёнага, ZnO і TiO_2— белага колераў.

Аксіды ў прыродзе

Аксіды ўтрымліваюцца ў кожнай з трох абалонак нашай планеты — у атмасферы, гідрасферы, літасферы.

Самым распаўсюджаным аксідам у атмасферы і гідрасферы з'яўляецца вада H_2O, а ў літасферы — аксід крэмнію(IV) SiO_2, які сустракаецца ў выглядзе прыгожых крышталёў кварцу і кварцавага пяску (мал. 22).

Мал. 22. Аксід крэмнію ў прыродзе: *1* — крышталічны кварц, *2* — кварцавы пясок

Правообладатель Народная асвета

У паветры змяшчаецца невялікая колькасць аксіду вугляроду(IV) (вуглякіслага газу). Разам з вадой ён удзельнічае ў працэсе фотасінтэзу, у выніку якога зялёныя расліны вылучаюць у навакольнае асяроддзе кісларод.

Найбольшая колькасць аксідаў сустракаецца ў літасферы. Яны ўваходзяць у састаў глебы, горных парод, руд і мінералаў.

Аксіды ўтвараюцца пры ўзаемадзеянні кіслароду з простымі і складанымі рэчывамі.

Аксіды можна атрымаць раскладаннем пры награванні некаторых солей, асноў і кіслот.

Аксіды знаходзяць шырокае практычнае прымяненне ў прамысловасці і ў быце.

Аксіды — вада H_2O і вуглякіслы газ CO_2 удзельнічаюць у працэсе фотасінтэзу.

? Пытанні і заданні

1. Пералічыце вядомыя вам спосабы атрымання аксідаў.
2. Якія аксіды ўтвараюцца пры гарэнні ў кіслародзе простых рэчываў — серы, вугалю і кальцыю? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый.
3. Напішыце ўраўненні рэакцый утварэння аксідаў пры гарэнні ў кіслародзе наступных складаных рэчываў: PH_3; C_2H_6; SiH_4. У аксідах, якія ўтвараюцца, валентнасць фосфару роўна V, а валентнасць вугляроду і крэмнію — IV.
4. Пры награванні якіх солей утвараюцца асноўныя і кіслотныя аксіды BaO і CO_2; CaO і SO_2? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый.
5. Дзе знаходзіць прымяненне аксід саставу $ЭO_2$, у якім масавая доля атамаў Э складае 27,3%?
6. Што такое «сухі лёд»? Якая яго хімічная формула?
7. Які аксід выкарыстоўваецца пры вырабе упрыгожванняў — крышталёў Свароўскі?
8. Які аксід найбольш распаўсюджаны ў атмасферы і гідрасферы, а які — у літасферы?
9. Разлічыце масу фосфару і аб'ём (н. у.) кіслароду, пры ўзаемадзеянні якіх утвараецца аксід фосфару(V) масай 28,4 г.
10. Чаму пры гарэнні прыроднага газу на кухні павышаецца вільготнасць паветра? Разлічыце масу вады (г), якая ўтвараецца пры згаранні ў кіслародзе метану аб'ёмам 500 $дм^3$ (н. у.).
11. Разлічыце агульную масу аксідаў, якія ўтвараюцца пры награванні гідраксіду жалеза(III) хімічнай колькасцю 0,2 моль.
12*. Знайдзіце масу карбанату кальцыю, пры награванні якога ўтварылася сумесь аксідаў агульнай хімічнай колькасцю, роўнай 0,5 моль.

Правообладатель Народная асвета

Дамашні эксперымент

Вядома, што вуглякіслы газ не падтрымлівае гарэння. Праверце гэта на практыцы. У якасці крыніцы вуглякіслага газу вазьміце бутэльку з моцнагазіраванай вадой. Асцярожна адкрыйце яе і тонкім струменьчыкам з вышыні 10—15 см наліце газіроўку ў шклянку прыкладна на $\frac{1}{3}$ яе вышыні. Вы ўбачыце, як пры гэтым вада пеніцца з-за выдзялення вуглякіслага газу. Запаліце запалку і хутка занясіце яе ў верхнюю частку шклянкі (не дакранаючыся да вадкасці). Што вы назіраеце? Аб вынікаў праведзенага эксперымента раскажыце аднакласнікам і настаўніку.

§ 13. Кіслоты. Састаў і класіфікацыя кіслот

Іншы вельмі важны клас неарганічных рэчываў — *кіслоты*. Гэта назва паходзіць ад слова «кіслы», паколькі практычна ўсе рэчывы гэтага класа валодаюць знаёмым вам кіслым смакам. Яны сустракаюцца ў прыродзе, знаходзяць прымяненне ў быце, выкарыстоўваюцца ў прамысловасці для атрымання розных рэчываў.

Састаў і фізічныя ўласцівасці кіслот

Вы ўжо ведаеце, што **кіслоты — складаныя рэчывы, у малекулах якіх утрымліваюцца атамы вадароду, здольныя замяшчацца атамамі металаў, і кіслотныя астаткі.**

Прыклады кіслот: HCl, HNO_3, H_2CO_3, H_2SO_4, H_3PO_4. Лік атамаў вадароду ў малекулах кіслот часцей за ўсё прымае значэнні ад 1 да 3 і называецца *асноўнасцю* кіслот.

Назвы найважнейшых кіслот і іх кіслотных астаткаў прыведзены ў табліцы 1.

Табліца 1. **Назвы найважнейшых кіслот і кіслотных астаткаў**

Назва кіслаты	Формула кіслаты	Формула і валентнасць кіслотнага астатку	Назва кіслотнага астатку
Хлоравадародная (саляная)	HCl	$Cl(I)$	хларыд
Серавадародная	H_2S	$S(II)$	сульфід
Азотная	HNO_3	$NO_3(I)$	нітрат
Серная	H_2SO_4	$SO_4(II)$	сульфат

Правообладатель Народная асвета

Працяг табліцы

Назва кіслаты	Формула кіслаты	Формула і валентнасць кіслотнага астатку	Назва кіслотнага астатку
Сярністая	H_2SO_3	SO_3(II)	сульфіт
Вугальная	H_2CO_3	CO_3(II)	карбанат
Крэмніевая	H_2SiO_3	SiO_3(II)	сілікат
Фосфарная	H_3PO_4	PO_4(III)	фасфат

Нагадаем, што *ўсе кіслародзмяшчальныя кіслоты адносяцца да кіслотных гідраксідаў* і з'яўляюцца рэчывамі малекулярнай будовы. У чыстым выглядзе яны ўяўляюць сабой бясколерныя вадкасці або цвёрдыя рэчывы з невысокімі тэмпературамі плаўлення (мал. 23).

Мал. 23. Знешні выгляд некаторых кіслот

Класіфікацыя кіслот

Паколькі лік вядомых кіслот велізарны, іх класіфікуюць па наступных прыметах.

Па колькасці атамаў вадароду ў малекулах (г. зн. *па асноўнасці*) кіслоты дзеляцца на:

- **адна**асноўныя — з **адным** атамам вадароду ў малекулах, напрыклад **HCl, HF, HNO_3;**
- **двух**асноўныя — з **двума** атамамі вадароду ў малекулах, напрыклад **H_2SO_4, H_2SO_3, H_2S, H_2CO_3;**
- **трох**асноўныя — з **трыма** атамамі вадароду ў малекулах, напрыклад **H_3PO_4, H_3BO_3.**

Правообладатель Народная асвета

Па наяўнасці або адсутнасці атамаў кісларoду ў малекулах адрозніваюць кіслоты:

- бескіслародныя — **HCl**, **HBr**, **H_2S**. Іх агульная формула — **$H_xЭ$**;
- кіслародзмяшчальныя — **HNO_3**, **H_2SO_4**, **H_2SiO_3**, **H_2CO_3**, **H_3PO_4**. Агульная формула такіх кіслот — **$H_xЭO_y$**.

Па растваральнасці ў вадзе кіслоты дзеляцца на *растваральныя* і *нерастваральныя*. Большасць кіслот добра растваруюцца ў вадзе. Да нерастваральных адносіцца кіслата **H_2SiO_3**.

Па лятучасці (здольнасці выпарацца) кіслоты можна падзяліць на *нелятучыя* і *лятучыя*. Нелятучыя кіслоты — **H_2SO_4** і **H_3PO_4**. Як правіла, самі гэтыя кіслоты і іх водныя растворы не маюць паху. Лятучыя кіслоты — **HCl**, **HBr**, **HNO_3**. Іх канцэнтраваныя растворы валодаюць спецыфічным рэзкім пахам.

Кіслоты ў прыродзе

Кіслоты даволі шырока распаўсюджаныя ў прыродзе. Да гэтага часу вы найбольш часта сутыкаліся з імі, ужываючы ў ежу розныя прадукты кіслага смаку — садавіну, кефір, квашаную капусту і марынаваную гародніну, у якіх утрымліваюцца розныя кіслоты. Найбольш часта яны ўтвараюцца ў раслінах і ўтрымліваюцца ў іх пладах або лістах, якія мы ўжываем у ежу. У розных раслінах утвараюцца розныя кіслоты: у лімонах пераважае лімонная, у яблыках — яблычная, а ў шчаўі — шчаўевая. Вядомыя таксама прыродныя кіслоты, якія ўтрымліваюцца ў арганізмах некаторых насякомых, напрыклад мурашак (мурашыная кіслата).

Некаторыя малюскі і павукі выкарыстоўваюць кіслоты, якія ўтвараюцца ў іх арганізмах, для нападзення або абароны. Напрыклад, серная кіслата змяшчаецца ў сакрэце слінных залоз бруханогіх малюскаў сямейства *касіс*. Палюючы на марскіх вожыкаў, яны «ўпырскваюць» сваім ахвярам смяротную дозу сернай кіслаты. Едкі сакрэт, які змяшчае мурашыную і воцатную кіслоты, «выстрэльваюць» у выпадку небяспекі *скарпіёнапавукі (тэліфоны)*.

Малочная кіслата, якая надае кіслы смак кефіру, утвараецца пры скісанні малака або капусты, а воцатная кіслата — пры скісанні віна. Усе гэтыя кіслоты адносяцца да арганічных кіслот, з якімі вы пазнаёміцеся пазней.

Неарганічныя кіслоты, якія вы вывучаеце цяпер, таксама сустракаюцца ў прыродзе. Напрыклад, серавадародная **H_2S** і вугальная **H_2CO_3**

Правообладатель Народная асвета

кіслоты ўтрымліваюцца ў водах некаторых мінеральных крыніц. Салянная кіслата **HCl** уваходзіць у састаў страўнікавага соку чалавека. Азотная HNO_3 і серная H_2SO_4 кіслоты ў невялікіх колькасцях сустракаюцца ў дажджавой вадзе (кіслотныя дажджы).

Кіслоты — складаныя рэчывы, у малекулах якіх утрымліваюцца атамы вадароду, здольныя замяшчацца атамамі металаў, і кіслотныя астаткі.

Усе кіслоты — рэчывы малекулярнай будовы.

Кіслоты класіфікуюцца па ліку атамаў вадароду ў малекулах (г. зн. па асноўнасці), па наяўнасці або адсутнасці ў іх атамаў кісларoду.

Кіслоты шырока распаўсюджаныя ў прыродзе.

? Пытанні і заданні

1. Якія рэчывы называюцца кіслотамі? Напішыце формулы пяці вядомых вам кіслот і назавіце іх.
2. Як па формуле кіслаты можна вызначыць валентнасць кіслотнага астатку? Чаму роўная валентнасць астаткаў сернай, фосфарнай, хлоравадароднай і вугальнай кіслот? Як называюцца солі, якія змяшчаюць гэтыя кіслотныя астаткі?
3. Што такое асноўнасць кіслаты? Якія з прапанаваных кіслот — HNO_3, H_2SO_4, H_2SiO_3, H_2CO_3, H_3PO_4, HCl, H_3BO_3 — з'яўляюцца аднаасноўнымі; двухасноўнымі; трохасноўнымі?
4. Прывядзіце прыклады адной нерастваральнай у вадзе і трох растваральных у вадзе кіслот. У якой з іх масавая доля вадароду найбольшая?
5. Газіроўку выраблюць, прапускаючы вуглякіслы газ пад вялікім ціскам праз чыстую пітную ваду. Пры гэтым частка растворанага газу рэагуе з вадой. Якая неарганічная кіслата пры гэтым утвараецца?
6. Разлічыце хімічную колькасць крэмніевай кіслаты, калі яе маса роўная масе азотнай кіслаты хімічнай колькасцю 2 моль.
7. Знайдзіце хімічную колькасць фосфарнай кіслаты, якую трэба дадаць да вады масай 36 г для атрымання сумесі (раствору) агульнай масай 55,6 г.
8. Разлічыце масу сумесі сернай і азотнай кіслот, хімічныя колькасці якіх роўны адпаведна 0,2 моль і 0,3 моль.
9. Маса сумесі сернай і азотнай кіслот роўна 16,1 г. Чаму роўныя масы кожнай з кіслот, калі іх хімічныя колькасці аднолькавыя?
10*. У малекуле вядомай вам кіслародзмяшчальнай кіслаты ўтрымліваюцца два атамы вадароду, а яго масавая доля складае 3,23 %. Вызначце, аб якой кіслаце ідзе гаворка.

Правообладатель Народная асвета

Рыхтуемся да алімпіяд. Фосфарную кіслату выкарыстоўваюць у якасці рэгулятара кіслотнасці пры вырабе некаторых газіраваных напіткаў. У адным з іх аб'ёмам 1 дм^3 маса гэтай кіслаты складае 650 мг. Разлічыце хімічную колькасць кіслаты, якая змяшчаецца ў такім напітку аб'ёмам 100 дм^3.

§ 14. Хімічныя ўласцівасці кіслот

У водных растворах кіслоты праяўляюць падобныя хімічныя ўласцівасці, так званыя *кіслотныя ўласцівасці*. Веданне гэтых уласцівасцей вельмі важна для далейшага вывучэння хіміі, таму пазнаёмімся з імі больш падрабязна і сістэматызуем нашы веды.

1. Змяненне афарбоўкі індыкатараў

Вы ўжо ведаеце, што для доказу наяўнасці кіслаты або шчолачы ў растворы можна выкарыстоўваць спецыяльныя рэчывы — *індыкатары* — лакмус і метыларанж.

Слова «індыкатар» паходзіць ад лацінскага «indicatio», што значыць «вызначаю, паказваю». Індыкатары — складаныя арганічныя рэчывы. Некаторыя з іх маюць прыроднае паходжанне. Напрыклад, лакмус змяшчаецца ў некаторых відах лішайнікаў, з якіх яго і здабываюць. У якасці індыкатараў у хатніх умовах можна выкарыстоўваць сокі некаторых ягад (чарніц, чарнаплоднай рабіны, ажыны) і гародніны (чырвонакачаннай капусты).

Так, напрыклад, фіялетавая афарбоўка *лакмусу* і аранжавая афарбоўка *мэтыларанжу* ў растворах кіслот змяняецца на чырвоную. Фенолфталеін у прысутнасці кіслот застаецца бясколерным.

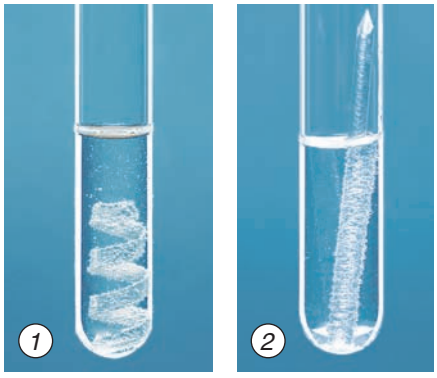
2. Узаемадзеянне з металамі

З курса хіміі 7-га класа вам вядома, што ў водных растворах многія кіслоты рэагуюць з металамі, *размешчанымі ў радзе актыўнасці лявей* $\mathbf{H_2}$ (напрыклад, **Mg, Al, Zn, Fe**). У выніку гэтых рэакцый утвараюцца складаныя рэчывы — солі і вылучаецца газападобнае простае рэчыва — вадарод:

КІСЛАТА + МЕТАЛ → СОЛЬ + ВАДАРОД

У такія рэакцыі ўступаюць як бескіслародныя (**HCl, HBr**), так і кіслародзмяшчальныя ($\mathbf{H_2SO_4}$, $\mathbf{H_3PO_4}$) кіслоты, напрыклад (мал. 24):

Правообладатель Народная асвета



Мал. 24. Рэакцыі кіслот з металамі:
1 — алюмінію з салянай кіслатой,
2 — жалеза з сернай кіслатой

$$\underset{\text{хлорава-дародная кіслата}}{6HCl} + \underset{\text{алюмі-ній}}{2Al} = \underset{\text{хларыд алюмінію}}{2AlCl_3} + \underset{\text{вадарод}}{3H_2}\uparrow;$$

$$\underset{\text{серная кіслата}}{H_2SO_4} + \underset{\text{жалеза}}{Fe} = \underset{\text{сульфат жалеза(II)}}{FeSO_4} + \underset{\text{вадарод}}{H_2}\uparrow.$$

Рэакцыі гэтага тыпу, як вы ўжо ведаеце, адносяцца да *рэакцый замяшчэння*: атамы металаў замяшчаюць (выцясняюць) атамы вадароду ў малекулах кіслот.

Неабходна памятаць, што *металы, размешчаныя ў радзе актыўнасці правей* H_2 (*Cu, Ag, Hg і інш.), з названымі кіслотамі ў водных растворах не рэагуюць*.

3. Рэакцыі з асноўнымі аксідамі

Вывучыўшы раней хімічныя ўласцівасці асноўных аксідаў, вы даведаліся, што яны рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей і вады. Ведаючы гэта, вы можаце зараз сцвярджаць, што кіслоты рэагуюць з асноўнымі аксідамі, утвараючы тыя ж прадукты, г. зн. солі і ваду:

КІСЛАТА + АСНОЎНЫ АКСІД → СОЛЬ + ВАДА

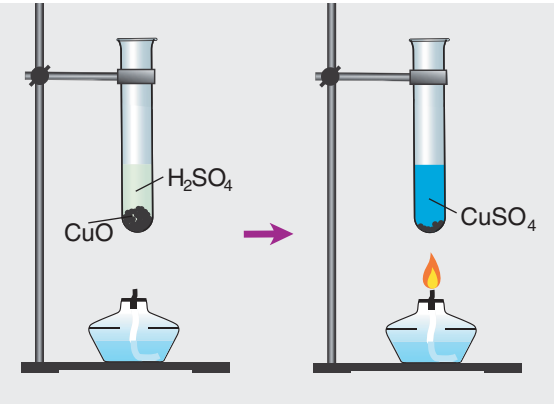
Неабходна памятаць, што *ў солі, якая ўтвараецца, валентнасць металу такая ж, як у зыходным аксідзе, а валентнасць кіслотнага астатку такая ж, як у зыходнай кіслаце*.

Прывядзём прыклады ўраўненняў рэакцый, якія працякаюць у адпаведнасці з гэтай схемай (мал. 25, с. 66):

$$\underset{\text{серная кіслата}}{\overset{\text{II}}{H_2SO_4}} + \underset{\text{аксід медзі(II)}}{\overset{\text{II}}{CuO}} = \underset{\text{сульфат медзі(II)}}{\overset{\text{II}\ \ \text{II}}{CuSO_4}} + \underset{\text{вада}}{H_2O};$$

$$\underset{\text{фосфарная кіслата}}{2H_3\overset{\text{III}}{PO_4}} + \underset{\text{аксід натрыю}}{3\overset{\text{I}}{Na_2}O} = \underset{\text{фасфат натрыю}}{2\overset{\text{I}\ \ \text{III}}{Na_3PO_4}} + \underset{\text{вада}}{3H_2O}.$$

Правообладатель Народная асвета



Мал. 25. Рэакцыя сернай кіслаты з аксідам медзі(II)

Гэтыя рэакцыі (с. 67, унізе) адносяцца да *рэакцый абмену*, паколькі ў працэсе ўзаемадзеяння зыходныя складаныя рэчывы абменьваюцца сваімі састаўнымі часткамі.

4. Узаемадзеянне з асновамі

З курса хіміі 7-га класа вам вядома, што асновы рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей і вады. А што ж тады ўтвараецца пры ўзаемадзеянні кіслот з асновамі? Правільна, тыя ж самыя прадукты — солі і вада! Мы яшчэ раз пераконваемся, што састаў канчатковых рэчываў не залежыць ад таго, у якім парадку змешваюцца зыходныя рэчывы. Запомніце схему, згодна з якой кіслоты рэагуюць з асновамі:

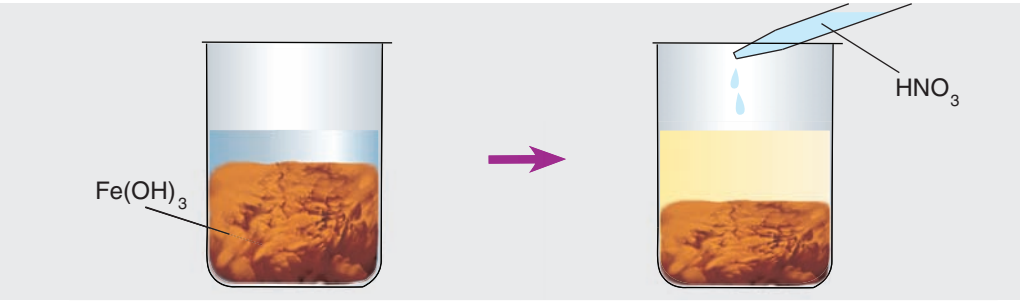
КІСЛАТА + АСНОВА → СОЛЬ + ВАДА

Адзначым, што *ў солі, **якая ўтвараецца, валентнасць металу такая ж, як у зыходнай основе, а валентнасць кіслотнага астатку такая ж, як у зыходнай кіслаце.***

Кіслоты рэагуюць як з нерастваральнымі (мал. 26), так і з растваральнымі асновамі, напрыклад:

$$\overset{\text{I}}{3H}\overset{\text{I}}{NO_3} + \overset{\text{III}}{Fe}(OH)_3 = \overset{\text{III}}{Fe}\overset{\text{I}}{(NO_3)_3} + 3H_2O;$$

азотная кіслата; гідраксід жалеза(III); нітрат жалеза(III); вада



Мал. 26. Рэакцыя азотнай кіслаты з гідраксідам жалеза(III)

Правообладатель Народная асвета

$$\overset{II}{H_2SO_4} + 2\overset{I}{K}OH = \overset{I\ II}{K_2SO_4} + 2H_2O.$$

серная кіслата; гідраксід калію; сульфат калію; вада

Рэакцыі гэтага тыпу, як і папярэдняга, адносяцца да *рэакцый абмену*. Успомніце, як называецца рэакцыя, якую адлюстроўвае ўраўненне ўверсе старонкі. Чаму яна так называецца?

5. Узаемадзеянне з солямі

Яшчэ адзін клас складаных рэчываў, з якімі кіслоты могуць уступаць у хімічнае ўзаемадзеянне, — солі. Рэакцыі гэтага тыпу ідуць у адпаведнасці з агульнай схемай:

КІСЛАТА + СОЛЬ → НОВАЯ КІСЛАТА + НОВАЯ СОЛЬ

Аднак адразу заўважым, што кіслата рэагуе ў растворы з соллю толькі ў тым выпадку, калі ў выніку рэакцыі вылучаецца газ (↑) або ўтвараецца нерастваральнае рэчыва, якое выпадае ў асадак (↓) (мал. 27). Прыклады такіх рэакцый:

$$2\overset{I\ I}{H}Cl + \overset{I\ II}{K_2S} = \overset{I\ II}{H_2S}\uparrow + \overset{I\ I}{2KCl};$$

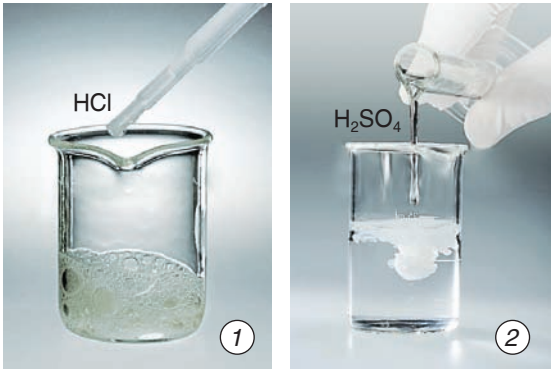
хлорavадародная кіслата; сульфід калію; сера-вадарод; хларыд калію

$$\overset{I\ II}{H_2SO_4} + \overset{II\ I}{BaCl_2} = \overset{I\ I}{2HCl} + \overset{II\ II}{BaSO_4}\downarrow.$$

серная кіслата; хларыд барыю; хлорavадародная кіслата; сульфат барыю

Відавочна, што рэакцыі гэтага тыпу, як і дзве папярэднія, адносяцца да *рэакцый абмену*.

Вядома некалькі кіслот, якія досыць лёгка раскладаюцца на адпаведны кіслотны аксід



Мал. 27. Рэакцыі: *1* — салянай кіслаты з сульфідам калію, *2* — сернай кіслаты з хларыдам барыю

Правообладатель Народная асвета

і ваду. Да такіх кіслот, якія называюцца *няўстойлівымі*, адносяцца, напрыклад, вугальная H_2CO_3, сярністая H_2SO_3 і крэмніевая H_2SiO_3 кіслоты. Асабліва няўстойлівая вугальная кіслата: яна раскладаецца на кіслотны аксід CO_2 і ваду ўжо пры пакаёвай тэмпературы:

$$\underset{\text{вугальная кіслата}}{H_2CO_3} = \underset{\text{аксід вугляроду(IV)}}{CO_2} + \underset{\text{вада}}{H_2O}.$$

Па гэтай прычыне вугальная кіслата, якая ўтвараецца ў выніку рэакцый абмену, адразу ж раскладаецца на названыя рэчывы, напрыклад:

$$\underset{\text{карбанат кальцыю}}{CaCO_3} + \underset{\text{хлоравадародная кіслата}}{2HCl} = \underset{\text{хларыд кальцыю}}{CaCl_2} + \underset{\text{вугальная кіслата}}{H_2CO_3} \rightarrow \begin{cases} CO_2\uparrow \\ H_2O. \end{cases}$$

Сярністая і крэмніевая кіслоты раскладаюцца на кіслотныя аксіды і ваду пры награванні.

Кіслоты змяняюць афарбоўку некаторых індыкатараў.

Кіслоты рэагуюць з металамі, якія знаходзяцца ў радзе актыўнасці лявей H_2, з утварэннем солі і вылучэннем вадароду.

Кіслоты рэагуюць з асноўнымі аксідамі і асновамі з утварэннем солі і вады.

Кіслоты рэагуюць з солямі з утварэннем новай кіслаты і новай солі.

Некаторыя няўстойлівыя кіслоты раскладаюцца пры награванні.

Дамашні эксперымент

Як вам ужо вядома, у кефіры, расоле квашанай капусты змяшчаецца малочная кіслата. Па сваіх уласцівасцях яна падобная на многія іншыя кіслоты: змяняе афарбоўку індыкатараў, узаемадзейнічае з некаторымі солямі. Даследуем гэта ў дамашніх умовах. У 7-м класе вы даследавалі індыкатарныя ўласцівасці соку чарніц, чырвонакачаннай капусты, пялёсткаў фіялкі. Скарыстаемся імі і пашырым наш эксперымент рэакцыяй кіслаты з соллю.

Правообладатель Народная асвета

Вазьміце тры шклянкі і наліце ў іх на 1—2 см расолу **квашанай капусты** (або кефіру). Затым у першую шклянку падліце крыху чарнічнага соку, у другую — **насыпце кухонную соль на кончыку нажа**. У трэцюю **шклянку насыпце столькі ж пітной соды (соль вугальнай кіслаты)**. Якія змены вы назіралі? Ці ўсе солі ўзаемадзейнічаюць з кіслотамі? Раскажыце аб вашым даследаванні аднакласнікам і настаўніку.

? Пытанні і заданні

1. Чаму ўсе кіслоты выяўляюць шэраг агульных хімічных уласцівасцей, якія называюць кіслотнымі?
2. З прапанаванага спіса выберыце рэчывы, якія рэагуюць з салянай кіслатой: CO_2; CaO; Cu; Al; P; $Cu(OH)_2$; H_2O; K_2CO_3; S; Au. Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый і назавіце іх прадукты.
3. Рэакцыі якіх найважнейшых тыпаў характэрныя для кіслот? Вызначце тып кожнай з магчымых рэакцый паміж рэчывамі, названымі ў заданні 2.
4. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія праходзяць у растворы паміж хлоравадароднай кіслатой і жалезам; сернай кіслатой і аксідам кальцыю; азотнай кіслатой і гідраксідам магнію; сернай кіслатой і карбанатам калію. Да якіх класаў адносяцца прадукты гэтых рэакцый? Назавіце іх.
5. Якая рэакцыя называецца рэакцыяй нейтралізацыі? Прывядзіце прыклады кіслот і асноў, якія могуць рэагаваць паміж сабой. Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый.
6. Напішыце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна ажыццявіць паслядоўныя ператварэнні:

   аксід фосфару(V) → фосфарная кіслата → фасфат цынку;
   аксід серы(VI) → серная кіслата → вадарод → вада.

7. У дзвюх аднолькавых бутэлечках без этыкетак знаходзяцца бясколерныя вадкасці, адна з якіх вада, а другая — раствор сернай кіслаты. Якімі спосабамі (назавіце не менш трох) можна распазнаць, у якой з бутэлечак знаходзіцца кіслата? Абгрунтуйце прапанаваныя вамі спосабы і напішыце адпаведныя ўраўненні рэакцый.
8. Водны раствор сернай кіслаты выкарыстоўваецца ў аўтамабільных акумулятарах. Аўтааматар Васіль вырашыў захаваць гэты раствор у шчыльна закрытай жалезнай ёмістасці. Падумайце, якімі могуць быць непрыемныя наступствы гэтага «эксперымента». Аб якой уласцівасці кіслот Васіль забыўся?
9. Разлічыце масу сернай кіслаты, якая прарэагуе з жалезам масай 11,2 г.

Правообладатель Народная асвета

10. Знайдзіце аб'ём (н. у.) вадароду, які вылучыцца ў выніку рэакцыі салянай кіслаты з алюмініем масай 5,4 г.

11. Разлічыце масу солі, якая ўтварылася ў рэакцыі азотнай кіслаты з гідраксідам жалеза(III) масай 21,4 г.

Рыхтуемся да алімпіяд. У сумесі ўтрымліваюцца аксід медзі(II) масай 16 г і гідраксід медзі(II) масай 9,8 г. Разлічыце агульную масу сернай кіслаты, якая прарэагуе з названай сумессю злучэнняў медзі.

§ 15. Атрыманне і прымяненне кіслот

Практычна ўсе важнейшыя кіслоты ў прамысловасці атрымліваюць з дапамогай розных хімічных рэакцый. Пазнаёмімся са спосабамі атрымання некаторых кіслот.

Атрыманне кіслот

Для атрымання неарганічных кіслот выкарыстоўваюць рэакцыі розных тыпаў. Разгледзім найважнейшыя з іх.

1. Узаемадзеянне некаторых простых рэчываў неметалаў з вадародам

Напрыклад, хлор рэагуе з вадародам пры асвятленні ($h\nu$), а сера злучаецца з ім пры награванні (t):

$$\underset{\text{вадарод}}{H_2} + \underset{\text{хлор}}{Cl_2} \xrightarrow{h\nu} \underset{\substack{\text{хлора-}\\\text{вадарод}}}{2HCl};$$

$$\underset{\text{вадарод}}{H_2} + \underset{\text{сера}}{S} \xrightarrow{t} \underset{\substack{\text{сера-}\\\text{вадарод}}}{H_2S}.$$

Газападобныя прадукты рэакцый, якія ўтвараюцца, — **HCl** і H_2S растваряюць у вадзе і атрымліваюць адпаведныя бескіслародныя кіслоты — хлоравадародную і серавадародную.

Да якога тыпу адносяцца разгледжаныя тут рэакцыі?

2. Узаемадзеянне сернай кіслаты з цвёрдымі солямі

Гэты спосаб заснаваны на тым, што нелятучая серная кіслата H_2SO_4 пры награванні выцясняе лятучыя **HCl** і HNO_3 з іх цвёрдых солей. Напрыклад, награваючы сумесь цвёрдага хларыду натрыю з сернай кіслатой, атрымліваюць хлоравадарод:

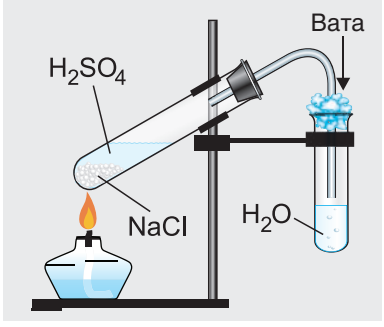
$$\underset{\substack{\text{хларыд}\\\text{натрыю}}}{2NaCl} + \underset{\substack{\text{серная}\\\text{кіслата}}}{H_2SO_4} \xrightarrow{t} \underset{\substack{\text{хлора-}\\\text{вадарод}}}{2HCl\uparrow} + \underset{\substack{\text{сульфат}\\\text{натрыю}}}{Na_2SO_4};$$

Правообладатель Народная асвета

Газападобны **HCl**, які вылучаецца, растварaюць у вадзе і атрымліваюць хлоравадародную кіслату (мал. 28). Паколькі яна ўтвараецца з хларыду натрыю **NaCl**, які ў быце завецца проста «соль», то гэтую кіслату вельмі часта называюць *салянай кіслатой*.

Для атрымання азотнай кіслаты награваюць сумесь яе солі — нітрату натрыю **$NaNO_3$** з сернай кіслатой:

$$\underset{\text{нітрат натрыю}}{2NaNO_3} + \underset{\text{серная кіслата}}{H_2SO_4} \overset{t}{=} \underset{\text{азотная кіслата}}{2HNO_3\uparrow} + \underset{\text{сульфат натрыю}}{Na_2SO_4}.$$



Мал. 28. Атрыманне хлоравадароднай (салянай) кіслаты

Пары азотнай кіслаты, якія ўтвараюцца ў выніку рэакцыі, астуджаюць да пакаёвай тэмпературы, і азотная кіслата пераходзіць з газападобнага ў вадкі агрэгатны стан.

3. Узаемадзеянне кіслотных аксідаў з вадой

Вы ўжо ведаеце, што кіслотныя аксіды, акрамя **SiO_2**, рэагуюць з вадой з утварэннем кіслот. Гэтую ўласцівасць кіслотных аксідаў выкарыстоўваюць для атрымання некаторых кіслародзмяшчальных кіслот, напрыклад сернай і фосфарнай:

$$\underset{\text{аксід серы(VI)}}{SO_3} + \underset{\text{вада}}{H_2O} = \underset{\text{серная кіслата}}{H_2SO_4};$$

$$\underset{\text{аксід фосфару(V)}}{P_2O_5} + 3\underset{\text{вада}}{H_2O} = \underset{\text{фосфарная кіслата}}{2H_3PO_4}.$$

Паколькі аксід крэмнію **SiO_2** з вадой не рэагуе, то кіслату **H_2SiO_3**, якая яму адпавядае, атрымліваюць рэакцыяй яе солей — сілікатаў з кіслотамі (сернай, салянай, азотнай). *Напішыце ўраўненне рэакцыі атрымання крэмніевай кіслаты з сілікату натрыю і салянай кіслаты.*

Прымяненне кіслот

Кіслоты шырока выкарыстоўваюцца практычна ва ўсіх сферах дзейнасці чалавека — у быце, у розных галінах прамысловасці, у медыцыне.

Некаторыя кіслоты мы з вамі можам знайсці нават дома. Так, напрыклад, на кожнай кухні ёсць воцат — водны раствор воцатнай кіслаты або парашок лімоннай кіслаты, якія выкарыстоўваюцца для гатавання

Правообладатель Народная асвета

Мал. 29. Прымяненне кіслот

ежы. Саляная кіслата прымяняецца ў быце для ачысткі ракавін, ваннаў і іншага сантэхнічнага абсталявання ад вапнавага налёту і іржы. Растворы сернай кіслаты выкарыстоўваюцца для запраўкі аўтамабільных электраакумулятараў (мал. 29).

У прамысловасці найбольш шырока выкарыстоўваюцца серная, азотная, саляная і фосфарная кіслоты. Напрыклад, серную кіслату прымяняюць для вытворчасці мінеральных угнаенняў, мыйных сродкаў, для ачысткі нафтапрадуктаў. Азотная кіслата выкарыстоўваецца пры атрыманні фарбавальнікаў, выбуховых рэчываў, мінеральных угнаенняў. Саляную кіслату шырока прымяняюць для ачысткі паверхні металаў, у вытворчасці лекаў, пластмас, розных солей. Фосфарная кіслата з'яўляецца зыходным рэчывам для атрымання каштоўных мінеральных угнаенняў, прымяняецца для аховы жалезных вырабаў ад карозіі. Яна таксама выкарыстоўваецца ў якасці рэгулятара кіслотнасці пры вырабе шэрага харчовых прадуктаў. Вугальная кіслата ўтрымліваецца ва ўсіх газіраваных водах і напітках. Іх вырабляюць, насычаючы пад ціскам адпаведныя вадкасці вуглякіслым газам. Ён пры гэтым рэагуе з вадой, утвараючы вугальную кіслату.

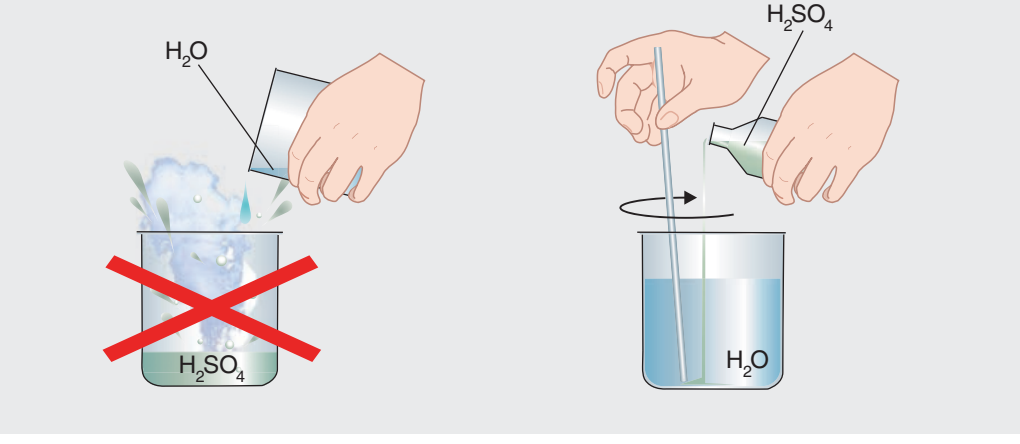
Правообладатель Народная асвета

Меры засцярогі пры рабоце з кіслотамі

Кіслоты — едкія рэчывы. Асабліва небяспечныя серная, азотная і саляная кіслоты — яны разбураюць (раз'ядаюць) скуру, паперу, драўніну, тканіну. Пападанне гэтых кіслот на скуру ці ў вочы можа прывесці да балючых хімічных апёкаў. Таму абыходзіцца з кіслотамі трэба вельмі асцярожна. Працуючы з імі, неабходна апранаць сродкі аховы — спецыяльныя халаты, пальчаткі, акуляры.

Неабходна памятаць, што змешванне кіслот з вадой суправаджаецца вылучэннем цеплаты. Яно можа быць настолькі моцным, што вада, якая змяшчаецца ў растворы, амаль імгненна закіпае, распырскваючы ва ўсе бакі кроплі едкай вадкасці. Патрапіўшы на адзенне або скуру, яны могуць выклікаць апёкі. Адбываецца гэта пры *няправільным разбаўленні, калі ваду ўліваюць у пасудзіну з кіслатой*.

Справа ў тым, што вада значна лягчэйшая **за кіслату і не паспявае раўнамерна змяшацца з ёй.** Застаючыся зверху, першая ж порцыя дабаўленай вады ад судотыку з кіслатой хутка награваецца і бурна закіпае. Каб гэтага не здарылася, **пры разбаўленні кіслот, асабліва сернай, іх неабходна тонкім струменьчыкам павольна ўліваць у ваду пры перамешванні шкляной палачкай** (мал. 30). У гэтым выпадку больш цяжкая кіслата, апускаючыся ўніз, раўнамерна змешваецца з вадой. Цеплата, якая вылучаецца пры гэтым, таксама раўнамерна размяркоўваецца па ўсім растворы. **Ён пры гэтым, як правіла, толькі награваецца, але не закіпае і не распырскваецца.**



Мал. 30. Падрыхтоўка воднага раствору сернай кіслаты

Правообладатель Народная асвета

Пры пападанні кіслаты на скуру ці ў вочы яе неабходна неадкладна змыць вялікай колькасцю вады, а затым прамыць пашкоджаны ўчастак растворам пітной соды. Пры неабходнасці варта звярнуцца да ўрача.

Для атрымання кіслот выкарыстоўваюць рэакцыі:

- *вадароду з некаторымі неметаламі (хлор і сера);*
- *кіслотных аксідаў з вадой;*
- *солей з кіслотамі.*

Кіслоты знаходзяць шырокае прымяненне ў прамысловасці і быце. Кіслоты — едкія рэчывы, абыходзіцца з якімі неабходна вельмі асцярожна.

? Пытанні і заданні

1. Пералічыце вядомыя вам спосабы атрымання кіслот.
2. Як атрымліваюць хлоравадародную і серавадародную кіслоты з простых рэчываў? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый. Да рэакцый якога тыпу яны адносяцца?
3. Што ўяўляе сабой **хлоравадародная кіслата — газападобны хлоравадарод** або яго водны раствор, якія абазначаюцца адной і той жа формулай — HCl?
4. Чаму хлоравадародную кіслату часта называюць салянай кіслатой? Напішыце ўраўненне рэакцыі гэтай кіслаты з магніем Mg. Да рэакцый якога тыпу яна адносіцца?
5. Як атрымліваюць серную і фосфарную кіслоты з адпаведных аксідаў? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый. Да рэакцый якога тыпу яны адносяцца?
6. Як атрымаць азотную кіслату з яе солі — нітрату натрыю $NaNO_3$? Напішыце ўраўненне адпаведнай рэакцыі. Да якога тыпу рэакцый яна адносіцца?
7. Якія кіслоты найбольш шырока выкарыстоўваюцца ў прамысловасці?
8. Якія меры засцярогі трэба выконваць, працуючы з кіслотамі? Што трэба рабіць, калі кіслата патрапіла на скуру ці ў вочы?
9. Разлічыце агульны аб'ём (н. у.) вадароду і хлору, неабходны для атрымання хлоравадароду масай 7,3 г.
10. Знайдзіце масу хларыду натрыю, пры ўзаемадзеянні якога з сернай кіслатой утворыцца хлоравадарод аб'ёмам (н. у.) 8,96 дм^3.
11. Разлічыце масу фосфарнай кіслаты, якая ўтвараецца пры ўзаемадзеянні аксіду фосфару(V) хімічнай колькасцю 0,25 моль з вадой.

Рыхтуемся да алімпіяд. Хімічныя колькасці аксіду серы(VI) і аксіду фосфару(V) у іх сумесі роўны адпаведна 0,1 моль і 0,2 моль. Разлічыце агульную масу вады, якая прарэагуе з названай сумессю аксідаў.

Правообладатель Народная асвета

§ 16. Асновы

Вы ўжо ведаеце, што існуе цэлы клас складаных неарганічных рэчываў, у састаў якіх уваходзяць атамы металаў і групы **OH**. Усе рэчывы гэтага класа рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей, г. зн. з'яўляюцца быццам бы «асновай» солей. Таму клас такіх рэчываў атрымаў назву «асновы». Такім чынам, **асновы — складаныя рэчывы, у састаў якіх уваходзяць атамы металаў і гідро́ксагруп OH.**

Састаў асноў

Састаў усіх асноў можна выразіць адной агульнай формулай — $Me(OH)_x$, дзе **Me** — сімвал металу, а падрадковы індэкс x — лік груп **OH**, злучаных з адным яго атамам. Часцей за ўсё гэты лік прымае значэнні ад 1 да 3, напрыклад: **KOH**, $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$.

Група **OH** называецца *гідро́ксагрупа*. Слова ***гідро́кса*** складаецца з першых частак лацінскіх назваў элементаў вадароду (***Hydr***ogenium) і кіслароду (***Ox***ygenium), атамы якіх утвараюць гэтую групу.

Валентнасць гідро́ксагрупы **OH** заўсёды роўна I: $\overset{I}{OH}$. З прычыны гэтага ў формуле любой асновы лік груп **OH** заўсёды лікава роўны валентнасці звязанага з ёй атама металу:

$$\overset{I}{Na}\overset{I}{OH},\quad \overset{II}{Ca}(\overset{I}{OH})_2,\quad \overset{III}{Fe}(\overset{I}{OH})_3.$$

Назва любой асновы складаецца са слова «гідраксід» і рускай назвы металу ў родным склоне, напрыклад: **NaOH** — гідраксід натрыю. Калі метал праяўляе пераменную валентнасць, то яе значэнне паказваецца рымскай лічбай у дужках пасля назвы металу, напрыклад:

$\overset{II}{Fe}(\overset{I}{OH})_2$ — гідраксід жалеза(II);

$\overset{III}{Fe}(\overset{I}{OH})_3$ — гідраксід жалеза(III).

Лік груп **OH** у формуле асновы называецца яе *кіслотнасцю*.

Нагадаем, што асновы **NaOH**, **KOH**, $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$, $Fe(OH)_2$, $Cu(OH)_2$ адносяцца да асноўных гідраксідаў. Усе асновы — рэчывы немалекулярнай будовы.

Правообладатель Народная асвета

Класіфікацыя асноў

Па растваральнасці ў вадзе асновы дзеляцца на дзве групы:

• *растваральныя асновы*, да якіх адносяцца **NaOH**, **KOH**, **$Ba(OH)_2$**, **$Ca(OH)_2$**. Яны маюць агульную назву — *шчолачы*. Пры звычайных умовах гэта — цвёрдыя рэчывы белага колеру (мал. 31, *1*).

• *нерастваральныя асновы*, гэта, напрыклад, **$Mg(OH)_2$**, **$Al(OH)_3$**, **$Zn(OH)_2$**, **$Fe(OH)_3$**, **$Cu(OH)_2$**, **$Co(OH)_2$**, **$Ni(OH)_2$** і некаторыя іншыя. Яны таксама ўяўляюць сабой цвёрдыя рэчывы, многія з якіх афарбаваны ў розныя колеры (мал. 31, *2*).

Мал. 31. Знешні выгляд некаторых асноў: шчолачаў (*1*) і нерастваральных асноў (*2*)

Тэрмін «шчолач» паходзіць ад старарускага слова «шчолак», якое абазначала адвар чаго-небудзь у вадзе. Гэтым словам называлі, напрыклад, вадкасць, якая атрымліваецца пры кіпячэнні сумесі вады з попелам раслін. Рэчыва, якое знаходзіцца ў попеле, рэагуе з вадой і ператвараецца ў гідраксід калію KOH. Рэчыва, што змяшчаецца ў шчолаку, назвалі «шчолач». Пасля гэты тэрмін сталі выкарыстоўваць і для іншых растваральных у вадзе асноў.

Правообладатель Народная асвета

Меры засцярогі пры рабоце са шчолачамі

Шчолачы — едкія рэчывы. Не выпадкова ў старых назвах шчолачаў прысутнічае слова «едкі». Напрыклад, гідраксід натрыю **NaOH** часам называюць «едкі натр», а гідраксід калію **KOH** — **«едкае калі». Кантакт** шчолачы са скурай можа прывесці да балючых хімічных апёкаў, а пападанне шчолачаў у вочы — да страты зроку. Таму абыходзіцца са шчолачамі трэба вельмі асцярожна. Пры **рабоце з імі неабходна апранаць** сродкі аховы — халаты, пальчаткі і акуляры.

Важна памятаць, што растварэнне цвёрдых шчолачаў у вадзе суправаджаецца вылучэннем цеплаты. Яно можа быць настолькі моцным, што вада, якая змяшчаецца ў растворы, амаль імгненна закіпае, распырскваючы ва ўсе бакі кроплі едкай вадкасці. Трапіўшы на скуру, яны могуць выклікаць апёкі. Каб гэтага не здарылася, для падрыхтоўкі раствора шчолачы *яе ўносяць у ваду невялікімі порцыямі пры пастаянным перамешванні вадкасці.* Цеплата, якая пры гэтым вылучаецца, раўнамерна размяркоўваецца па ўсім растворы. А раствор пры гэтым, як правіла, толькі награваецца, але не закіпае і не распырскваецца.

Пры пападанні шчолачы на скуру ці ў вочы яе неабходна неадкладна змыць вялікай колькасцю вады, а затым пашкоджаны ўчастак прамыць спецыяльна прыгатаваным разведзеным растворам борнай або воцатнай кіслаты. У выпадку неабходнасці варта звярнуцца да ўрача.

Асновы — складаныя рэчывы, у састаў якіх уваходзяць атамы металаў і гідро́ксагруп OH.

Усе асновы — рэчывы немалекулярнай будовы.

*Асновы **класіфікуюцца па растваральнасці ў вадзе. Растваральныя асновы называюцца шчолачамі.***

*Шчолачы — **едкія рэчывы. Абыходзіцца з імі трэба вельмі асцярожна.***

? Пытанні і заданні

1. Якія рэчывы называюцца асновамі? Якая іх агульная формула?
2. Напішыце хімічныя формулы пяці асноў і назавіце іх.
3. Чым вызначаецца лік гідро́ксагруп OH у формуле асновы? Ці могуць атамы аднаго і таго ж металу злучацца з розным лікам груп OH? Чым адрозніваюцца назвы такіх асноў? Прывядзіце адпаведны прыклад.
4. Якія асновы называюцца шчолачамі? Прывядзіце прыклады чатырох шчолачаў і назавіце іх.

Правообладатель Народная асвета

5. У невядомай аснове $Me(OH)_2$ масавая доля металу складае 41,4 %. Вызначце састаў гэтай асновы і знайдзіце масавую долю кісларо́ду ў ёй.

6. У невядомай аснове $Me(OH)_3$ масавая доля кісларо́ду складае 61,5 %. Чаму роўная адносная формульная маса гэтай асновы?

7. Якіх правіл тэхнікі бяспекі неабходна прытрымлівацца пры рабоце са шчолачамі? Што трэба рабіць, калі раствор шчолачы трапіў на скуру ці ў вочы?

8. Сродак для прамывання кухоннай каналізацыі ўяўляе сабой раствор асновы. **Якая з прапанаваных асноў можа ўтрымлівацца ў гэтым растворы:** $Cu(OH)_2$; $Fe(OH)_3$; NaOH? Абгрунтуйце ваш выбар.

9. Разлічыце масу гідраксіду магнію, калі хімічная колькасць дадзенага рэчыва ў 10 разоў меншая за велічыню яго адноснай формульнай масы.

10. Знайдзіце масу сумесі гідраксіду натрыю і гідраксіду кальцыю, у якой іх хімічныя колькасці роўны адпаведна 0,3 моль і 0,4 моль.

11*. Хімічная колькасць гідраксіду калію складае 0,4 моль. Знайдзіце хімічную колькасць гідраксіду натрыю, які трэба дабавіць да зыходнага гідраксіду калію, каб маса атрыманай сумесі рэчываў была роўна 46,4 г.

Рыхтуемся да алімпіяд. Разлічыце масу гідраксіду магнію, які неабходна дабавіць да гідраксіду кальцыю масай 14,8 г, каб агульная хімічная колькасць асноў у сумесі была роўна 0,45 моль.

§ 17. Хімічныя ўласцівасці асноў

Паколькі ў састаў любой асновы ўваходзяць гідро́ксагрупы **OH**, звязаныя з атамам металу, усе асновы праяўляюць падобныя хімічныя ўласцівасці, якія называюцца *асноўнымі*. Веданне гэтых уласцівасцей вельмі важна для далейшага вывучэння хіміі, таму пазнаёмімся з імі больш падрабязна і сістэматызуем нашы веды.

1. Змяненне афарбоўкі індыкатараў

Вы ўжо ведаеце, што індыкатары ў прысутнасці шчолачаў змяняюць сваю афарбоўку: лакмус — з фіялетавай на сінюю, а метыларанж — з аранжавай на жоўтую. Бескаляровы фенолфталеін у растворах шчолачаў афарбоўваецца ў малінавы колер.

2. Узаемадзеянне з кіслотамі

Практычна ўсе асновы рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей па агульнай схеме:

АСНОВА + КІСЛАТА → СОЛЬ + ВАДА

Правообладатель Народная асвета

Запомніце, што ў солі, якая ўтвараецца, валентнасць металу такая ж, як у зыходнай аснове, а валентнасць кіслотнага астатку такая ж, як у зыходнай кіслаце.

Прыклады рэакцый, якія праходзяць у адпаведнасці з названай схемай:

$$\overset{\text{II}}{\text{Ca}}(\text{OH})_2 + 2\text{H}\overset{\text{I}}{\text{Cl}} = \overset{\text{II}\ \text{I}}{\text{Ca}\text{Cl}_2} + 2\text{H}_2\text{O};$$

гідраксід кальцыю — хлорава-дародная кіслата — хларыд кальцыю — вада

$$2\overset{\text{I}}{\text{Na}}\text{OH} + \text{H}_2\overset{\text{II}}{\text{SO}_4} = \overset{\text{I}\ \ \text{II}}{\text{Na}_2\text{SO}_4} + 2\text{H}_2\text{O}.$$

гідраксід натрыю — серная кіслата — сульфат натрыю — вада

Нагадаем, што рэакцыя паміж шчолаччу і кіслатой, у выніку якой утвараецца нейтральны раствор, называецца *рэакцыяй нейтралізацыі*.

3. Узаемадзеянне з кіслотнымі аксідамі

Усе шчолачы рэагуюць з кіслотнымі аксідамі па агульнай схеме:

ШЧОЛАЧ + КІСЛОТНЫ АКСІД → СОЛЬ + ВАДА

У солі, **якая ўтвараецца, валентнасць металу такая ж, як і ў зыходнай шчолачы**. Акрамя таго, *у састаў солі ўваходзіць астатак той кіслаты, якая адпавядае кіслотнаму аксіду*, што ўступае ў рэакцыю. Напрыклад, калі ў рэакцыю ўступае кіслотны аксід CO_2, якому адпавядае кіслата H_2CO_3, то ў састаў солі будзе ўваходзіць астатак гэтай кіслаты, г. зн. CO_3. Яго валентнасць, як вы ўжо ведаеце, роўна II:

$$2\overset{\text{I}}{\text{K}}\text{OH} + \text{CO}_2 = \overset{\text{I}\ \ \text{II}}{\text{K}_2\text{CO}_3} + \text{H}_2\text{O}.$$

гідраксід калію — аксід вугляроду(IV) — карбанат калію — вада

Калі ж у рэакцыю ўступае кіслотны аксід P_2O_5, якому адпавядае кіслата H_3PO_4, то ў саставе солі, якая ўтвараецца, будзе астатак гэтай кіслаты, г. зн. PO_4 з валентнасцю, роўнай III:

$$3\overset{\text{II}}{\text{Ca}}(\text{OH})_2 + \text{P}_2\text{O}_5 = \overset{\text{II}\ \ \ \text{III}}{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} + 3\text{H}_2\text{O}.$$

гідраксід кальцыю — аксід фосфару(V) — фасфат кальцыю — вада

Правообладатель Народная асвета

4. Узаемадзеянне з солямі

Усё шчолачы рэагуюць з солямі па агульнай схеме:

Мал. 32. Утварэнне асадкаў: *1* — гідраксіду медзі(II), *2* — гідраксіду жалеза(III)

Рэакцыі гэтага тыпу адносяцца да *рэакцый абмену*, паколькі ў працэсе ўзаемадзеяння зыходныя рэчывы — шчолач і соль — абменьваюцца сваімі састаўнымі часткамі. Пры гэтым валентнасць атамаў металаў і кіслотных астаткаў не змяняецца.

У выніку такіх рэакцый выпадае асадак (↓) новай асновы (мал. 32):

$$\overset{\text{I}\ \ \text{I}}{2\text{K}\text{OH}} + \overset{\text{II}\ \ \text{II}}{\text{Cu}\text{SO}_4} = \overset{\text{II}\ \ \text{I}}{\text{Cu}(\text{OH})_2}\downarrow + \overset{\text{I}\ \ \ \text{II}}{\text{K}_2\text{SO}_4};$$

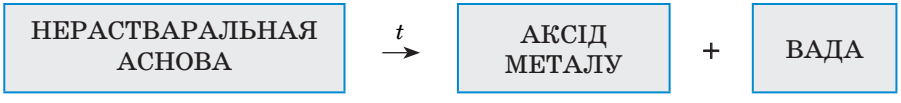
гідраксід калію — сульфат медзі(II) — гідраксід медзі(II) — сульфат калію

$$\overset{\text{I}\ \ \text{I}}{3\text{Na}\text{OH}} + \overset{\text{II}\ \ \text{I}}{\text{Fe}\text{Cl}_3} = \overset{\text{III}\ \ \text{I}}{\text{Fe}(\text{OH})_3}\downarrow + \overset{\text{I}\ \ \text{I}}{3\text{Na}\text{Cl}}.$$

гідраксід натрыю — хларыд жалеза(III) — гідраксід жалеза(III) — хларыд натрыю

5. Раскладанне пры награванні

Усе нерастваральныя асновы пры награванні раскладаюцца па агульнай схеме:



У ходзе такіх рэакцый валентнасць атамаў металу не змяняецца:

$$\overset{\text{II}}{\text{Cu}(\text{OH})_2} \overset{t}{=} \overset{\text{II}}{\text{Cu}\text{O}} + \text{H}_2\text{O}\uparrow;$$

гідраксід медзі(II) — аксід медзі(II) — вада

Правообладатель Народная асвета

$$\underset{\text{гідраксід жалеза(III)}}{2\overset{\text{III}}{Fe}(OH)_3} \xrightarrow{t} \underset{\text{аксід жалеза(III)}}{\overset{\text{III}}{Fe_2}O_3} + \underset{\text{вада}}{3H_2O\uparrow}.$$

У растворах шчолачаў індыкатары змяняюць сваю афарбоўку.

Усе асновы рэагуюць з кіслотамі з утварэннем солей і вады.

Шчолачы рэагуюць з кіслотнымі аксідамі, утвараючы соль і ваду.

Растваральныя асновы рэагуюць з солямі з утварэннем новых асноў і новых солей.

Нерастваральныя асновы раскладаюцца пры награванні.

Пытанні і заданні

1. Чаму асновы праяўляюць шэраг агульных хімічных уласцівасцей, якія называюцца асноўнымі?
2. Як змяняецца афарбоўка індыкатараў у растворах шчолачаў?
3. Напішыце ўраўненні рэакцый у растворах паміж рэчывамі: гідраксідам кальцыю і азотнай кіслатой; гідраксідам магнію і салянай кіслатой; гідраксідам калію і фосфарнай кіслатой. Назавіце прадукты гэтых рэакцый.
4. Якія рэакцыі адносяцца да рэакцый нейтралізацыі? Чаму яны так называюцца? Напішыце ўраўненні рэакцый нейтралізацыі, у выніку якіх утвараюцца солі: хларыд натрыю; нітрат кальцыю; сульфат калію.
5. Напішыце ўраўненні рэакцый у растворах паміж рэчывамі: гідраксідам кальцыю і аксідам вугляроду(IV); гідраксідам калію і аксідам фосфару(V); гідраксідам натрыю і аксідам серы(VI). Назавіце рэчывы, якія ўтвараюцца.
6. Напішыце ўраўненні рэакцый у растворах паміж рэчывамі: гідраксідам калію і нітратам медзі(II); гідраксідам натрыю і сульфатам жалеза(III); гідраксідам кальцыю і хларыдам алюмінію. Назавіце прадукты гэтых рэакцый.
7. З прапанаванага пераліку выберыце формулы асноў, якія раскладаюцца пры награванні: KOH; $Fe(OH)_2$; $Al(OH)_3$; NaOH; $Mg(OH)_2$. Напішыце ўраўненні магчымых рэакцый, назавіце іх прадукты.
8. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць паслядоўныя ператварэнні:

   аксід натрыю → гідраксід натрыю → карбанат натрыю;
   кальцый → аксід кальцыю → гідраксід кальцыю → фасфат кальцыю;
   вугляród → аксід вугляроду(IV) → вугальная кіслата → карбанат калію.

Правообладатель Народная асвета

9. Уявіце сабе, што вам неабходна атрымаць гідраксід магнію. У вас ёсць толькі аксід магнію і саляная кіслата. З прапанаванага спісу выберыце назву рэчыва, якога не хапае: вада, серная кіслата, гідраксід калію, аксід фосфару(V). Напішыце ўраўненні неабходных рэакцый, назавіце іх прадукты.

10. Разлічыце масу фосфарнай кіслаты, якая прарэагуе з гідраксідам натрыю масай 24 г.

11*. Вуглякіслы газ прарэагаваў са шчолаччу, у выніку чаго ўтварыўся карбанат натрыю масай 21,2 г. Знайдзіце аб'ём зыходнага вуглякіслага газу і масу шчолачы, якая з ёй прарэагавала.

Рыхтуемся да алімпіяд. У выніку тэрмічнага раскладання гідраксіду медзі(II) утварылася вада масай 3,6 г. Знайдзіце масу аксіду медзі(II), які ўтварыўся пры гэтым, і хімічную колькасць зыходнага гідраксіду медзі(II).

Дамашні эксперымент

Вядома, што растворы шчолачаў такія ж слізкія, як і мыла. Ці значыць гэта, што ў мыльным растворы змяшчаецца шчолач? Каб адказаць на гэтае пытанне, растварыце крыху мыла ў цёплай вадзе і ў атрыманы раствор дадайце некалькі кропель хатняга індыкатару — соку чарніц або чырвонакачаннай капусты. Што вы назіраеце? Аб чым гэта сведчыць? Раскажыце аб сваім даследаванні аднакласнікам і настаўніку.

§ 18. Атрыманне і прымяненне асноў

Паколькі растваральныя і нерастваральныя асновы адрозніваюцца паміж сабой па некаторых уласцівасцях, гэтыя рэчывы атрымліваюць рознымі спосабамі.

Атрыманне шчолачаў

Адным са спосабаў атрымання шчолачаў з'яўляецца ўзаемадзеянне аксідаў актыўных металаў **(Li, Na, K, Ca, Ba)** з вадой (г. зн. гідратацыя аксідаў), напрыклад:

$$\underset{\text{аксід кальцыю}}{CaO} + \underset{\text{вада}}{H_2O} = \underset{\text{гідраксід кальцыю}}{Ca(OH)_2}.$$

Атрыманне нерастваральных асноў

Нерастваральныя асновы атрымліваюць узаемадзеяннем растваральных асноў (шчолачаў) з солямі, напрыклад:

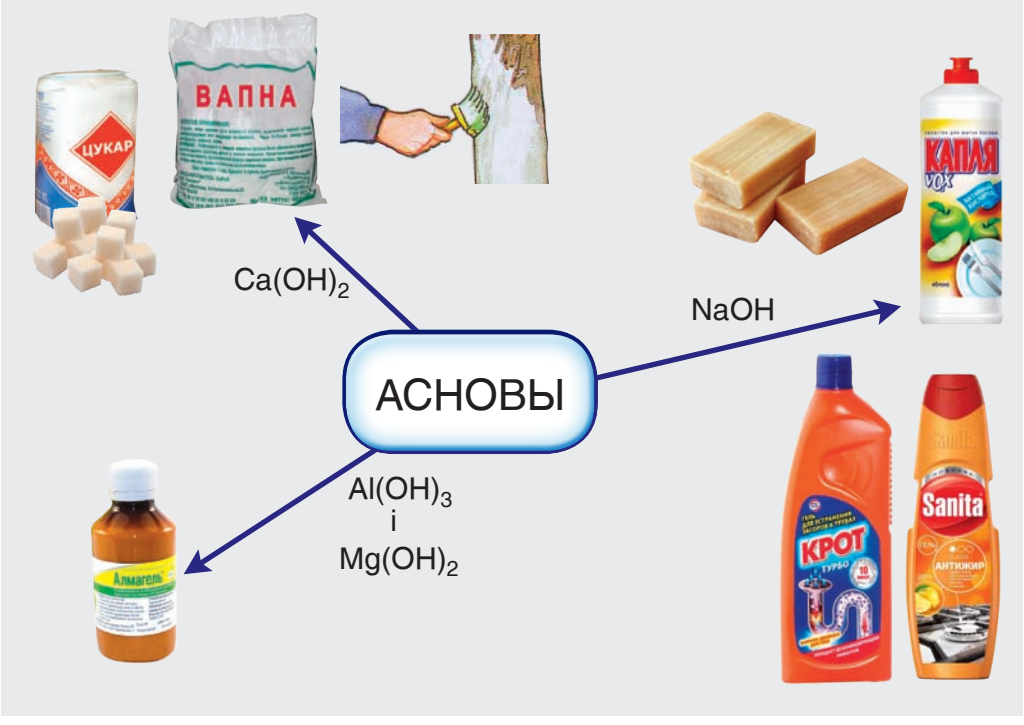
Правообладатель Народная асвета

$$\underset{\text{гідраксід калію}}{3KOH} + \underset{\text{нітрат жалеза(III)}}{Fe(NO_3)_3} = \underset{\text{гідраксід жалеза(III)}}{Fe(OH)_3\downarrow} + \underset{\text{нітрат калію}}{3KNO_3}.$$

Нерастваральныя асновы, якія ўтвараюцца, вылучаюцца з растворaў у выглядзе асадкаў (гл. мал. 32).

Прымяненне асноў

З усіх асноў найбольш шырокае прымяненне знаходзяць шчолачы. Раствор адной з іх вы напэўна зможаце знайсці дома. Гэтую вадкасць пад назвай «Крот» (мал. 33) выкарыстоўваюць у быце для прамывання кухоннай каналізацыі. Справа ў тым, што трубы ў кухні паступова забіваюцца рэшткамі тлушчу і тлустай ежы, якія перашкаджаюць сцёку вады. А шчолачы валодаюць здольнасцю растварaць тлушчы. Дастаткова ў **забруджаную трубу ўліць невялікую колькасць «Крата», і праз некаторы час праблема будзе вырашана.**



Мал. 33. Прымяненне асноў

Правообладатель Народная асвета

У апошні час у быце атрымалі шырокае распаўсюджанне *шчолачныя гелі* — густыя вадкасці, якія змяшчаюць гідраксід натрыю. Яны прызначаныя для хуткага выдалення рэшткаў тлушчу, які прыгарэў, з паверхні кухонных пліт і мікрахвалевых печаў.

У значна большым аб'ёме гідраксід натрыю прымяняецца ў хімічнай прамысловасці. Яго выкарыстоўваюць у вытворчасці мыла, вадкіх мыйных сродкаў, паперы, штучных валокнаў, розных солей і некаторых лекаў.

Іншая растваральная аснова, якая выкарыстоўваецца ў вялікіх маштабах, — гідраксід кальцыю **$Ca(OH)_2$**. Яго тэхнічная назва — «вапна». Суспензія гэтай асновы ў вадзе, якая нагадвае па знешнім выглядзе малако, выкарыстоўваецца для пабелкі дрэў вясной. Робіцца гэта для таго, каб лічынкі шкодных насякомых не змаглі прапаўзці з зямлі да галін дрэў. Справа ў тым, што пры кантакце з вапнай гэтыя лічынкі гінуць. Акрамя таго, гідраксід кальцыю шырока выкарыстоўваецца ў якасці будаўнічага матэрыялу для пабелкі сцен і столяў. Ён уваходзіць у **састаў будаўнічых сумесей для тынкоўкі, яго часта дадаюць у цэментавыя растворы** для павелічэння трываласці бетонных і жалезабетонных канструкцый.

Вялікія колькасці гідраксіду кальцыю выкарыстоўваюцца ў вытворчасці цукру з цукровых буракоў.

З нерастваральных асноў знаходзяць прымяненне гідраксіды алюмінію **$Al(OH)_3$** і магнію **$Mg(OH)_2$**. Яны ўваходзяць у састаў медыцынскага прэпарата «Алмагель», які прымаюць унутр пры захворваннях стрававальнай сістэмы.

Лабараторны дослед 1

Атрыманне нерастваральнай асновы

У прабірку з растворам сульфату медзі(II) дадайце **роўны аб'ём** раствору гідраксіду натрыю. Што назіраецца? Якога колеру асадак, які выпаў?

Напішыце ўраўненне рэакцыі, якая працякае, і назавіце яе тып.

Растваральныя асновы ўтвараюцца пры ўзаемадзеянні актыўных металаў з вадой.

Нерастваральныя асновы атрымліваюцца ў выніку ўзаемадзеяння шчолачаў з солямі.

Шчолачы знаходзяць шырокае практычнае прымяненне.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Пералічыце вядомыя вам спосабы атрымання асноў. На рэакцыях якіх тыпаў яны заснаваныя?
2. Напішыце ўраўненні рэакцый металаў з вадой, у выніку якіх утвараюцца гідраксіды натрыю і кальцыю.
3. Аксіды якіх металаў рэагуюць з вадой з утварэннем шчолачаў? Напішыце тры ўраўненні адпаведных рэакцый.
4. Як атрымліваюць нерастваральныя асновы? Напішыце па два ўраўненні рэакцый атрымання нерастваральных асноў — гідраксіду магнію і гідраксіду жалеза(III).
5. Для чаго ў быце выкарыстоўваецца гідраксід натрыю? На чым заснавана яго прымяненне? Якое прамысловае прымяненне гідраксіду натрыю? Якія каштоўныя матэрыялы і рэчывы атрымліваюць на яго аснове?
6. Дзе знаходзіць прымяненне гідраксід кальцыю? Для чаго вясной ажыццяўляецца пабелка ствалоў дрэў? Атрыманне якога важнага прадукту харчавання звязана з выкарыстаннем гідраксіду кальцыю?
7. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць паслядоўныя ператварэнні:

   калій → аксід калію → гідраксід калію → гідраксід медзі(II);
   гідраксід жалеза(III) → вада → гідраксід барыю → нітрат барыю.
8. Натрый прарэагаваў з вадой, у выніку чаго ўтварылася шчолач масай 16 г. Разлічыце масу зыходнага натрыю і аб'ём (н. у.) вадароду, які вылучыўся.
9. Хімічная колькасць аксіду кальцыю, які ўступіў у рэакцыю з вадой, роўна 0,75 моль. Разлічыце масы прарэагаваўшай вады і атрыманага гідраксіду кальцыю.
10. Разлічыце масу хларыду жалеза(III), пры ўзаемадзеянні якога з гідраксідам натрыю атрымаецца гідраксід жалеза(III) хімічнай колькасцю 0,4 моль.
11. Кавалачак калію растварылі ў вадзе, а да атрыманай шчолачы дадалі раствор хларыду медзі(II). Пры гэтым утварыўся асадак масай 1,96 г. Разлічыце масу зыходнага калію.

Рыхтуемся да алімпіяд. Сумесь аксідаў натрыю і кальцыю мае агульную масу 90 г. У гэтай сумесі хімічная колькасць аксіду кальцыю роўна 0,5 моль. Знайдзіце масу вады, якая адрэагуе з названай сумессю аксідаў.

Практычная работа 2

Вывучэнне рэакцый нейтралізацыі

Мэта работы: Вывучыць уздзеянне кіслот і шчолачаў на індыкатары, узаемадзеянне кіслот з асновамі. Паўтарыць асноўныя правілы паводзін і працы ў хімічнай лабараторыі.

Правообладатель Народная асвета

I. Уздзеянне кіслот і шчолачаў на індыкатары. Выкарыстоўваючы адзін з індыкатараў, распазнайце ў выдадзеных вам прабірках 1 і 2 растворы рэчываў — гідраксіду натрыю і хлоравадароднай кіслаты. Для гэтага ў кожную прабірку дадайце па 1—2 кроплі раствору індыкатару і вызначце, у якой з іх знаходзіцца раствор шчолачы, а ў якой — раствор кіслаты.

II. Рэакцыя нейтралізацыі

1. У прабірку з выяўленай вамі хлоравадароднай кіслатой і дададзеным індыкатарам падліце па кроплях з другой прабіркі раствор шчолачы, пастаянна падтрасаючы сумесь. Шчолач дадавайце да таго моманту, пакуль афарбоўка раствору **не стане такой, як у воднага раствору** індыкатару. Састаўце ўраўненне рэакцыі нейтралізацыі, назавіце соль, якая ўтварылася.

2. У прабірку наліце 1—2 $см^3$ раствору **гідраксіду натрыю і дадайце** да яго 1—2 кроплі раствору фенолфталеіну. Адзначце з'яўленне інтэнсіўнай малінавай афарбоўкі. **Нейтралізуйце шчолач разведзенай** сернай кіслатой. Састаўце ўраўненне рэакцыі, назавіце соль, якая ўтварылася.

§ 19. Солі. Састаў і класіфікацыя солей

Пры вывучэнні хімічных уласцівасцей аксідаў, кіслот і асноў вы даведаліся, што гэтыя рэчывы ў выніку розных рэакцый ператвараюцца ў солі — найбольш шматлікі клас неарганічных рэчываў.

Састаў солей

З курса хіміі 7-га класа вы ўжо ведаеце, што **солі — гэта складаныя рэчывы, у састаў якіх уваходзяць атамы металаў і кіслотныя астаткі.** Паколькі розных металаў і кіслотных астаткаў вядома шмат, то і лік утвораных імі солей вельмі вялікі.

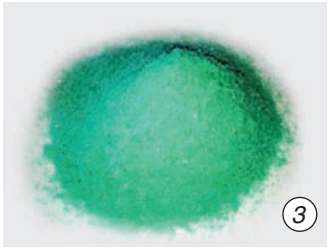
Успомнім правілы састаўлення формул солей і іх назваў.

Састаў кожнай солі вызначаецца значэннямі валентнасці металу, які ў ёй змяшчаецца, і кіслотнага астатку. Для састаўлення формулы солі, напрыклад сульфату алюмінію, трэба зрабіць наступнае.

1. Напісаць сімвал металу алюмінію (**Al**), побач формулу кіслотнага астатку (SO_4) і паказаць зверху рымскімі лічбамі значэнні іх валентнасці (III і II):

$$\overset{\text{III}\ \ \text{II}}{\mathbf{Al SO_4}}.$$

Правообладатель Народная асвета



2. Знайсці найменшае агульнае кратнае (НАК) гэтых значэнняў (6) і запісаць яго велічыню пасярэдзіне над рымскімі лічбамі:

$$\overset{\text{III}}{\mathbf{Al}}\ \overset{6}{\mathbf{SO_4}}\ \overset{\text{II}}{}.$$

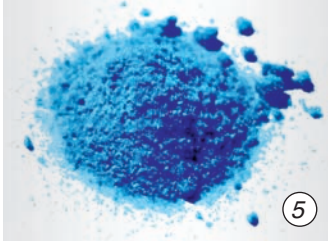
3. Знайсці індэксы для атамаў металу і кіслотнага астатку, па чарзе падзяліўшы НАК на значэнні іх валентнасці: індэкс для $\mathbf{Al} = 6 : \text{III} = 2$; індэкс для $\mathbf{SO_4} = 6 : \text{II} = 3$. Такім чынам, формула сульфату алюмінію — $\mathbf{Al_2(SO_4)_3}$.

Назва любой солі складаецца з двух слоў — назвы кіслотнага астатку (у назоўным склоне) і назвы металу (у родным склоне). Прыклады: $\mathbf{AlCl_3}$ — хларыд алюмінію; $\mathbf{BaSO_4}$ — сульфат барыю; $\mathbf{K_2CO_3}$ — карбанат калію; $\mathbf{Mg(NO_3)_2}$ — нітрат магнію. Калі метал праяўляе зменную валентнасць, то яе значэнні **паказваюцца** рымскай лічбай у дужках пасля назвы металу, напрыклад:

$\overset{\text{II}}{\mathbf{FeSO_4}}$ — сульфат жалеза(II);

$\overset{\text{III}}{\mathbf{Fe_2(SO_4)_3}}$ — сульфат жалеза(III).

Усе солі — рэчывы немалекулярнай будовы. Пры пакаёвай тэмпературы гэта — цвёрдыя крышталічныя рэчывы самай разнастайнай афарбоўкі (мал. 34). Многія з солей **раствараль**ныя ў вадзе. Некаторыя солі ядавітыя.



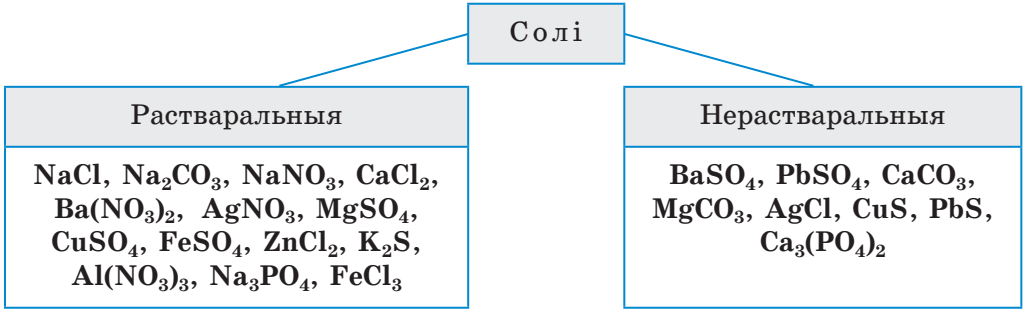
Мал. 34. Знешні выгляд некаторых солей: *1* — Na_2CrO_4, *2* — $K_2Cr_2O_7$, *3* — $NiSO_4$, *4* — $NaCl$, *5* — $CuSO_4$, *6* — $KMnO_4$, *7* — $CoCl_2$

Правообладатель Народная асвета

Вучоныя мяркуюць, што слова «соль» паходзіць ад слова «сонца». Справа ў тым, што пад уздзеяннем цёплых сонечных прамянёў вада некаторых азёр выпараецца, пакідаючы на дне белае цвёрдае рэчыва. Яно спадабалася старажытным людзям і трывала ўвайшло ў жыццё пад назвай «соль». Пазней гэта слова сталі выкарыстоўваць у множным ліку для абазначэння цэлага класа аднатыпных рэчываў, якія вы зараз вывучаеце.

Класіфікацыя солей

Па здольнасці растварацца ў вадзе ўсе солі дзеляцца на дзве вялікія групы — *растваральныя* і *нерастваральныя*. Прыклады солей кожнай з гэтых груп прыведзены ў наступнай схеме:



Інфармацыю аб растваральнасці солей у вадзе вы знойдзеце на форзацы 2 вучэбнага дапаможніка.

Солі — складаныя рэчывы, у састаў якіх уваходзяць атамы металаў і кіслотныя астаткі.

Усе солі — цвёрдыя крышталічныя рэчывы.

Па растваральнасці ў вадзе солі падраздзяляюцца на растваральныя і нерастваральныя.

Пытанні і заданні

1. Якія рэчывы называюцца солямі? Напішыце формулы пяці вядомых вам солей і назавіце іх.
2. Састаўце хімічныя формулы солей: нітрат жалеза(II); карбанат калію; хларыд алюмінію; сульфат жалеза(III); фасфат калію; карбанат магнію; сілікат натрыю.
3. Напішыце формулы і назвы солей, у састаў якіх уваходзяць:
   а) атамы магнію і астаткі фосфарнай кіслаты;
   б) атамы цынку і астаткі азотнай кіслаты;

Правообладатель Народная асвета

в) атамы алюмінію і астаткі салянай кіслаты;
г) атамы жалеза(II) і астаткі сернай кіслаты;
д) атамы натрыю і астаткі крэмніевай кіслаты.

4. Напішыце ўраўненні рэакцый і назавіце солі, якія ўтвараюцца пры ўзаемадзеянні рэчываў:

а) аксіду алюмінію і азотнай кіслаты;
б) аксіду фосфару(V) і гідраксіду кальцыю;
в) гідраксіду натрыю і аксіду вугляроду(IV);
г) сернай кіслаты і аксіду магнію;
д) гідраксіду калію і нітрату жалеза(II).

5. Разлічыце масавыя долі алюмінію ў яго хларыдзе і сульфаце. У якой з солей масавая доля металу большая?

6. У карбанаце невядомага аднавалентнага металу масавая доля кісларoду складае 45,3 %. Вызначце невядомы метал.

7. Выберыце сумесь солей, якую можна цалкам растварыць у вадзе:

а) $Al(NO_3)_3$, $CaCO_3$, $CaCl_2$; б) KBr, KNO_3, $MgSO_4$;
в) KNO_3, KBr, $BaSO_4$; г) $Ca_3(PO_4)_2$, $ZnSO_4$, NaCl.

8. Разлічыце масу сумесі нітрату натрыю і карбанату цынку, у якой іх хімічныя колькасці роўны адпаведна 0,4 моль і 1,2 моль.

9. Знайдзіце хімічную колькасць хларыду натрыю, які трэба дадаць да нітрату калію масай 55 г для атрымання сумесі агульнай масай 78,4 г.

10. Чаму роўна маса сульфату алюмінію, калі хімічная колькасць гэтага рэчыва ў 100 разоў меншая за яго адносную формульную масу?

11. Разлічыце агульную хімічную колькасць карбанату калію і нітрату магнію ў іх сумесі, калі масы названых солей роўны адпаведна 13,8 г і 29,6 г.

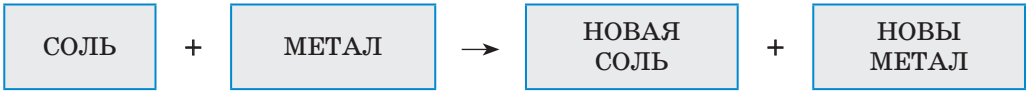
Рыхтуемся да алімпіяд. У аксідзе невядомага трохвалентнага металу масавая доля металу складае 52,9 %. Знайдзіце масавую долю гэтага ж металу ў яго хларыдзе.

§ 20. Хімічныя ўласцівасці солей

Для большасці солей характэрны рэакцыі замяшчэння і абмену, а для некаторых яшчэ і рэакцыі раскладання. Пазнаёмімся з гэтымі рэакцыямі больш падрабязна.

1. Рэакцыі з металамі

Солі рэагуюць з металамі па агульнай схеме:



Правообладатель Народная асвета

Мал. 35. «Серабрэнне» манеты

Пры гэтым заўсёды *больш актыўны метал, размешчаны ў радзе актыўнасці лявей, выцясняе з солі менш актыўны метал, які размешчаны ў гэтым радзе правей* (гл. форзац 2).

Прыклады рэакцый:

$$\overset{\text{II I}}{3CuCl_2} + 2Al = \overset{\text{III I}}{2AlCl_3} + 3Cu\downarrow;$$

хларыд медзі(II) — алюмі-ній — хларыд алюмінію — медзь

$$\overset{\text{I I}}{3AgNO_3} + Fe = \overset{\text{III I}}{Fe(NO_3)_3} + 3Ag\downarrow.$$

нітрат серабра — жалеза — нітрат жалеза(III) — серабро

Менш актыўныя металы, якія ўтвараюцца ў гэтых рэакцыях, асядаюць на паверхні больш актыўных металаў у выглядзе рыхлай скарыначкі. Аднак, калі менш актыўным металам з'яўляецца вадкая ртуць, яна вылучаецца ў выглядзе суцэльнай бліскучай плёнкі. На гэтай яе ўласцівасці заснаваны вельмі цікавы вопыт «Серабрэнне манеты». У раствор солі ртуці $\overset{\text{II I}}{Hg(NO_3)_2}$ апускаюць медную манету і практычна адразу ж яе паверхня становіцца бліскучай, як серабро (мал. 35). Гэты бляск ніяк не звязаны з серабром, ён абумоўлены вылучэннем бліскучай ртуці:

$$\overset{\text{II I}}{Hg(NO_3)_2} + Cu = \overset{\text{II I}}{Cu(NO_3)_2} + Hg\downarrow.$$

нітрат ртуці(II) — медзь — нітрат медзі(II) — ртуць

Помніце! Ртуць і яе солі ядавітыя! Таму дадзены вопыт нельга спрабаваць выканаць самастойна.

2. Рэакцыі з кіслотамі

Вы вывучылі хімічныя ўласцівасці кіслот і ўжо ведаеце, што ў водных растворах яны рэагуюць з солямі, утвараючы новыя кіслоты і новыя солі. Калі кіслоты рэагуюць з солямі, то, несумненна, будзе правільным сказаць, што солі рэагуюць з кіслотамі.

Такім чынам, у водных растворах солі рэагуюць з кіслотамі па агульнай схеме:

СОЛЬ + КІСЛАТА → НОВАЯ СОЛЬ + НОВАЯ КІСЛАТА

Правообладатель Народная асвета

Звярніце ўвагу! *У ходзе рэакцый гэтага тыпу валентнасць атамаў металаў і кіслотных астаткаў не змяняецца.*

Гэтыя рэакцыі працякаюць, калі адно з рэчываў, якія ўтвараюцца, выпадае ў асадак або вылучаецца з раствору ў выглядзе газу (гл. мал. 32), напрыклад:

$$\overset{\text{II I}}{\mathrm{BaCl_2}} + \overset{\text{I II}}{\mathrm{H_2SO_4}} = \overset{\text{II II}}{\mathrm{BaSO_4}}\downarrow + \overset{\text{I I}}{\mathrm{2HCl}};$$

хларыд барыю — серная кіслата — сульфат барыю — хлоравадародная кіслата

$$\overset{\text{I II}}{\mathrm{K_2S}} + \overset{\text{I I}}{\mathrm{2HCl}} = \overset{\text{I I}}{\mathrm{2KCl}} + \overset{\text{I II}}{\mathrm{H_2S}}\uparrow.$$

сульфід калію — хлоравадародная кіслата — хларыд калію — сераводарод

Рэакцыі гэтага тыпу адносяцца да *рэакцый абмену*, паколькі зыходныя рэчывы, якія ў іх удзельнічаюць, абменьваюцца сваімі састаўнымі часткамі.

3. Рэакцыі са шчолачамі

Вывучыўшы хімічныя ўласцівасці асноў, вы даведаліся, што асновы (шчолачы) рэагуюць з солямі, утвараючы новыя асновы і новыя солі. Несумненна, што гэтыя ж прадукты ўтвараюцца і пры ўзаемадзеянні солей з асновамі.

Такім чынам, солі рэагуюць са шчолачамі па агульнай схеме:

СОЛЬ + АСНОВА (ШЧОЛАЧ) → НОВАЯ СОЛЬ + НОВАЯ АСНОВА

Звярніце ўвагу! *У ходзе такіх рэакцый валентнасць атамаў металаў, гідро́ксагруп і кіслотных астаткаў не змяняецца.*

Гэтыя працэсы працякаюць, калі адзін або абодва прадукты рэакцый нерастваральныя ў вадзе, напрыклад:

$$\overset{\text{II II}}{\mathrm{FeSO_4}} + \overset{\text{I I}}{\mathrm{2NaOH}} = \overset{\text{I II}}{\mathrm{Na_2SO_4}} + \overset{\text{II I}}{\mathrm{Fe(OH)_2}}\downarrow;$$

сульфат жалеза(II) — гідраксід натрыю — сульфат натрыю — гідраксід жалеза(II)

$$\overset{\text{II II}}{\mathrm{ZnSO_4}} + \overset{\text{II I}}{\mathrm{Ba(OH)_2}} = \overset{\text{II II}}{\mathrm{BaSO_4}}\downarrow + \overset{\text{II I}}{\mathrm{Zn(OH)_2}}\downarrow.$$

сульфат цынку — гідраксід барыю — сульфат барыю — гідраксід цынку

Правообладатель Народная асвета

4. Рэакцыі з іншымі солямі

Солі ў водных растворах уступаюць у рэакцыі абмену з іншымі солямі па агульнай схеме:

Звярніце ўвагу! *У ходзе рэакцый гэтага тыпу валентнасць атамаў металаў і кіслотных астаткаў не змяняецца.*

Гэтыя рэакцыі працякаюць, калі адна ці абедзве новыя солі нерастваральныя ў вадзе:

$$\overset{\text{II I}}{\mathbf{CaCl_2}} + \overset{\text{I II}}{\mathbf{Na_2CO_3}} = \overset{\text{II II}}{\mathbf{CaCO_3}}\downarrow + \overset{\text{I I}}{\mathbf{2NaCl}};$$

хларыд кальцыю — карбанат натрыю — карбанат кальцыю — хларыд натрыю

$$\overset{\text{II II}}{\mathbf{CuSO_4}} + \overset{\text{II II}}{\mathbf{BaS}} = \overset{\text{II II}}{\mathbf{CuS}}\downarrow + \overset{\text{II II}}{\mathbf{BaSO_4}}\downarrow.$$

сульфат медзі(II) — сульфід барыю — сульфід медзі(II) — сульфат барыю

Солі некаторых кіслародзмяшчальных кіслот раскладаюцца пры награванні з утварэннем асноўнага і кіслотнага аксідаў па агульнай схеме:

У ходзе такіх рэакцый заўсёды ўтвараецца газападобны кіслотны аксід. Ён адпавядае кіслаце, астатак якой змяшчаецца ў солі. Паколькі вугальнай кіслаце $\mathbf{H_2CO_3}$ адпавядае кіслотны аксід $\mathbf{CO_2}$, то пры раскладанні многіх солей названай кіслаты ўтворыцца гэты аксід:

$$\overset{\text{II}}{\mathbf{CaCO_3}} \overset{t}{=} \overset{\text{II}}{\mathbf{CaO}} + \mathbf{CO_2}\uparrow.$$

карбанат кальцыю — аксід кальцыю — аксід вугляроду(IV)

Па прыведзенай схеме раскладаюцца і некаторыя солі сярністай кіслаты $\mathbf{H_2SO_3}$, якой адпавядае кіслотны аксід $\mathbf{SO_2}$:

$$\overset{\text{II}}{\mathbf{BaSO_3}} \overset{t}{=} \overset{\text{II}}{\mathbf{BaO}} + \mathbf{SO_2}\uparrow.$$

сульфіт барыю — аксід барыю — аксід серы(IV).

Правообладатель Народная асвета

Звярніце ўвагу! *У ходзе гэтых рэакцый валентнасць атамаў металаў не змяняецца.*

Для большасці солей характэрны рэакцыі замяшчэння і абмену, некаторыя солі раскладаюцца пры награванні.

Солі рэагуюць з металамі з утварэннем новай солі і новага металу.

Солі рэагуюць з кіслотамі з утварэннем новай солі і новай кіслаты.

Солі рэагуюць са шчолачамі, утвараючы новую соль і новую аснову.

Солі ўступаюць у рэакцыі з іншымі солямі, утвараючы новыя солі.

Лабараторны дослед 2

Узаемадзеянне растораў солей з металамі

Наліце ў прабірку раствор сульфату медзі(II) аб'ёмам прыкладна 5 см^3. Апусціце ў гэты раствор вычышчаны ад іржы і тлушчу жалезны прадмет (цвік, канцылярскую сашчэпку). Што назіраецца прыкладна праз 1 хвіліну?

Напішыце ўраўненне рэакцыі, якая працякае, і вызначце яе тып.

? Пытанні і заданні

1. Якія тыпы рэакцый характэрны для большасці солей? Напішыце па два ўраўненні рэакцый кожнага з названых вамі тыпаў.
2. Якія з металаў — Zn, Au, Fe, Hg, Mg, Al, Ag — выцясняюць медзь з сульфату медзі ў водным растворы? Напішыце ўраўненні ўсіх магчымых рэакцый, назавіце рэчывы.
3. У растворы ўтрымліваюцца нітраты натрыю, кальцыю, медзі(II) і серабра(I). У гэты раствор дадавалі цынк да завяршэння магчымых рэакцый. Якія рэчывы ўтрымліваюцца ў растворы, што ўтварыўся? Абгрунтуйце свой адказ.
4. У адной са шклянак знаходзіцца раствор карбанату калію, а ў другой — раствор хларыду барыю. У кожную са шклянак далілі раствор сернай кіслаты. Якія змены павінны пры гэтым адбыцца? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый, назавіце іх прадукты.
5. Выкарыстоўваючы звесткі аб растваральнасці солей (§ 19), растлумачце, чаму ў растворы:

   а) карбанат натрыю рэагуе з хларыдам кальцыю, але не рэагуе з хларыдам калію;

   б) хларыд натрыю рэагуе з нітратам серабра, але не рэагуе з нітратам кальцыю;

Правообладатель Народная асвета

в) фасфат натрыю рэагуе з нітратам магнію, але не рэагуе з нітратам натрыю.

Напішыце ўраўненні магчымых рэакцый, назавіце рэчывы, якія ўтвараюцца.

6. Напішыце ўраўненні рэакцый паміж рэчывамі:

а) хларыдам медзі(II) і гідраксідам калію;
б) гідраксідам натрыю і сульфатам жалеза(III);
в) гідраксідам кальцыю і нітратам магнію;
г) сульфатам натрыю і гідраксідам барыю.

7. Уявіце, што ў адной са шклянак знаходзіцца раствор нітрату калію, а ў другой — раствор нітрату кальцыю. Раствор якой з солей — NaCl або Na_2CO_3 — трэба дадаць у кожную са шклянак, каб распазнаць, што ў іх знаходзіцца? Растлумачце свой выбар. Напішыце ўраўненне адпаведнай рэакцыі, назавіце яе прадукты.

8. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць паслядоўныя ператварэнні:

хларыд натрыю → хлоравадародная кіслата → азотная кіслата;
сульфат медзі(II) → гідраксід медзі(II) → нітрат медзі(II) → медзь → аксід медзі(II);
карбанат кальцыю → вуглякіслы газ → карбанат калію → нітрат калію.

9. Разлічыце масу жалеза, якое прарэагуе з сульфатам медзі(II) масай 32 г.

10. Знайдзіце аб'ём (н. у.) вуглякіслага газу, які вылучыцца пры растварэнні ў салянай кіслаце карбанату кальцыю масай 15 г.

11. Знайдзіце хімічную колькасць і аб'ём вуглякіслага газу, які ўтвараецца пры тэрмічным раскладанні карбанату кальцыю масай 40 г.

Рыхтуемся да алімпіяд. Да раствору нітрату жалеза(III) далілі раствор невядомай шчолачы, у выніку чаго ўтварылася соль — нітрат калію і нерастваральная аснова масай 10,7 г. Разлічыце масу шчолачы, якая прарэагавала.

§ 21. Атрыманне і прымяненне солей

Многія з солей, якія знаходзяць практычнае прымяненне, атрымліваюць на хімічных прадпрыемствах. Для гэтага выкарыстоўваюць розныя рэакцыі, у тым ліку і тыя, з якімі вы пазнаёміліся пры вывучэнні хімічных уласцівасцей аксідаў, кіслот, асноў і солей. Найважнейшымі спосабамі атрымання солей з'яўляюцца наступныя.

1. Узаемадзеянне металаў з неметаламі

Многія металы ўступаюць у хімічныя рэакцыі з найбольш актыўнымі неметаламі — хлорам Cl_2, бромам Br_2, ёдам I_2, а таксама з серай S. Пры

Правообладатель Народная асвета

гэтым утвараюцца солі адпаведных бескіслародных кіслот. Напрыклад, у выніку рэакцый металаў з хлорам утвараюцца *хларыды* — солі хлоравадароднай (салянай) кіслаты:

$$\underset{\text{натрый}}{2Na} + \underset{\text{хлор}}{Cl_2} = \underset{\substack{\textbf{хларыд}\\ \text{натрыю}}}{2NaCl};$$

$$\underset{\text{кальцый}}{Ca} + \underset{\text{хлор}}{Cl_2} = \underset{\substack{\textbf{хларыд}\\ \text{кальцыю}}}{CaCl_2};$$

$$\underset{\text{жалеза}}{2Fe} + \underset{\text{хлор}}{3Cl_2} = \underset{\substack{\textbf{хларыд}\\ \text{жалеза(III)}}}{2FeCl_3}.$$

Пры ўзаемадзеянні металаў з серай утвараюцца *сульфіды* — солі серавадароднай кіслаты:

$$\underset{\text{калій}}{2K} + \underset{\text{сера}}{S} = \underset{\substack{\textbf{сульфід}\\ \text{калію}}}{K_2S};$$

$$\underset{\text{жалеза}}{Fe} + \underset{\text{сера}}{S} = \underset{\substack{\textbf{сульфід}\\ \text{жалеза(II)}}}{FeS};$$

$$\underset{\text{алюміній}}{2Al} + \underset{\text{сера}}{3S} = \underset{\substack{\textbf{сульфід}\\ \text{алюмінію}}}{Al_2S_3}.$$

2. Узаемадзеянне асноўных аксідаў з кіслотнымі аксідамі

Многія **солі кіслародзмяшчальных кіслот утвараюцца ў выніку рэакцый асноўных аксідаў з кіслотнымі аксідамі**, напрыклад:

$$\underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{натрыю}}}{Na_2O} + \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{вугляроду(IV)}}}{CO_2} = \underset{\substack{\textbf{карбанат}\\ \text{натрыю}}}{Na_2CO_3};$$

$$\underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{калію}}}{K_2O} + \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{азоту(V)}}}{N_2O_5} = \underset{\substack{\textbf{нітрат}\\ \text{калію}}}{2KNO_3};$$

$$\underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{кальцыю}}}{3CaO} + \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{фосфару(V)}}}{P_2O_5} = \underset{\substack{\textbf{фасфат}\\ \text{кальцыю}}}{Ca_3(PO_4)_2};$$

$$\underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{магнію}}}{MgO} + \underset{\substack{\text{аксід}\\ \text{серы(VI)}}}{SO_3} = \underset{\substack{\textbf{сульфат}\\ \text{магнію}}}{MgSO_4}.$$

Правообладатель Народная асвета

3. Узаемадзеянне асноўных аксідаў з кіслотамі

Важным спосабам атрымання солей з'яўляецца ўзаемадзеянне асноўных аксідаў з бескіслароднымі і кіслародзмяшчальнымі кіслотамі:

$$\underset{\text{аксід натрыю}}{Na_2O} + \underset{\text{сераводародная кіслата}}{H_2S} = \underset{\textbf{сульфід}\ \text{натрыю}}{Na_2S} + \underset{\text{вада}}{H_2O};$$

$$\underset{\text{аксід жалеза(II)}}{FeO} + \underset{\text{саляная кіслата}}{2HCl} = \underset{\textbf{хларыд}\ \text{жалеза(II)}}{FeCl_2} + \underset{\text{вада}}{H_2O};$$

$$\underset{\text{аксід калію}}{K_2O} + \underset{\text{серная кіслата}}{H_2SO_4} = \underset{\textbf{сульфат}\ \text{калію}}{K_2SO_4} + \underset{\text{вада}}{H_2O};$$

$$\underset{\text{аксід магнію}}{MgO} + \underset{\text{азотная кіслата}}{2HNO_3} = \underset{\textbf{нітрат}\ \text{магнію}}{Mg(NO_3)_2} + \underset{\text{вада}}{H_2O}.$$

4. Узаемадзеянне кіслотных аксідаў са шчолачамі

Солі кіслародзмяшчальных кіслот можна атрымаць узаемадзеяннем кіслотных аксідаў са шчолачамі:

$$\underset{\text{аксід вугляроду(IV)}}{CO_2} + \underset{\text{гідраксід калію}}{2KOH} = \underset{\textbf{карбанат}\ \text{калію}}{K_2CO_3} + \underset{\text{вада}}{H_2O};$$

$$\underset{\text{аксід серы(VI)}}{SO_3} + \underset{\text{гідраксід кальцыю}}{Ca(OH)_2} = \underset{\textbf{сульфат}\ \text{кальцыю}}{CaSO_4} + \underset{\text{вада}}{H_2O};$$

$$\underset{\text{аксід фосфару(V)}}{P_2O_5} + \underset{\text{гідраксід натрыю}}{6NaOH} = \underset{\textbf{фасфат}\ \text{натрыю}}{2Na_3PO_4} + \underset{\text{вада}}{3H_2O};$$

$$\underset{\text{аксід азоту(V)}}{N_2O_5} + \underset{\text{гідраксід барыю}}{Ba(OH)_2} = \underset{\textbf{нітрат}\ \text{барыю}}{Ba(NO_3)_2} + \underset{\text{вада}}{H_2O}.$$

5. Узаемадзеянне солей з кіслотамі

Солі ўтвараюцца таксама ў выніку ўзаемадзеяння солей з кіслотамі, калі адзін з прадуктаў рэакцыі вылучаецца ў выглядзе асадку або газу:

$$\underset{\text{нітрат серабра}}{AgNO_3} + \underset{\text{саляная кіслата}}{HCl} = \underset{\textbf{хларыд}\ \text{серабра}}{AgCl\downarrow} + \underset{\text{азотная кіслата}}{HNO_3};$$

$$\underset{\text{хларыд кальцыю}}{CaCl_2} + \underset{\text{серная кіслата}}{H_2SO_4} = \underset{\textbf{сульфат}\ \text{кальцыю}}{CaSO_4\downarrow} + \underset{\text{саляная кіслата}}{2HCl};$$

Правообладатель Народная асвета

$$\underset{\text{сульфід калію}}{K_2S} + \underset{\text{серная кіслата}}{H_2SO_4} = \underset{\textbf{сульфат калію}}{K_2SO_4} + \underset{\text{серавадарод}}{H_2S\uparrow};$$

$$\underset{\text{карбанат цынку}}{ZnCO_3} + \underset{\text{азотная кіслата}}{2HNO_3} = \underset{\textbf{нітрат цынку}}{Zn(NO_3)_2} + \underset{\text{вада}}{H_2O} + \underset{\text{аксід вугляроду(IV)}}{CO_2\uparrow}.$$

6. Узаемадзеянне солей са шчолачамі

Адным са спосабаў атрымання солей **з'яўляецца ўзаемадзеянне солей са шчолачамі. Пры гэтым адзін або абодва прадукты рэакцыі вылучаюцца** ў выглядзе асадку:

$$\underset{\text{сульфат медзі(II)}}{CuSO_4} + \underset{\text{гідраксід натрыю}}{2NaOH} = \underset{\text{гідраксід медзі(II)}}{Cu(OH)_2\downarrow} + \underset{\textbf{сульфат натрыю}}{Na_2SO_4};$$

$$\underset{\text{карбанат калію}}{K_2CO_3} + \underset{\text{гідраксід кальцыю}}{Ca(OH)_2} = \underset{\text{гідраксід калію}}{2KOH} + \underset{\textbf{карбанат кальцыю}}{CaCO_3\downarrow};$$

$$\underset{\text{нітрат жалеза(III)}}{Fe(NO_3)_3} + \underset{\text{гідраксід натрыю}}{3NaOH} = \underset{\text{гідраксід жалеза(III)}}{Fe(OH)_3\downarrow} + \underset{\textbf{нітрат натрыю}}{3NaNO_3};$$

$$\underset{\text{хларыд магнію}}{MgCl_2} + \underset{\text{гідраксід калію}}{2KOH} = \underset{\text{гідраксід магнію}}{Mg(OH)_2\downarrow} + \underset{\textbf{хларыд калію}}{2KCl}.$$

7. Узаемадзеянне солей з металамі

Солі ўтвараюцца таксама ў выніку ўзаемадзеяння металаў з солямі. Пры гэтым больш актыўныя металы выцясняюць менш актыўныя металы з іх солей:

$$\underset{\text{жалеза}}{Fe} + \underset{\text{хларыд медзі(II)}}{CuCl_2} = \underset{\textbf{хларыд жалеза(II)}}{FeCl_2} + \underset{\text{медзь}}{Cu\downarrow};$$

$$\underset{\text{медзь}}{Cu} + \underset{\text{нітрат ртуці(II)}}{Hg(NO_3)_2} = \underset{\textbf{нітрат медзі(II)}}{Cu(NO_3)_2} + \underset{\text{ртуць}}{Hg\downarrow};$$

$$\underset{\text{цынк}}{Zn} + \underset{\text{нітрат свінцу(II)}}{Pb(NO_3)_2} = \underset{\textbf{нітрат цынку}}{Zn(NO_3)_2} + \underset{\text{свінец}}{Pb\downarrow};$$

$$\underset{\text{алюміній}}{Al} + \underset{\text{нітрат серабра}}{3AgNO_3} = \underset{\textbf{нітрат алюмінію}}{Al(NO_3)_3} + \underset{\text{серабро}}{3Ag\downarrow}.$$

Правообладатель Народная асвета

Солі ў прыродзе і ў паўсядзённым жыцці чалавека

Солі шырока распаўсюджаны ў прыродзе. Вялікая іх колькасць змяшчаецца ў гідрасферы, г. зн. у воднай абалонцы нашай планеты — вадзе акіянаў і мораў. Вы, напэўна, ведаеце, што марская вада саланавата-горкая на смак. Гэта тлумачыцца наяўнасцю ў ёй растваных солей. Асабліва шмат іх у вадзе Мёртвага мора. Уявіце, што ў адным літры вады гэтага мора змяшчаецца ад 350 да 420 г солей! Агульная ж маса солей, растваных у вадзе ўсіх мораў і акіянаў нашай планеты, велізарная і роўна прыкладна $5 \cdot 10^{19}$ кг. Каля $\frac{3}{4}$ гэтай масы прыпадае на хларыд натрыю **NaCl**, а астатнюю частку састаўляюць солі калію, кальцыю, магнію, жалеза і іншых металаў. Вада акіянаў і мораў змяшчае солі, у састаў якіх уваходзяць атамы большасці вядомых хімічных элементаў.

Хларыд натрыю і хларыд калію ў выглядзе горнай пароды *сільвініту* (мал. 36) утрымліваюцца і ў цвёрдай абалонцы нашай планеты — зямной кары. **У некаторых яе ўчастках, размешчаных не вельмі далёка ад паверхні, гэтых солей асабліва шмат. Такія ўчасткі сушы называюцца радовішчамі.** Адно з найбуйнейшых у свеце радовішчаў сільвініту (Старобінскае) знаходзіцца на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь (Салігорскі раён Мінскай вобласці).

Да найважнейшых прыродных солей адносяцца таксама карбанат кальцыю $CaCO_3$, фасфат кальцыю $Ca_3(PO_4)_2$ і сульфат кальцыю $CaSO_4$. Вялікія залежы карбанату кальцыю ў выглядзе вапняку і мінералу кальцыту сустракаюцца на паверхні Зямлі, а ў выглядзе мелу — на дне акіянаў і мораў. Звярніце ўвагу: крэйда, якой вы пішаце на дошцы, — адна з самых распаўсюджаных на нашай планеце солей!

Вялікая колькасць солей выкарыстоўваецца намі ў паўсядзённым жыцці. Самая галоўная соль, якую мы ўжываем у быце, — ***кухонная*** соль **NaCl**. Яна не толькі захоўвае ежу і паляпшае яе смак, але

Мал. 36. Солі — горныя пароды: *1* — сільвініт, *2* — вапняк, *3* — кальцыт

Правообладатель Народная асвета

і ўдзельнічае ў важных працэсах у арганізме, якія падтрымліваюць наша жыццё. У суткі дарасламу чалавеку патрабуецца ад 6 да 9 г гэтай солі. Аднак лішак солі ў ежы шкодны для здароўя.

Многія солі выкарыстоўваюцца ў медыцыне. Напрыклад, для дыягностыкі захворванняў страваальнага тракта **прымяняюць соль сульфат барыю $BaSO_4$**. Пры вялікай страце крыві або моцным абязводжванні ў арганізм пацыента ўводзяць раствор хларыду натрыю **NaCl**, так званы *фізіялагічны раствор*.

Экалагічныя праблемы здабычы солей

Солі ў радовішчах часцей за ўсё знаходзяцца не ў чыстым выглядзе, а ў сумесі з рознымі прымесямі. Гэтую сумесь — руду — з глыбокіх падземных шахт падымаюць на паверхню зямлі і вылучаюць з яе карысныя солі. Непатрэбныя прымесі, якія пры гэтым застаюцца, збіраюцца ў вялікіх колькасцях, утвараючы велізарныя *саляныя адвалы*. Вонкава яны нагадваюць горы (мал. 37). Гэтыя адвалы ўяўляюць небяспеку для навакольнага асяроддзя. Справа ў тым, што рэчывы, якія змяшчаюцца ў адвалах, растваряюцца ў дажджавой вадзе і ў выглядзе раствору пранікаюць глыбока ў глебу, трапляючы ў падземныя воды. Глеба ад гэтага становіцца «мёртвай», а вада — непрыдатнай для піцця і выкарыстання ў быце. Таму ў цяперашні час стаіць важная задача паменшыць шкоднае ўздзеянне саляных адвалаў на навакольнае асяроддзе. Для яе рашэння вучоныя прапануюць розныя спосабы. Адзін з іх заключаецца ў тым, што руду перапрацоўваюць пад зямлёй, пакідаючы непатрэбныя адходы ў падземных пустотах.

Мал. 37. Саляныя адвалы

Солі атрымліваюць, выкарыстоўваючы розныя рэакцыі з удзелам металаў, аксідаў, кіслот, асноў і іншых солей.

Найважнейшымі спосабамі атрымання солей з'яўляюцца рэакцыі металаў з неметаламі; асноўных аксідаў з кіслотнымі аксідамі; кіслотных аксідаў са шчолачамі; асноўных аксідаў з кіслотамі; солей з кіслотамі; солей са шчолачамі; металаў з солямі.

Солі шырока распаўсюджаны ў прыродзе.

*Солі прымяняюцца ў быце і ў прамысловасці. **Адна з самых важных солей — хларыд натрыю NaCl.***

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Пералічыце вядомыя вам спосабы атрымання солей. Рэакцыі якіх тыпаў ляжаць у іх аснове?
2. Ці можна адну і тую ж соль атрымаць некалькімі рознымі спосабамі? Чым гэта тлумачыцца? Напішыце ўраўненні пяці розных рэакцый атрымання солі хларыду магнію $MgCl_2$.
3. Як, выкарыстоўваючы серную кіслату, можна рознымі спосабамі атрымаць соль сульфат жалеза(II) $FeSO_4$? Напішыце ўраўненні пяці магчымых рэакцый яе атрымання.
4. Як, выкарыстоўваючы шчолач NaOH, можна трыма рознымі спосабамі атрымаць соль сульфат натрыю Na_2SO_4? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый.
5. Напішыце ўраўненні магчымых рэакцый абмену, у выніку якіх утвараецца соль сульфат барыю $BaSO_4$.
6. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць паслядоўныя ператварэнні:
   $CaCl_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow KNO_3$;
   $P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2$;
   $Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow FeCO_3 \rightarrow FeSO_4 \rightarrow Fe(OH)_2$.
7. Пералічыце важнейшыя прыродныя солі. З якімі з іх вы сутыкаецеся практычна штодня? Якая соль уваходзіць у састаў школьнай крэйды?
8. У чым заключаецца экалагічная небяспека саляных адвалаў?
9. Разлічыце масы сульфату натрыю Na_2SO_4 і нітрату барыю $Ba(NO_3)_2$, пры ўзаемадзеянні якіх утвараецца сульфат барыю масай 9,32 г.
10. Разлічыце масы сернай кіслаты і аксіду жалеза(III), пры ўзаемадзеянні якіх утвараецца соль хімічнай колькасцю 0,2 моль.
11*. Хімічная колькасць хларыду жалеза(III), які ўступіў у рэакцыю абмену з нітратам серабра $AgNO_3$, роўна 0,08 моль. Разлічыце масу прарэагаваўшага нітрату серабра і хімічную колькасць хларыду серабра AgCl, які ўтварыўся.

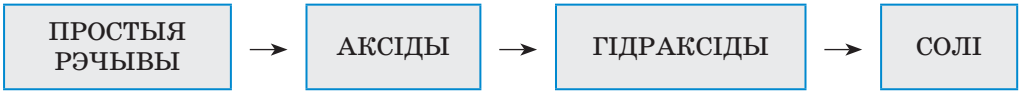
Рыхтуемся да алімпіяд. У сумесі ўтрымліваюцца сульфат медзі(II) масай 32 г і нітрат медзі(II) масай 18,8 г. Разлічыце агульную хімічную колькасць гідраксіду натрыю, які прарэагуе з названай сумессю солей.

§ 22. Узаемасувязь паміж асноўнымі класамі неарганічных рэчываў

Вы ўжо ведаеце, што многія простыя рэчывы — металы і неметалы злучаюцца з кіслародам, утвараючы асноўныя і кіслотныя аксіды. Напрыклад, метал кальцый пры гэтым акісляецца да асноўнага аксіду **CaO**, а неметал фосфар — да кіслотнага аксіду $\mathbf{P_2O_5}$. Вам таксама вядома, што асноўныя і кіслотныя аксіды, далучаючы ваду, ператвараюцца ў **гідраты**

Правообладатель Народная асвета

аксідаў, або **гідраксід**ы, якія дзеляцца на асновы і кіслародзмяшчальныя кіслоты. Так, названы вышэй аксід кальцыю ў выніку гідратацыі ўтварае гідраксід — аснову $Ca(OH)_2$, а аксід фосфару(V) ператвараецца ў гідраксід, які з'яўляецца кіслатой H_3PO_4. Гідраксіды ж, рэагуючы з іншымі рэчывамі, утвараюць солі. Паслядоўнасць усіх пералічаных ператварэнняў можна адлюстраваць у выглядзе агульнай схемы, у якой пераходы ад рэчываў адных класаў да рэчываў другіх класаў умоўна паказаны стрэлкамі:

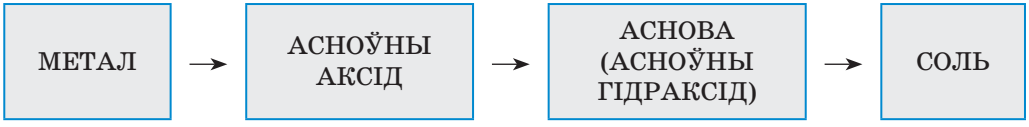


З гэтай схемы відаць, што простыя рэчывы, аксіды, гідраксіды і солі, паслядоўна «параджаючы» адно аднаго, утвараюць **рад узаемазвязаных** паміж сабой рэчываў.

Вядомы два тыпы такіх радоў — *рады ўзаемасувязі металаў і іх злучэнняў і рады ўзаемасувязі неметалаў і іх злучэнняў.*

Рады ўзаемасувязі металаў і іх злучэнняў

Кожны такі рад складаецца з металу, яго асноўнага аксіду, асновы і любой солі гэтага ж металу:



Прывядзём прыклады такіх радоў.

Рад кальцыю: $Ca \longrightarrow CaO \longrightarrow Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2$.
Рад натрыю: $Na \longrightarrow Na_2O \longrightarrow NaOH \longrightarrow Na_3PO_4$.
Рад магнію: $Mg \longrightarrow MgO \longrightarrow Mg(OH)_2 \longrightarrow Mg(NO_3)_2$.
Рад жалеза: $Fe \longrightarrow FeO \longrightarrow Fe(OH)_2 \longrightarrow FeSO_4$.

Для пераходу ад металаў да асноўных аксідаў ва ўсіх гэтых радах выкарыстоўваюцца рэакцыі злучэння з кіслародам, напрыклад:

$$2Ba + O_2 = 2BaO;$$
$$2Mg + O_2 = 2MgO.$$

Пераход ад асноўных аксідаў да асноў у першых двух радах ажыццяўляецца шляхам вядомай рэакцыі гідратацыі, напрыклад:

$$BaO + H_2O = Ba(OH)_2.$$

Правообладатель Народная асвета

Што тычыцца апошніх двух радоў (с. 101), то аксіды **MgO** і **FeO**, якія ў іх змяшчаюцца, **з вадой не рэагуюць. У такіх выпадках для атрымання асноў** гэтыя аксіды спачатку ператвараюць у солі, а ўжо іх — у асновы. Таму, напрыклад, для ажыццяўлення пераходу ад аксіду **MgO** да гідраксіду **$Mg(OH)_2$** выкарыстоўваюць паслядоўныя рэакцыі:

$$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O;$$
$$MgSO_4 + 2NaOH = Mg(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4.$$

Пераходы ад асноў да солей ажыццяўляюцца ўжо вядомымі вам рэакцыямі. Так, растваральныя асновы (шчолачы), якія знаходзяцца ў першых двух радах, ператвараюцца ў солі пад дзеяннем кіслот, кіслотных аксідаў або солей. Нерастваральныя асновы з апошніх двух радоў утвараюць солі пад дзеяннем кіслот.

Рады ўзаемасувязі неметалаў і іх злучэнняў

Кожны такі рад складаецца з неметалу, кіслотнага аксіду, адпаведнай кіслаты і солі, якая змяшчае аніёны гэтай кіслаты:

Прывядзём прыклады такіх радоў.

Рад фосфару: $P \longrightarrow P_2O_5 \longrightarrow H_3PO_4 \longrightarrow Na_3PO_4$.
Рад вугляроду: $C \longrightarrow CO_2 \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3$.
Рад серы: $S \longrightarrow SO_2 \longrightarrow H_2SO_3 \longrightarrow MgSO_3$.
Рад крэмнію: $Si \longrightarrow SiO_2 \longrightarrow H_2SiO_3 \longrightarrow K_2SiO_3$.

Для пераходу ад неметалаў да кіслотных аксідаў ва ўсіх гэтых радах выкарыстоўваюцца рэакцыі злучэння з кіслародам, напрыклад:

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5;$$
$$Si + O_2 = SiO_2.$$

Пераход ад кіслотных аксідаў да кіслот у першых трох радах ажыццяўляецца шляхам вядомай рэакцыі гідратацыі, напрыклад:

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4.$$

Аднак вы ведаеце, што аксід **SiO_2**, які змяшчаецца ў апошнім радзе, з **вадой не рэагуе. У гэтым выпадку яго спачатку ператвараюць у адпаведную соль**, з якой потым атрымліваюць патрэбную кіслату:

Правообладатель Народная асвета

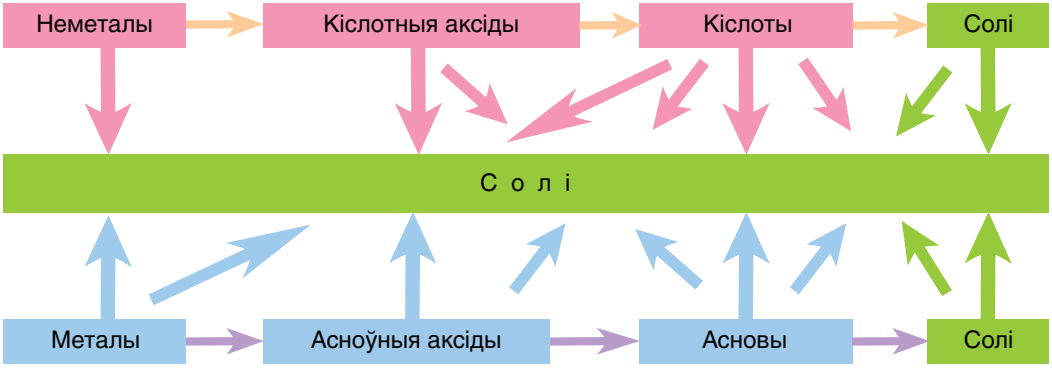
$$SiO_2 + 2KOH = K_2SiO_3 + H_2O;$$
$$K_2SiO_3 + 2HCl = 2KCl + H_2SiO_3\downarrow.$$

Пераходы ад кіслот да солей могуць ажыццяўляцца вядомымі вам рэакцыямі з асноўнымі аксідамі, асновамі або з солямі.

Запомніце!

- *Рэчывы аднаго і таго ж рада адно з адным не рэагуюць.*
- *Калі адно рэчыва належыць да рада металаў і іх злучэнняў, а другое — да рада неметалаў і іх злучэнняў, то гэтыя рэчывы рэагуюць адно з адным з утварэннем солей* (мал. 38).

Гэтая схема адлюстроўвае ўзаемасувязь паміж рознымі класамі неарганічных злучэнняў і тлумачыць разнастайнасць хімічных рэакцый паміж імі. Гэтыя рэакцыі адбываюцца ў прыродзе і шырока выкарыстоўваюцца ў практычнай дзейнасці чалавека.



Мал. 38. Схема ператварэнняў неарганічных рэчываў

Простыя рэчывы, аксіды, гідраксіды і солі ўзаемазвязаны паміж сабой.

Адрозніваюць два тыпы ўзаемазвязаных радоў рэчываў:

- *метал → асноўны аксід → аснова → соль;*
- *неметал → кіслотны аксід → кіслата → соль.*

Рэчывы, якія належаць да аднаго рада, адно з адным не рэагуюць.

Рэчывы, якія належаць да радоў розных тыпаў, рэагуюць паміж сабой з утварэннем солей.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Якія з прапанаваных аксідаў — CO, K_2O, SO_3, FeO, CO_2 — рэагуюць з вадой; з сернай кіслатой? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый і назавіце іх прадукты.

2. Якія з прапанаваных аксідаў — NO, CaO, SO_2, Na_2O, P_2O_5 — рэагуюць з аксідам серы(VI); з гідраксідам калію? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый і назавіце іх прадукты.

3. З дапамогай якіх хімічных рэакцый можна атрымаць гідраксід магнію $Mg(OH)_2$, маючы ў сваім распараджэнні магній і іншыя неабходныя рэактывы? Напішыце ўраўненні гэтых рэакцый і назавіце іх прадукты.

4. З дапамогай якіх хімічных рэакцый можна атрымаць крэмніевую кіслату H_2SiO_3, маючы ў распараджэнні крэмній і іншыя неабходныя рэактывы? Напішыце ўраўненні гэтых рэакцый і назавіце іх прадукты.

5. Напішыце па адным ураўненні рэакцый кіслаты з металам, асноўным аксідам і асновай. Паспрабуйце ў кожным прыкладзе выкарыстоўваць розныя кіслоты і розныя металы. Назавіце прадукты рэакцый.

6. З якімі з прапанаваных рэчываў — Hg, $Ca(OH)_2$, HCl, Mg, K_2CO_3, NaCl — рэагуе ў водным растворы соль нітрат медзі(II) $Cu(NO_3)_2$? Напішыце ўраўненні адпаведных рэакцый і назавіце іх прадукты.

7. Напішыце ўраўненні трох рэакцый, з дапамогай якіх можна атрымаць соль сульфат цынку.

8. Напішыце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх карбанат жалеза(II) $FeCO_3$ можна ператварыць у гідраксід жалеза(II) $Fe(OH)_2$. Назавіце прадукты рэакцый.

9. Складзіце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

а) $Na \rightarrow Na_2O \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2CO_3$;
б) $Zn \rightarrow ZnO \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow ZnCl_2$;
в) $S \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow K_2SO_3$;
г) $Si \rightarrow SiO_2 \rightarrow K_2SiO_3 \rightarrow H_2SiO_3 \rightarrow Na_2SiO_3$;
д) $FeO \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow FeSO_4 \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2$;
е) $CuCO_3 \rightarrow CuCl_2 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow CuSO_4 \rightarrow Cu$.

10. У выніку ўзаемадзеяння карбанату натрыю і гідраксіду барыю ўтварыўся асадак масай 1,97 г. Вылічыце яго хімічную колькасць і масу другога прадукту рэакцыі.

11*. У сумесі ўтрымліваюцца цынк масай 13 г і алюміній хімічнай колькасцю 0,2 моль. Разлічыце аб'ём (н. у.) вадароду, які вылучыцца пры растварэнні названай сумесі ў сернай кіслаце.

Рыхтуемся да алімпіяд. У выніку ўзаемадзеяння невядомай солі з невядомай кіслатой утварыліся соль — хларыд кальцыю і вугальная кіслата, пры раскладанні якой вылучыўся газ аб'ёмам (н. у.) 2,24 $дм^3$. Вызначце масу невядомай солі і хімічную колькасць невядомай кіслаты, якая прарэагавала з ёй.

Правообладатель Народная асвета

Практычная работа 3

Рашэнне эксперыментальных задач

Мэта работы: навучыцца прымяняць веды аб уласцівасцях і ўзаемаператварэннях неарганічных рэчываў. Паўтарыць асноўныя правілы паводзін і працы ў кабінеце хіміі.

Задача 1. Распазнайце выдадзеныя ў трох прабірках растворы сернай кіслаты, гідраксіду натрыю і хларыду натрыю.

Задача 2. Як можна даказаць прысутнасць у растворы шчолачы? Вызначце, ці змяшчаецца шчолач у мыльнай вадзе.

Задача 3. Выкарыстоўваючы выдадзеныя рэактывы, атрымайце нерастваральныя асновы — гідраксід медзі(II), а з яго — соль хларыд медзі(II).

Задача 4. Выкарыстоўваючы набор рэактываў, атрымайце нерастваральны гідраксід жалеза(III) і ператварыце яго ў соль — сульфат жалеза(III).

Задача 5. Дадзены рэчывы: жалеза, медзь, серная кіслата, гідраксід натрыю, хларыд жалеза(III), карбанат кальцыю. Вызначце, з якімі з іх рэагуе хлоравадародная (саляная) кіслата. Правядзіце дзве любыя рэакцыі з ліку магчымых. Складзіце ўраўненні гэтых рэакцый і назавіце іх прадукты.

Задача 6. Дадзены рэчывы: HCl, Cu, H_2SO_4, KOH, $FeCl_3$, $CaCO_3$. Вызначце, якія з іх рэагуюць у растворы з гідраксідам натрыю. Правядзіце дзве любыя рэакцыі з ліку магчымых. Складзіце ўраўненні гэтых рэакцый і назавіце іх прадукты.

Задача 7. Накіп на дне і сценках чайніка складаецца ў асноўным з карбанату кальцыю $CaCO_3$. Якую хімічную рэакцыю можна выкарыстоўваць для ачысткі чайніка ад гэтага накіпу? Правядзіце гэтую рэакцыю, выкарыстоўваючы выдадзеныя рэактывы.

Задача 8. З дапамогай якіх хімічных рэакцый можна ачысціць цвік ад іржы, якая складаецца з аксіду жалеза(III) і гідраксіду жалеза(III)? **Выканайце гэтыя рэакцыі, выкарыстоўваючы выдадзеныя рэактывы.**

§ 23. Рашэнне разліковых задач па тэме «Асноўныя класы неарганічных злучэнняў»

У папярэдняй главе вы пазнаёміліся з колькаснымі разлікамі па ўраўненнях рэакцый. Зараз вам трэба будзе замацаваць свае навыкі рашэння разліковых задач на прыкладах ураўненняў рэакцый з удзелам аксідаў, кіслот, асноў і солей.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 1. *Алюміній масай 21,6 г спалілі ў кіслародзе. Разлічыце масу аксіду алюмінію, які ўтварыўся.*

Дадзена:	Рашэнне
$m(Al) = 21{,}6$ г	1. Разлічым хімічную колькасць зыходнага алюмінію: $n(Al) = \frac{m(Al)}{M(Al)} = \frac{21{,}6\text{ г}}{27\text{ г/моль}} = 0{,}8$ моль.
$m(Al_2O_3) = ?$	

2. Ведаючы хімічную колькасць алюмінію, па ўраўненні рэакцыі знойдзем хімічную колькасць (x) аксіду, які ўтварыўся:

$$\underset{4\text{ моль}}{\overset{0{,}8\text{ моль}}{4Al}} + 3O_2 = \underset{2\text{ моль}}{\overset{x}{2Al_2O_3}},$$

адкуль атрымаем: $x = \frac{0{,}8\text{ моль} \cdot 2\text{ моль}}{4\text{ моль}} = 0{,}4$ моль. Гэта — $n(Al_2O_3)$.

3. Зыходзячы з хімічнай колькасці аксіду алюмінію, разлічым яго масу:

$$m(Al_2O_3) = n(Al_2O_3) \cdot M(Al_2O_3) = 0{,}4\text{ моль} \cdot 102\text{ г/моль} = 40{,}8\text{ г}.$$

Адказ: $m(Al_2O_3) = 40{,}8$ г.

Прыклад 2. *Аксід жалеза(III) прарэагаваў з вадародам аб'ёмам (н. у.) 53,76 дм^3. Разлічыце масу жалеза, якое ўтварылася.*

Дадзена:	Рашэнне
$V(H_2) = 53{,}76$ дм^3 (н. у.)	1. Разлічым хімічную колькасць прарэагаваўшага вадароду: $n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m} = \frac{53{,}76\text{ дм}^3}{22{,}4\text{ дм}^3\text{/моль}} = 2{,}4$ моль.
$m(Fe) = ?$	

2. Ведаючы хімічную колькасць вадароду, па ўраўненні рэакцыі знойдзем хімічную колькасць (x) жалеза, якое ўтварылася:

$$F_2O_3 + \underset{3\text{ моль}}{\overset{2{,}4\text{ моль}}{3H_2}} = \underset{2\text{ моль}}{\overset{x}{2Fe}} + 3H_2O,$$

адкуль атрымаем: $x = \frac{2{,}4\text{ моль} \cdot 2\text{ моль}}{3\text{ моль}} = 1{,}6$ моль. Гэта — $n(Fe)$.

3. Зыходзячы з хімічнай колькасці жалеза, разлічым яго масу:

$$m(Fe) = n(Fe) \cdot M(Fe) = 1{,}6\text{ моль} \cdot 56\text{ г/моль} = 89{,}6\text{ г}.$$

Адказ: $m(Fe) = 89{,}6$ г.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 3. *Разлічыце аб'ём (н. у.) метану, пры згаранні якога ў кіслародзе ўтвараецца вада масай 25,2 г.*

Дадзена:	Рашэнне
$m(H_2O) = 25{,}2$ г	1. Разлічым хімічную колькасць вады, якая ўтварылася:
$V(CH_4)$ (н. у.) = ?	

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{25{,}2\ г}{18\ г/моль} = 1{,}4\ моль.$$

2. Ведаючы хімічную колькасць вады, па ўраўненні рэакцыі знойдзем хімічную колькасць (x) метану, які згарае:

$$\overset{x}{\underset{1\ моль}{CH_4}} + 2O_2 = CO_2 + \overset{1{,}4\ моль}{\underset{2\ моль}{2H_2O}},$$

адкуль атрымаем: $x = \frac{1{,}4\ моль \cdot 1\ моль}{2\ моль} = 0{,}7$ моль. Гэта — $n(CH_4)$.

3. Зыходзячы з хімічнай колькасці метану, разлічым яго аб'ём (н. у.):

$$V(CH_4) = n(CH_4) \cdot V_m = 0{,}7\ моль \cdot 22{,}4\ дм^3/моль = 15{,}68\ дм^3.$$

Адказ: $V(CH_4)$ (н. у.) = 15,68 дм^3.

Прыклад 4. *Разлічыце аб'ём (н. у.) кісларoду, неабходнага для поўнага згарання вадароду аб'ёмам (н. у.) 6,72 дм^3.*

Дадзена:	Рашэнне
$V(H_2) = 6{,}72\ дм^3$ (н. у.)	1. Разлічым хімічную колькаць зыходнага вадароду:
$V(O_2)$ (н. у.) = ?	

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m} = \frac{6{,}72\ дм^3}{22{,}4\ дм^3/моль} = 0{,}3\ моль.$$

2. Ведаючы хімічную колькасць вадароду, па ўраўненні рэакцыі знойдзем хімічную колькасць (x) кісларoду, які рэагуе з ім:

$$\overset{0{,}3\ моль}{\underset{2\ моль}{2H_2}} + \overset{x}{\underset{1\ моль}{O_2}} = 2H_2O,$$

адкуль атрымаем: $x = \frac{0{,}3\ моль \cdot 1\ моль}{2\ моль} = 0{,}15$ моль. Гэта — $n(O_2)$.

Правообладатель Народная асвета

3. Зыходзячы з хімічнай колькасці кісларoду, разлічым яго аб'ём (н. у.):

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot V_m = 0{,}15 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 3{,}36 \text{ дм}^3.$$

Адказ: $V(O_2)$ (н. у.) = 3,36 дм^3.

Прыклад 5. *Разлічыце аб'ём (н. у.) вуглякіслага газу і масу аксіду кальцыю, якія ўтвараюцца пры награванні карбанату кальцыю масай 125 г.*

Дадзена:

$m(CaCO_3) = 125$ г

$V(CO_2)$ (н. у.) = ?

$m(CaO)$ = ?

Рашэнне

1. Разлічым хімічную колькасць зыходнага карбанату кальцыю:

$$n(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)}{M(CaCO_3)} = \frac{125 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 1{,}25 \text{ моль}.$$

2. Ведаючы хімічную колькасць карбанату кальцыю, па ўраўненні рэакцыі знойдзем хімічную колькасць (x) вуглякіслага газу, які ўтвараецца:

$$\underset{1 \text{ моль}}{\overset{1{,}25 \text{ моль}}{CaCO_3}} \xrightarrow{t} CaO + \underset{1 \text{ моль}}{\overset{x}{CO_2}},$$

адкуль атрымаем: $x = \frac{1{,}25 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 1{,}25$ моль. Гэта — $n(CO_2)$.

3. Зыходзячы з хімічнай колькасці аксіду вугляроду(IV), разлічым яго аб'ём (н. у.):

$$V(CO_2) = n(CO_2) \cdot V_m = 1{,}25 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 28 \text{ дм}^3.$$

4. Ведаючы хімічную колькасць карбанату кальцыю, па ўраўненні рэакцыі знойдзем хімічную колькасць (y) аксіду кальцыю, які ўтвараецца:

$$\underset{1 \text{ моль}}{\overset{1{,}25 \text{ моль}}{CaCO_3}} \xrightarrow{t} \underset{1 \text{ моль}}{\overset{y}{CaO}} + CO_2,$$

адкуль атрымаем: $y = \frac{1{,}25 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 1{,}25$ моль. Гэта — $n(CaO)$.

5. Зыходзячы з хімічнай колькасці аксіду кальцыю, разлічым яго масу:

$$m(CaO) = n(CaO) \cdot M(CaO) = 1{,}25 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 70 \text{ г}.$$

Адказ: $V(CO_2)$ (н. у.) = 28 дм^3, $m(CaO)$ = 70 г.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 6. *У сумесі цынку з алюмініем масавая доля цынку складала 82,8 %. Гэтую сумесь масай 15,7 г растварылі ў салянай кіслаце. Разлічыце аб'ём (н. у.) вадароду, які пры гэтым вылучыўся.*

Дадзена:
m(сумесі) = 15,7 г
w(Zn) = 82,8 %
$V(H_2)$ (н. у.) = ?

Рашэнне

1. Разлічым масу цынку ў зыходнай сумесі металаў:

$$w(Zn) = \frac{m(Zn)}{m(\text{сумесі})};$$

$$m(Zn) = w(Zn) \cdot m(\text{сумесі}) = 0{,}828 \cdot 15{,}7 \text{ г} = 13 \text{ г}.$$

2. Вылічым масу алюмінію ў зыходнай сумесі:

$$m(Al) = m(\text{сумесі}) - m(Zn) = 15{,}7 - 13 = 2{,}7 \text{ г}.$$

3. Знойдзем хімічную колькасць зыходнага цынку:

$$n(Zn) = \frac{m(Zn)}{M(Zn)} = \frac{13 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = 0,\ 2 \text{ моль}.$$

4. Разлічым хімічную колькасць зыходнага алюмінію:

$$n(Al) = \frac{m(Al)}{M(Al)} = \frac{2{,}7 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 0{,}1 \text{ моль}.$$

5. Ведаючы хімічную колькасць цынку, па ўраўненні рэакцыі знойдзем хімічную колькасць *(x)* выцесненага ім вадароду:

$$\underset{1 \text{ моль}}{\overset{0{,}2 \text{ моль}}{Zn}} + 2HCl = ZnCl_2 + \underset{1 \text{ моль}}{\overset{x}{H_2}},$$

адкуль атрымаем: $x = \frac{0{,}2 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 0{,}2$ моль. Гэта — $n_1(H_2)$.

6. Ведаючы хімічную колькасць алюмінію, па ўраўненні рэакцыі вызначым хімічную колькасць *(y)* выцесненага ім вадароду:

$$\underset{2 \text{ моль}}{\overset{0{,}1 \text{ моль}}{2Al}} + 6HCl = 2AlCl_3 + \underset{3 \text{ моль}}{\overset{y}{3H_2}},$$

адкуль атрымаем: $y = \frac{0{,}1 \text{ моль} \cdot 3 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 0,\ 15$ моль. Гэта — $n_2(H_2)$.

7. Вылічым агульную хімічную колькасць вадароду, які вылучыўся ў выніку абедзвюх рэакцый:

$$n_{\text{агульн}}(H_2) = n_1(H_2) + n_2(H_2) = 0{,}2 \text{ моль} + 0{,}15 \text{ моль} = 0{,}35 \text{ моль}.$$

Правообладатель Народная асвета

8. Ведаючы агульную хімічную колькасць вадароду, разлічым яго агульны аб'ём:

$$V_{\text{агульн}}(H_2) = n_{\text{агульн}}(H_2) \cdot V_m = 0{,}35 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 7{,}84 \text{ дм}^3.$$

Адказ: $V(H_2)$ (н. у.) $= 7{,}84$ дм^3.

? Пытанні і заданні

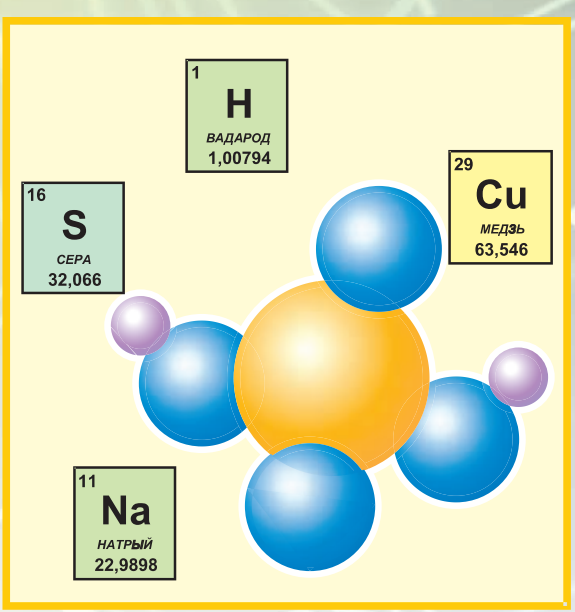
1. Разлічыце масу аксіду серы(VI), пры ўзаемадзеянні якога з вадой утвараецца серная кіслата масай 53,9 г.
2. У выніку згарання фосфару ў кіслародзе ўтварыўся аксід фосфару(V) масай 56,8 г. Вылічыце масу фосфару і аб'ём (н. у.) кісларoду, якія ўступілі ў рэакцыю.
3. У выніку рэакцыі сульфату жалеза(III) з гідраксідам калію ўтварыўся гідраксід жалеза(III) хімічнай колькасцю 0,04 моль. Знайдзіце масу шчолачы, якая прарэагавала.
4. Кальцый масай 52 г прарэагаваў з вадой. Разлічыце масу гідраксіду, які ўтварыўся, і аб'ём (н. у.) газу, які вылучыўся.
5. У выніку рэакцыі алюмінію з сернай кіслатой вылучыўся газ аб'ёмам (н. у.) 6,72 дм^3. Вылічыце масу солі, якая ўтварылася пры гэтым.
6. У сумесі ўтрымліваюцца гідраксід натрыю масай 8 г і гідраксід кальцыю масай 11,1 г. Разлічыце масу азотнай кіслаты, неабходнай для поўнай нейтралізацыі названых асноў.
7. Адным з прадуктаў рэакцыі нейтралізацыі з'яўляецца фасфат калію масай 63,6 г. Знайдзіце хімічныя колькасці рэчываў, якія ўступілі ў дадзеную рэакцыю.
8. Жалеза масай 5,6 г змяшалі з алюмініем. Атрыманую сумесь металаў растварылі ў салянай кіслаце, у выніку чаго вылучыўся газ аб'ёмам (н. у.) 15,68 дм^3. Вылічыце масу зыходнага алюмінію.
9. Знайдзіце аб'ём (н. у.) газападобнага кіслотнага аксіду і масу шчолачы, пры ўзаемадзеянні якіх утвараецца карбанат калію масай 41,7 г.
10. У выніку ўзаемадзеяння двух солей утварыліся сульфат барыю масай 23,3 г і хларыд натрыю. Чаму роўна яго маса?
11*. У сумесі фосфару з алюмініем масавая доля неметалу роўна 36,5 %. Разлічыце аб'ём (н. у.) кісларoду, неабходнага для поўнага згарання названай сумесі масай 17 г.

Рыхтуемся да алімпіяд. У выніку награвання гідраксіду невядомага металу ўтварылася цвёрдае рэчыва масай 24 г. Яго ўвялі ў рэакцыю з вадародам і атрымалі метал карычнявата-ружовага колеру масай 19,2 г. Вызначце невядомы метал і масу зыходнага гідраксіду.

Правообладатель Народная асвета

Глава 2

Перыядычны закон і перыядычная сістэма хімічных элементаў

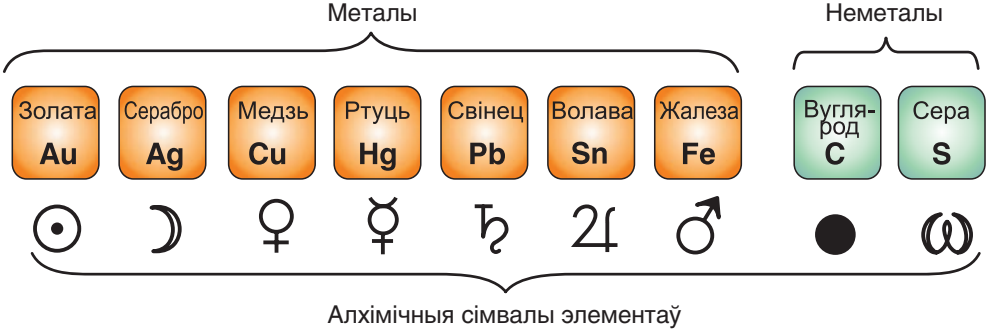


У другой главе вы пазнаёміцеся з сістэматызацыяй хімічных элементаў. Даведаецеся пра гісторыю адкрыцця найважнейшага закону прыроды — перыядычнага закону Д. І. Мендзялеева. Навучыцеся карыстацца перыядычнай сістэмай хімічных элементаў

Правообладатель Народная асвета

§ 24. Сістэматызацыя хімічных элементаў

У цяперашні час вядома 118 хімічных элементаў, але яшчэ 250 гадоў таму ў часы М. В. Ламаносава вучоныя ведалі крыху больш за дзясятак элементаў. Гэта, перш за ўсё, дзевяць «элементаў старажытнасці» (мал. 39). Сюды ўваходзілі металы: золата **Au**, серабро **Ag**, ртуць **Hg**, волава **Sn**, свінец **Pb**, медзь **Cu**, жалеза **Fe** (мал. 40) і два неметалы: сера **S** і вугляродам **C** (мал. 41). Яшчэ пяць элементаў былі адкрыты ў часы алхімікаў (цынк **Zn**, мыш'як **As**, сурма **Sb**, вісмут **Bi** і фосфар **P**). Фосфар з'яўляецца першым элементам, у якога дакладна вядома імя першаадкрывальніка. Ім быў нямецкі алхімік Хеніг Бранд (мал. 42). Ён адкрыў фосфар у 1669 г.



Мал. 39. Хімічныя элементы старажытнасці

Мал. 40. Узоры металаў, якія сустракаюцца ў прыродзе: *1* — золата, *2* — ртуць

Мал. 41. Узоры неметалаў, якія сустракаюцца ў прыродзе: *1* — графіт, *2* — сера

Правообладатель Народная асвета

На рубяжы XVIII — XIX стст. было адкрыта амаль 50 новых элементаў. Узнікла неабходнасць у іх **сістэматызацыі**, г. зн. прывядзенні ў пэўны парадак, сістэму. Слова «сістэма» ў перакладзе з грэчаскай мовы азначае «цэлае, складзенае з частак». Пры гэтым паміж часткамі павінна існаваць пэўная ўзаемасувязь.

Мал. 42. Адкрыццё фосфару

Класіфікацыя хімічных элементаў

Адной з першых спроб сістэматызацыі хімічных элементаў была іх **класіфікацыя**, г. зн. размеркаванне па класах на аснове агульных уласцівасцей і прымет. **Яшчэ ў канцы XVIII ст. элементы сталі дзяліць на дзве групы** — *металы* і *неметалы*. Такая класіфікацыя была заснавана на адрозненні ўласцівасцей простых рэчываў.

Успомнім уласцівасці простых рэчываў металаў і неметалаў. **Металы** добра праводзяць электрычны ток і цеплату, маюць характэрны металічны бляск. Многія з іх пластычныя, г. зн. лёгка расплюшчваюцца, выцягваюцца, паддаюцца апрацоўцы, асабліва ў нагрэтым стане. Усе металы пры звычайных умовах (акрамя ртуці) — цвёрдыя крышталічныя рэчывы.

Неметалы, як правіла, дрэнныя праваднікі току, не **маюць бляску і не валодаюць пластычнасцю. Пры звычайных умовах простыя рэ**чывы неметалы могуць быць цвёрдымі (сера, фосфар), вадкімі (бром), газападобнымі (кісларод, азот).

Гэтыя дзве групы простых рэчываў істотна адрозніваюцца і па хімічных уласцівасцях.

Металы ўзаемадзейнічаюць з кіслародам і іншымі неметаламі, кіслотамі, солямі, але не ўтвараюць газападобных злучэнняў.

Неметалы, рэагуючы з вадародам, звычайна ўтвараюць лятучыя злучэнні. Пры ўзаемадзеянні з кіслародам яны ўтвараюць газападобныя аксіды. З разбаўленымі кіслотамі большасць з іх не рэагуе.

Аксіды і гідраксіды тыповых металаў валодаюць асноўнымі ўласцівасцямі:

$$\underset{\text{метал}}{Ca} \xrightarrow{+O_2} \underset{\substack{\text{асноўны}\\ \text{аксід}}}{CaO} \xrightarrow{+H_2O} \underset{\text{аснова}}{Ca(OH)_2} \xrightarrow{+HCl} \underset{\text{соль}}{CaCl_2}.$$

Правообладатель Народная асвета

Як даказаць, што аксід, які адпавядае металу, з'яўляецца асноўным і яго гідраксід праяўляе ўласцівасці асноў?

Змесцім у прабірку невялікую колькасць аксіду кальцыю. Дабавім да яго вады аб'ёмам 2 см^3 і змяшаем. **Унясём у атрыманую** сумесь 2—3 кроплі раствору фенолфталеіну і па з'яўленні афарбоўкі адзначым наяўнасць шчолачы ў растворы. Дабавіўшы 5 кропель раствору салянай кіслаты, адзначым абясколерванне раствору.

Складзіце ўраўненні рэакцый атрымання гідраксіду кальцыю і яго ўзаемадзеяння з салянай кіслатой, зрабіце вывад аб *кіслотна-асноўных уласцівасцях* злучэнняў кальцыю.

Не ўсе асноўныя аксіды ўзаемадзейнічаюць з вадой, аднак кожнаму з іх адпавядае гідраксід, які праяўляе ўласцівасці асновы.

Кіслародныя злучэнні неметалаў звычайна з'яўляюцца кіслотнымі аксідамі, а іх гідраксіды — кіслотамі:

$$P \xrightarrow{+O_2} P_2O_5 \xrightarrow{+H_2O} H_3PO_4;$$

$$\underset{\text{неметал}}{S} \xrightarrow{+O_2} \underset{\text{кіслотны аксід}}{SO_2} \xrightarrow{+H_2O} \underset{\text{кіслата}}{H_2SO_3}.$$

Мал. 43. Афарбоўка індыкатараў у кіслым асяроддзі

Доказам кіслотных уласцівасцей гідраксідных злучэнняў неметалаў з'яўляецца іх здольнасць уступаць у рэакцыю са шчолачамі з утварэннем солі і вады:

$$H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O;$$
$$H_2SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O.$$

Кіслотныя ўласцівасці гідраксідаў неметалаў лёгка даказаць і з дапамогай індыкатараў (*лакмусу*, *метыланаранжу* або *ўніверсальнага індыкатару*) па іх характэрнай чырвонай афарбоўцы ў кіслым асяроддзі (мал. 43).

Правообладатель Народная асвета

Найпрасцейшая класіфікацыя хімічных элементаў — дзяленне на металы і неметалы.

Простыя рэчывы металы і неметалы адрозніваюцца адно ад аднаго па фізічных і хімічных уласцівасцях.

Аксіды і гідраксіды тыповых металаў звычайна праяўляюць асноўныя ўласцівасці.

Аксіды і гідраксіды неметалаў звычайна валодаюць кіслотнымі ўласцівасцямі.

Пытанні і заданні

1. Назавіце асноўныя прыметы, па якіх хімічныя элементы аб'ядноўваюцца ў групы металаў і неметалаў.
2. Аб якіх простых рэчывах (металах або неметалах) гаворыцца ў наступных сцверджаннях:

   а) *газападобнае, без колеру, утварае лятучае (газападобнае) вадароднае злучэнне;*

   б) *цвёрдае, без бляску; аксід, растваряючыся ў вадзе, утварае кіслату;*

   в) *цвёрдае, мае характэрны бляск, праводзіць электрычны ток?*
3. Устаўце прапушчаныя словы ў характарыстыку аксіду натрыю: белае цвёрдае рэчыва, у вадзе растваряецца з утварэннем ..., з кіслотамі ўтварае ... і ваду, праяўляе ... ўласцівасці.
4. Ахарактарызуйце аксід серы(VI), устаўляючы прапушчаныя словы ў апісанне яго ўласцівасцей: паглынае вільгаць з паветра, добра растваряецца ў вадзе з утварэннем ..., са шчолачамі ўтварае ... і ..., з салянай кіслатой ... рэагуе. Валодае ... ўласцівасцямі.
5. Складзіце ўраўненні хімічных рэакцый, з дапамогай якіх можна выканаць наступныя ператварэнні:

   $Na \rightarrow Na_2O \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaOH$;

   $P \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow K_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow CaSO_4$.
6. На колькі павялічыцца маса пасудзіны, калі гідраксід натрыю, што знаходзіцца ў ёй, паглыне вуглякіслы газ аб'ёмам (н. у.) 11,2 дм^3?
7. Разлічыце хімічную колькасць вады, неабходнай для рэакцыі з аксідам фосфару(V) масай 1,42 г, калі пры гэтым утвараецца фосфарная кіслата.

§ 25. Паняцце аб амфатэрнасці

Яшчэ ў XIX ст. высветлілася, што існуюць элементы, злучэнні якіх праяўляюць і кіслотныя і асноўныя ўласцівасці. Асабліва гэта відаць па паводзінах іх аксідаў і гідраксідаў. Напрыклад, простыя рэчывы такіх элементаў, як цынк **Zn** і алюміній **Al**, па сваіх фізічных уласцівасцях

Правообладатель Народная асвета

з'яўляюцца металамі, але іх гідраксіды $Zn(OH)_2$, $Al(OH)_3$ праяўляюць уласцівасці як асноў, так і кіслот, г. зн. з'яўляюцца ***амфатэрнымі*** злучэннямі. Слова «амфатэрны» паходзіць ад старажытнагрэчаскага «амфо» — *двоісты (і той і гэты)*.

Такое ж паходжанне мае і назва старажытнагрэчаскай пасудзіны з дзвюма ручкамі — **амфара**.

У старажытнасці амфары былі самымі распаўсюджанымі пасудзінамі для захоўвання і транспарціроўкі розных вадкасцей, у асноўным аліўкавага алею і віна, а таксама сыпучых прадуктаў — збожжа.

Разгледзім паводзіны нерастваральнага ў вадзе гідраксіду алюмінію $Al(OH)_3$. Яго можна атрымаць, асцярожна падліваючы раствор шчолачы да раствору солі алюмінію:

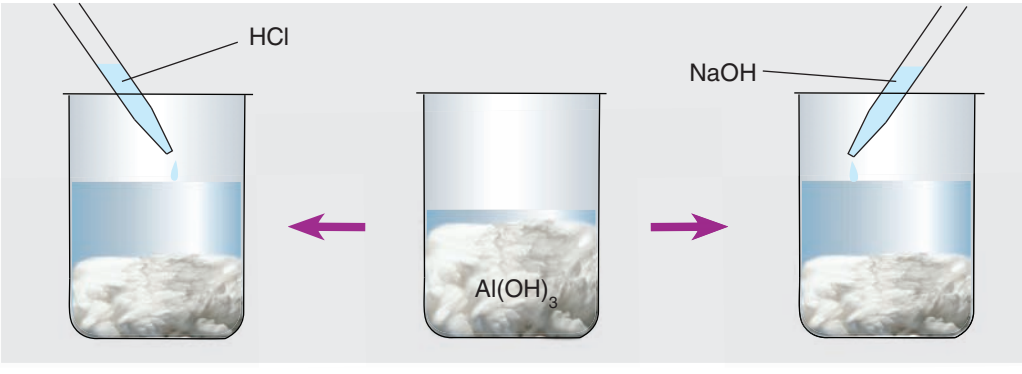
$$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3\downarrow + 3NaCl.$$

Падзелім атрыманы асадак $Al(OH)_3$ на дзве часткі. Да першай часткі будзем прыліваць раствор кіслаты — асадак растваряецца, г. зн. $Al(OH)_3$ паводзіць сябе як *аснова* (мал. 44):

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O.$$

Да другой часткі прыльём раствор шчолачы — асадак растваряецца, г. зн. гідраксід алюмінію праяўляе *кіслотныя ўласцівасці*. У гэтым выпадку гідраксід алюмінію ўмоўна можна запісаць у выглядзе кіслаты:

$$Al(OH)_3 \quad \text{або} \quad H_3AlO_3 + 3NaOH = Na_3AlO_3 + 3H_2O.$$



Мал. 44. Амфатэрныя ўласцівасці гідраксіду алюмінію

Правообладатель Народная асвета

У рэальнасці соль, **якая атрымліваецца, тут жа ўзаемадзейнічае з вадой**, утвараючы іншае злучэнне. З яго саставам і назвай вы пазнаёміцеся пазней.

Атрымаем на практыцы гідраксід алюмінію (цынку) і даследуем яго ўласцівасці.

Лабараторны дослед 3

Атрыманне гідраксіду цынку і вывучэнне яго амфатэрных уласцівасцей

1. Да раствору солі цынку аб'ёмам 1 см^3 прыліце прыкладна такі ж аб'ём раствору гідраксіду натрыю да атрымання белага асадку гідраксіду цынку. Складзіце ўраўненне рэакцыі.

2. Падзяліце атрыманы асадак і змясціце яго ў дзве прабіркі.

а) *Узаемадзеянне з кіслатой*. Да першай часткі асадку дадайце па кроплях саляную кіслату, падтрасаючы прабірку для больш поўнага растварэння асадку. У дадзенай рэакцыі амфатэрны гідраксід праяўляе ўласцівасці асновы. Складзіце ўраўненне рэакцыі.

б) *Узаемадзеянне са шчолаччу*. Да другой часткі асадку **дадайце** раствор гідраксіду натрыю і старанна змяшайце. У шчолачы асадак растворыцца, і ўтворыцца растваральная соль. Састаў солі цынку можна спрошчана выразіць формулай Na_2ZnO_2:

$$\underset{\text{кіслата}}{Zn(OH)_2} \text{ або } H_2ZnO_2 + \underset{\text{аснова}}{2NaOH} = \underset{\text{соль}}{Na_2ZnO_2} + 2H_2O.$$

Такім чынам, у рэакцыях са шчолачамі гідраксід цынку праяўляе *кіслотныя ўласцівасці*.

Правёўшы рэакцыі гідраксіду цынку з кіслатой і шчолаччу, мы пераканаліся, што гэтае злучэнне таксама валодае **амфатэрнымі ўласцівасцямі**.

! Гідраксіды, здольныя рэагаваць з кіслотамі і шчолачамі, называюцца амфатэрнымі.

Амфатэрным гідраксідам адпавядаюць **амфатэрныя аксіды**, г. зн. аксіды, здольныя рэагаваць як з кіслотамі, так і са шчолачамі.

Напрыклад, гідраксіду цынку адпавядае амфатэрны аксід цынку. Пры ўнясенні ў серную кіслату аксід цынку рэагуе з ёй з утварэннем солі сульфат цынку $ZnSO_4$ і вады:

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O.$$

Правообладатель Народная асвета

Пры награванні сумесі цвёрдай шчолачы **NaOH** і аксіду цынку ўтвараецца соль Na_2ZnO_2 і вадзяная пара:

$$ZnO + 2NaOH \overset{t}{=} Na_2ZnO_2 + H_2O\uparrow.$$

Аналагічна праходзяць рэакцыі і з удзелам амфатэрнага аксіду Al_2O_3. Амфатэрныя аксіды рэагуюць як з кіслотнымі, так і з асноўнымі аксідамі.

Такім чынам, класіфікацыя элементаў на металы і неметалы, а іх аксідаў і гідраксідаў — на кіслотныя і асноўныя не з'яўляецца адназначнай.

Аксіды і гідраксіды некаторых металаў здольныя рэагаваць як з кіслотамі, так і са шчолачамі, г. зн. валодаюць амфатэрнымі ўласцівасцямі.

Класіфікацыя элементаў на металы і неметалы, а іх аксідаў і гідраксідаў — на асноўныя і кіслотныя не з'яўляецца строгай, паколькі існуюць элементы, злучэнні якіх праяўляюць амфатэрныя ўласцівасці.

? Пытанні і заданні

1. Дайце азначэнне паняццяў «аксіды», «гідраксіды», «кіслоты», «асновы».
2. Якія ўласцівасці праяўляе гідраксід алюмінію пры ўзаемадзеянні з салянай кіслатой? Напішыце ўраўненне гэтай рэакцыі.
3. Гідраксід берылію $Be(OH)_2$ праяўляе амфатэрныя ўласцівасці. Складзіце ўраўненні яго рэакцый з сернай кіслатой і гідраксідам калію.
4. Гідраксід хрому(III) праяўляе амфатэрныя ўласцівасці. Запішыце формулы гэтага злучэння ў выглядзе кіслаты і асновы. Напішыце ўраўненні рэакцый, якія сведчаць аб амфатэрнасці дадзенага гідраксіду.
5. У колбе знаходзіцца раствор, які змяшчае сульфат цынку хімічнай колькасцю 0,2 моль. Вызначце хімічную колькасць і масу гідраксіду калію, неабходнага для атрымання амфатэрнага гідраксіду цынку.
6. Складзіце ўраўненні хімічных рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

   а) $Al \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow AlCl_3$;
   б) $Zn \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Na_2ZnO_2 \rightarrow ZnCl_2$.

Правообладатель Народная асвета

§ 26. Натуральныя сямействы элементаў

Пасля таго як высветлілася, што класіфікацыя на металы і неметалы не з'яўляецца строгай, вучоныя сталі вылучаць з гэтых двух вялікіх класаў элементы, асабліва блізкія па ўласцівасцях іх простых рэчываў. Такія групы элементаў назвалі **натуральнымі сямействамі**.

Шчолачныя металы

Перш за ўсё ў адно сямейства былі аб'яднаны элементы, простыя рэчывы якіх валодаюць найбольш выражанымі металічнымі ўласцівасцямі: літый **Li**, натрый **Na**, калій **K**, рубідый **Rb**, цэзій **Cs**. Іх назвалі **шчолачнымі металамі**, паколькі яны энергічна ўзаемадзейнічаюць з вадой з утварэннем **шчолачаў** (мал. 45):

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2\uparrow.$$

Энергічна рэагуюць шчолачныя металы таксама з кіслародам, хлорам, серай і іншымі неметаламі.

Вельмі блізкія па ўласцівасцях і іх злучэнні: *аксіды*, якія ўсе праяўляюць асноўныя ўласцівасці — рэагуюць з вадой і кіслотамі:

$$Li_2O + H_2O = 2LiOH,$$

$$Na_2O + 2HCl = 2NaCl + H_2O,$$

і *гідраксіды*, якія з'яўляюцца шчолачамі. *Як гэта можна даказаць?*

У табліцы 2 (с. 120) прыведзены некаторыя фізічныя ўласцівасці простых рэчываў гэтых элементаў і формулы іх тыповых злучэнняў.

Шчолачныя металы — мяккія металы (яны лёгка рэжуцца нажом) (мал. 46), лёгкія, пластычныя, легкаплаўкія, добра праводзяць электрычны ток, маюць металічны бляск.

Мал. 45. Узаемадзеянне калію з вадой

Мал. 46. Разразанне натрыю нажом

Правообладатель Народная асвета

Табліца 2. **Фізічныя ўласцівасці шчолачных металаў і іх злучэнні**

Назва хімічнага элемента	Сімвал	Адносная атамная маса	Простыя рэчывы				Формулы злучэнняў		
			Формула	Агрэгатны стан (пры н. у.)	Тэмпература плаўлення, °C	Шчыльнасць, г/см^3	Аксід	Аснова	Соль (хларыд)
Літый	Li	7	Li	Цвёрдае рэчыва	181	0,53	Li_2O	LiOH	LiCl
Натрый	Na	23	Na	Цвёрдае рэчыва	98	0,97	Na_2O	NaOH	NaCl
Калій	K	39	K	Цвёрдае рэчыва	64	0,86	K_2O	KOH	KCl
Рубідый	Rb	85	Rb	Цвёрдае рэчыва	39	1,53	Rb_2O	RbOH	RbCl
Цэзій	Cs	133	Cs	Цвёрдае рэчыва	29	1,87	Cs_2O	CsOH	CsCl

Злучэнні шчолачных металаў (аксіды, гідраксіды і інш.) маюць падобны састаў і праяўляюць *падобныя* ўласцівасці. Таму можна зрабіць вывад аб падабенстве шчолачных металаў на аснове падабенства фізічных і хімічных уласцівасцей іх простых рэчываў і аднатыпных злучэнняў.

Галагены

Натуральным сямействам элементаў, у простых рэчывах якіх найбольш выражана праяўляюцца неметалічныя ўласцівасці, з'яўляецца група **галагенаў** (фтор **F**, хлор **Cl**, бром **Br**, ёд **I**). Малекулы простых рэчываў галагенаў двухатамныя: $\mathbf{F_2}$, $\mathbf{Cl_2}$, $\mathbf{Br_2}$, $\mathbf{I_2}$.

Простыя рэчывы гэтых элементаў актыўна рэагуюць з металамі з утварэннем солей:

$$\mathbf{Mg + Cl_2 = MgCl_2}.$$

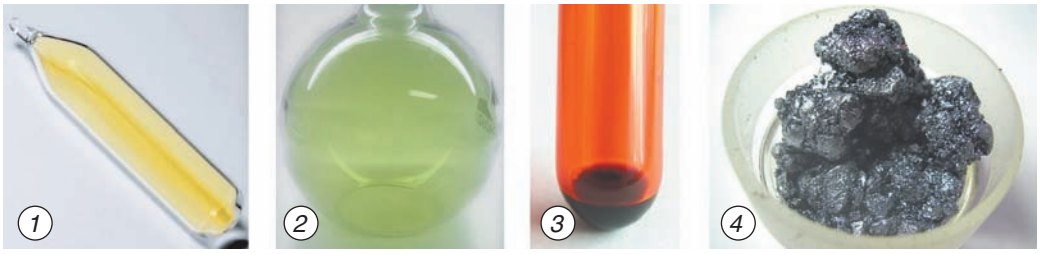
Адсюль і назва гэтага сямейства «галагены», што ў перакладзе з грэчаскай мовы азначае *якія нараджаюць солі*.

Яшчэ адна характэрная хімічная ўласцівасць галагенаў — узаемадзеянне з вадародам. Пры гэтым утвараюцца газападобныя рэчывы, якія называюцца **галагенавадародамі:**

$$\mathbf{H_2 + F_2 = 2HF};\qquad \mathbf{H_2 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl};$$

$$\mathbf{H_2 + Br_2 \xrightarrow{t} 2HBr};\qquad \mathbf{H_2 + I_2 \xrightarrow{t} 2HI}.$$

Правообладатель Народная асвета



Мал. 47. Афарбоўка простых рэчываў — галагенаў: *1* — фтор, *2* — хлор, *3* — бром, *4* — ёд

Водныя растворы галагенавадародаў — *кіслоты*. **Афарбоўка** газападобных простых рэчываў — галагенаў паказана на малюнку 47, а фізічныя ўласцівасці і формулы іх тыповых злучэнняў прыведзены ў табліцы 3.

Табліца 3. **Фізічныя ўласцівасці галагенаў і іх злучэнні**

Назва хімічнага элемента	Сімвал	Адносная атамная маса	Простыя рэчывы				Формулы злучэнняў	
			Формула	Агрэгатны стан (пры н. у.)	Колер	Тэмпература кіпення, °С	Кіслоты	Прыклады солей
Фтор	F	19	F_2	Газ	Жаўтаваты	–188	HF	CaF_2
Хлор	Cl	35,5	Cl_2	Газ	Жоўта-зялёны	–34	HCl	NaCl
Бром	Br	80	Br_2	Вадкасць	Карычнева-буры	59	HBr	$MgBr_2$
Ёд	I	127	I_2	Цвёрдае рэчыва	Цёмна-шэры	184	HI	KI

Шчолачныя металы і галагены маюць шмат процілеглых уласцівасцей. Шчолачныя металы з'яўляюцца **тыповымі металамі**, а галагены — **тыповымі неметаламі**.

Правообладатель Народная асвета

Вядомыя і іншыя натуральныя сямействы хімічных элементаў з блізкімі ўласцівасцямі. Напрыклад, у канцы XIX ст. была адкрыта група элементаў, простыя рэчывы якіх атрымалі назву *высакародныя газы*: гелій **He**, неон **Ne**, аргон **Ar**, крыптон **Kr**, ксенон **Xe**, радон **Rn**. Яны адрозніваюцца выключнай інертнасцю і не ўтвараюць злучэнняў ні з металамі, ні з вадародам. Таму іх першапачаткова назвалі *інертнымі* газамі.

Такім чынам, кожны элемент можна аднесці да таго або іншага натуральнага сямейства. Простыя рэчывы і аднатыпныя злучэнні элементаў аднаго сямейства праяўляюць падобныя ўласцівасці.

Аднак выяўленне натуральных сямействаў элементаў яшчэ не вырашала галоўнай праблемы сістэматызацыі элементаў — *знаходжання ўзаемасувязі паміж імі*.

Гэтую задачу змог вырашыць вялікі рускі вучоны Дзмітрый Іванавіч Мендзялееў.

Групы хімічных элементаў, простыя рэчывы і аднатыпныя злучэнні якіх валодаюць блізкімі ўласцівасцямі, складаюць сямействы падобных элементаў або натуральныя сямействы элементаў.

Група шчолачных металаў складае натуральнае сямейства тыповых металаў.

Група галагенаў складае натуральнае сямейства тыповых неметалаў.

? Пытанні і заданні

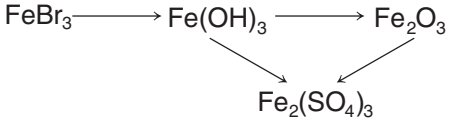
1. На прыкладзе групы шчолачных металаў і групы галагенаў вусна апішыце ўласцівасці: а) тыповых металаў; б) тыповых неметалаў.
2. Карыстаючыся табліцай 2, параўнайце фізічныя ўласцівасці шчолачных металаў і выявіце заканамернасці змянення ўласцівасцей гэтых рэчываў з павелічэннем адноснай атамнай масы элементаў. Зрабіце тое ж самае і для галагенаў (табл. 3.).
3. Вызначце масавыя долі кальцыю і брому ў злучэнні $CaBr_2$.
4. Вам вядома назва солей салянай кіслаты. Назавіце па аналогіі солі іншых галагенавадародных кіслот: CaF_2, AlI_3, $MgBr_2$, KF, $FeBr_3$. Складзіце ўраўненні магчымых рэакцый атрымання гэтых солей.
5. Назавіце асноўныя адрозненні ва ўласцівасцях простых рэчываў літыю і фтору, натрыю і хлору.

Правообладатель Народная асвета

6. Складзіце ўраўненні хімічных рэакцый, з дапамогай якіх можна выканаць наступныя ператварэнні:

$$Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaO;$$
$$S \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow K_2SO_3 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow BaSO_3.$$

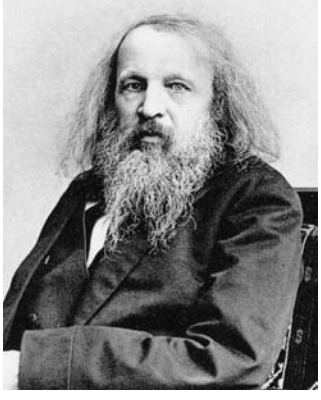
7. Складзіце ўраўненні рэакцый да наступнай схемы ператварэнняў і назавіце ўсе прапанаваныя злучэнні:



8. Пры ўзаемадзеянні натрыю з вадой вылучыўся газ аб'ёмам (н. у.) 44,8 дм^3. Разлічыце масу натрыю, які ўступіў у рэакцыю.

Рыхтуемся да алімпіяд. Дадзена схема ператварэнняў: Э → ЭО → Э(OH)$_2$ → ЭCl$_2$. Вызначце назву невядомага элемента Э, калі вядома, што маса яго солі ЭCl$_2$ хімічнай колькасцю 0,5 моль роўна 104 г. Складзіце ўраўненні ўсіх хімічных ператварэнняў.

§ 27. Перыядычны закон Д. І. Мендзялеева



Д. І. Мендзялееў (1834—1907)

У якасці асновы для сістэматызацыі хімічных элементаў Д. І. Мендзялееў выбраў галоўную колькасную характарыстыку элемента — яго *атамную масу*. Так рабілі многія вучоныя і перад ім — А. Шанкуртуа ў Францыі, Д. Ньюлендс у Англіі, Л. Меер у Германіі. Але ў адрозненне ад сваіх папярэднікаў Мендзялееў надаваў вялікае значэнне хімічным уласцівасцям простых рэчываў і злучэнняў элементаў. Галоўную задачу ён бачыў ва ўстанаўленні натуральнай сувязі паміж элементамі, г. зн. такой заканамернасці, якая аб'ядноўвала б усе элементы ў адзіную сістэму.

Устанавіць падобную заканамернасць аказалася няпроста, таму што ў той час было вядома толькі 63 хімічныя элементы, ды і атамныя масы большасці з іх былі вызначаны недакладна. Размясціўшы элементы ў парадку ўзрастання іх адносных атамных мас, Д. І. Мендзялееў устанавіў, што праз пэўны лік элементаў назіраецца з'яўленне падобных элементаў. Так,

Правообладатель Народная асвета

праз сем элементаў (высакародныя газы тады яшчэ не былі адкрыты), калі пачынаць з літыю **Li**, зноў з'**яўляецца шчолачны метал — натрый Na**. А яшчэ праз сем элементаў — наступны шчолачны метал — калій **K**.

Дакладна такую ж паўтаральнасць уласцівасцей ён выявіў і ў галагенаў. Праз сем элементаў пасля фтору **F** ідзе галаген — хлор **Cl**.

Літый і натрый — тыповыя металы, хлор і фтор — неметалы. А як змяняюцца ўласцівасці элементаў і іх злучэнняў у прамежку паміж імі? Запішам сімвалы ўсіх элементаў паміж літыем і фторам, а таксама паміж натрыем і хлорам у парадку нарастання іх адносных атамных мас. Гэту характарыстыку элемента запішам унізе пад яго сімвалам. Там жа пакажам формулу *вышэйшага аксіду* (г. зн. аксіду, у якім валентнасць элемента максімальная) і *гідраксіду*, які **яму адпавядае**. Гідраксіды берылію **Be** і алюмінію **Al** з'яўляюцца амфатэрнымі злучэннямі, таму ў табліцы запісаны і ў форме кіслот, і ў форме асноў. Для элементаў, якія маюць лятучыя (газападобныя) злучэнні **з вадародам**, таксама прывядзём формулы гэтых рэчываў у табліцы 4. Дабавім у табліцу два элементы (у адпаведнасці з іх атамнымі масамі), адкрытыя пазней, — неон **Ne** пасля фтору, аргон **Ar** пасля хлору. Як мы ўжо ведаем, гэта неметалы, у якіх простыя рэчывы хімічна мала актыўныя.

Табліца 4. **Змяненне ўласцівасцей хімічных элементаў і іх злучэнняў**

Хімічны знак элемента	**Li**	**Be**	**B**	**C**	**N**	**O**	**F**	**Ne**
Адносная атамная маса	7	9	11	12	14	16	19	20
Вышэйшы аксід	Li_2O	BeO	B_2O_3	CO_2	N_2O_5	—	—	—
Аснова	LiOH	$Be(OH)_2$				—	—	—
Кіслата		H_2BeO_2	H_3BO_3	H_2CO_3	HNO_3			
Лятучае вадароднае злучэнне	—	—	—	CH_4	NH_3	H_2O	HF	—

Правообладатель Народная асвета

Працяг табліцы

Элемент	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
Адносная атамная маса	23	24	27	28	31	32	35,5	40
Вышэйшы аксід	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7	—
Аснова	NaOH	$Mg(OH)_2$	$Al(OH)_3$					—
Кіслата			H_3AlO_3	H_4SiO_4	H_3PO_4	H_2SO_4	$HClO_4$	
Лятучае вадароднае злучэнне	—	—	—	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl	—
Агульная формула вышэйшага аксіду	$Э_2O$	ЭО	$Э_2O_3$	$ЭO_2$	$Э_2O_5$	$ЭO_3$	$Э_2O_7$	—
Агульная формула злучэння з вадародам	—	—	—	$ЭH_4$	$ЭH_3$	$ЭH_2$	ЭН	—

Разглядаючы ўласцівасці простых рэчываў, а таксама састаў і ўласцівасці злучэнняў хімічных элементаў у радах ад **Li** да **Ne** і ад **Na** да **Ar**, можна зрабіць наступныя вывады.

1. У кожным радзе назіраецца падабенства ў змене ўласцівасцей простых рэчываў з нарастаннем адносных атамных мас іх элементаў: адбываецца *паслядоўнае аслабленне* металічных уласцівасцей і *ўзмацненне* неметалічных уласцівасцей.
2. Нарастае вышэйшая валентнасць элементаў у аксідах ад I да VII. (У неону і аргону кіслародныя злучэнні адсутнічаюць.)
3. Валентнасць атамаў неметалаў у лятучых вадародных злучэннях памяншаецца ад IV да I.
4. Уласцівасці вышэйшых аксідаў і гідраксідаў (асноў або кіслот), якія ім адпавядаюць, змяняюцца ад асноўных да кіслотных.

У другім радзе ад **Na** да **Ar** назіраецца паўтаральнасць уласцівасцей элементаў папярэдняга рада: кожны элемент, які стаіць ніжэй, падобны па ўласцівасцях да таго, што стаіць вышэй. Пасля аргону ў паслядоўным радзе элементаў зноў з'яўляецца шчолачны метал калій, і зноў назіраецца паступовае змяненне ўласцівасцей ад металічных да неметалічных.

Правообладатель Народная асвета

Такім чынам, у паслядоўным радзе хімічных элементаў іх уласцівасці рэгулярна **паўтараюцца** па меры *бесперапыннага* павелічэння адноснай атамнай масы, г. зн. змяняюцца **перыядычна.**

Гэту заканамернасць Д. І. Мендзялееў сфармуляваў у выглядзе **перыядычнага закону,** адкрытага ім у 1869 г.

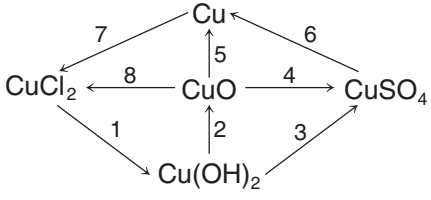
Уласцівасці простых цел (простых рэчываў), а таксама састаў і ўласцівасці злучэнняў элементаў знаходзяцца ў перыядычнай залежнасці ад велічыні іх атамных мас.

Перыядычны закон з'яўляецца адным з найважнейшых законаў прыроды. Ён дазваляе абагульняць і сістэматызаваць звесткі аб хімічных элементах і іх злучэннях, знаходзіць агульныя заканамернасці ў іх саставе, будове і ўласцівасцях.

? Пытанні і заданні

1. Якія характарыстыкі хімічных элементаў Д. І. Мендзялееў узяў за аснову іх сістэматызацыі?
2. Чаму адкрыты Мендзялеевым закон мае назву «перыядычны»? Які сэнс гэтай назвы?
3. Хімічны элемент цэзій Cs падобны да элемента натрыю Na, а селен Se — да серы S. Напішыце формулы аксідаў, гідраксідаў і солей, у састаў якіх уваходзяць гэтыя элементы.
4. Які аксід, на ваш погляд, валодае больш выражанымі кіслотнымі ўласцівасцямі: SiO_2 або P_2O_5? Чаму?
5. Складзіце ўраўненні рэакцый паміж кіслотамі H_2SO_4, H_3PO_4 і асновамі NaOH, $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$. Назавіце ўсе злучэнні, якія ўтвараюцца.
6. Пры сплаўленні аксіду алюмінію з аксідам калію ўтвараецца соль, формула якой $KAlO_2$. Складзіце ўраўненне рэакцыі і разлічыце масу солі, якая ўтварылася, калі хімічная колькасць аксіду алюмінію, які прарэагаваў, роўна: а) 0,2 моль; б) 0,5 моль.

Рыхтуемся да алімпіяд. Складзіце ўраўненні рэакцый, пры дапамозе якіх можна выканаць ператварэнні згодна з прыведзенай схемай:

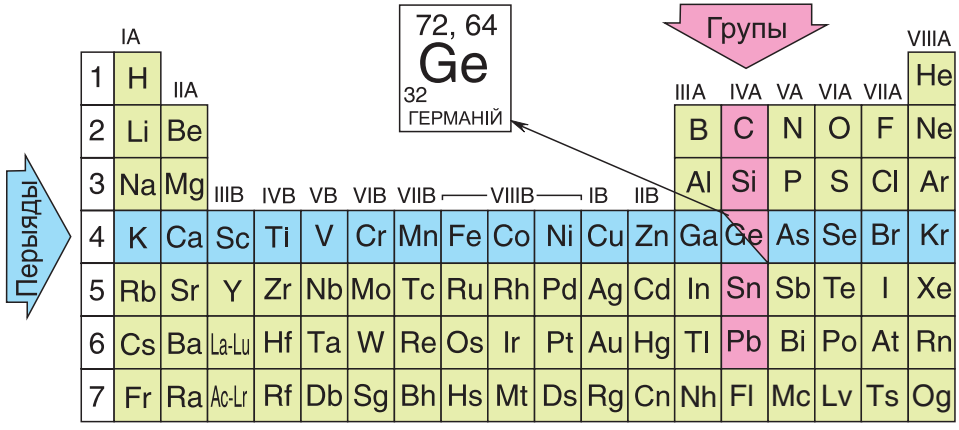


Рыхтуемся да алімпіяд. Ва ўзоры руды масай 200 г знаходзіцца мінерал плавіковы шпат CaF_2 — сыравіна для атрымання фтору. Масавая доля CaF_2 у рудзе роўна 78 %. Вылічыце масу фтору, які змяшчаецца ў гэтым узоры руды.

Правообладатель Народная асвета

§ 28. Перыядычная сістэма хімічных элементаў

Абапіраючыся на перыядычны закон, Д. І. Мендзялееў пабудаваў натуральную класіфікацыю хімічных элементаў — **перыядычную сістэму хімічных элементаў**. Яе графічным відарысам з'яўляецца *табліца*, якая так і называецца — *перыядычная сістэма хімічных элементаў* (мал. 48, форзац 1).



Мал. 48. Схема перыядычнай сістэмы хімічных элементаў

Формы табліцы розныя (іх вядома больш за 700). У цяперашні час найбольш шырока выкарыстоўваецца табліца, прадстаўленая на форзацы 1 **дадзенага вучэбнага дапаможніка. Яна прызнана Міжнародным саюзам хімікаў у якасці афіцыйнай.**

Кожны хімічны элемент у табліцы займае адну клетку, у якой паказаны *хімічны знак* элемента, яго *назва*, значэнне *адноснай атамнай масы* элемента і яго *атамны нумар*, які часта называюць *парадкавым*. Гарызантальныя рады элементаў называюцца **перыядамі**, а вертыкальныя слупкі — **групамі**. Гэта асноўныя структурныя адзінкі перыядычнай сістэмы.

Такім чынам, *кожны хімічны элемент мае свой атамны нумар, знаходзіцца ў пэўным перыядзе і пэўнай групе.*

Перыяды

! **Перыяд — гарызантальны рад хімічных элементаў, размешчаных у парадку ўзрастання іх адносных атамных мас, які пачынаецца шчолачным металам (або вадародам) і заканчваецца высакародным газам.**

Правообладатель Народная асвета

Усяго ў табліцы сем перыядаў. Іх нумары паказаны лічбамі, якія стаяць злева. Кожны перыяд змяшчае пэўны лік хімічных элементаў:

1-ы перыяд — 2 элементы
2-і перыяд — 8 элементаў
3-і перыяд — 8 элементаў
} **Малыя перыяды**

4-ы перыяд — 18 элементаў
5-ы перыяд — 18 элементаў
6-ы перыяд — 32 элементы
7-ы перыяд — 32 элементы
} **Вялікія перыяды**

Першыя тры перыяды называюцца **малымі** перыядамі. Самы першы перыяд складаецца толькі з двух хімічных элементаў — вадароду **H** і гелію **He**, прычым вадарод не адносіцца да шчолачных металаў. Астатнія чатыры перыяды называюцца **вялікімі**. У іх таксама, як у другім і трэцім, назіраецца паступовае *аслабленне металічных* і *ўзмацненне неметалічных* уласцівасцей атамаў і простых рэчываў элементаў, толькі пераход ідзе ад шчолачнага металу да высакароднага газу праз большы лік элементаў, больш плаўна.

Групы

! Група — вертыкальны рад хімічных элементаў у перыядычнай сістэме, атамы якіх маюць падобныя ўласцівасці.

Усяго ў табліцы васямнаццаць груп, пранумараваных арабскімі лічбамі. Акрамя таго, групы маюць традыцыйную нумарацыю рымскімі лічбамі, якая захавалася з часоў Д. І. Мендзялеева: ад I да VIII з дабаўленнем лацінскіх літар A або B.

Групы A часта называюць **галоўнымі**. Яны ўключаюць **усе элементы** першых трох (малых) перыядаў, а таксама **размешчаныя ніжэй элементы** вялікіх перыядаў. У гэтых групах знаходзяцца як *металы*, так і *неметалы*. Мяжа паміж гэтымі двума тыпамі элементаў звычайна вылучаецца тлустай ломанай лініяй. Гэта мяжа даволі ўмоўная, таму што некаторыя элементы, якія знаходзяцца каля яе, могуць праяўляць як металічныя, так і неметалічныя ўласцівасці.

Некаторыя галоўныя групы маюць свае ўласныя назвы. Так, напрыклад, IA-група — гэта група *шчолачных металаў* + *вадарод* **H**, IIA-група — група шчолачназямельных металаў + берылій **Be** і магній **Mg**, VIIA-група — група *галагенаў*, VIIIA-група — група *высакародных газаў* і г. д.

Правообладатель Народная асвета

Паміж I—IIA — і III—VIIIA-групамі размяшчаюцца пераходныя элементы груп B. Групы B часам называюць **пабочнымі**. У іх знаходзяцца толькі элементы вялікіх перыядаў, яны ўсе з'яўляюцца *металамі*.

Усе групы маюць уласныя назвы, звычайна звязаныя з назвай першага элемента ў групе.

У кожнай групе знаходзяцца элементы з падобнымі хімічнымі ўласцівасцямі іх простых рэчываў. Рымскія лічбы нумара групы паказваюць, як правіла, вышэйшую, г. зн. максімальную, валентнасць элементаў у злучэннях з кіслародам (табл. 5).

Табліца 5. **Максімальныя валентнасці і формулы вышэйшых аксідаў элементаў A- і B-груп**

Нумар групы (A і B)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Максімальная валентнасць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Агульная формула вышэйшага аксіду	**$Э_2O$**	**ЭO**	**$Э_2O_3$**	**$ЭO_2$**	**$Э_2O_5$**	**$ЭO_3$**	**$Э_2O_7$**	**$ЭO_4$**
Прыклад	**K_2O**	**BaO**	**Al_2O_3**	**SiO_2**	**P_2O_5**	**SO_3**	**Cl_2O_7**	**XeO_4**

Атамы некаторых элементаў праяўляюць і іншыя значэнні **вышэйшай валентнасці (Cu, Au)** або проста не маюць кіслародных злучэнняў **(He, Ne, Ar)**.

Прычыну перыядычнасці ў змяненні ўласцівасцей хімічных элементаў можна растлумачыць толькі на аснове ведаў аб будове атамаў. Гэта добра разумеў і сам Д. І. Мендзялееў, мяркуючы, што атамы з'яўляюцца складанымі ўтварэннямі, а пазнанне іх структуры дазволіць фізічна абгрунтаваць адкрытую ім перыядычную сістэму хімічных элементаў.

Графічным відарысам перыядычнага закону з'яўляецца табліца перыядычнай сістэмы элементаў.

Кожны хімічны элемент мае свой атамны нумар, знаходзіцца ў пэўным перыядзе і ў пэўнай групе табліцы.

Перыяд — гарызантальны рад хімічных элементаў, які пачынаецца шчолачным металам (або вадародам) і заканчваецца высакародным газам.

Група — вертыкальны рад хімічных элементаў з падобнымі ўласцівасцямі іх атамаў.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Як называў Д. І. Мендзялееў натуральную класіфікацыю хімічных элементаў?
2. Назавіце асноўныя структурныя адзінкі перыядычнай сістэмы элементаў.
3. Што такое перыяд? Што агульнае маюць вялікія і малыя перыяды і чым яны адрозніваюцца? Якія ўласцівасці хімічных элементаў заканамерна змяняюцца ў перыядзе?
4. Дайце азначэнне паняцця «група». Назавіце адрозненні паміж групамі A і B.
5. Простае рэчыва якога хімічнага элемента з кожнай пары мае больш выражаныя металічныя ўласцівасці: а) K або Ca; б) Mg або Al; в) Cs або Pb?
6. Простае рэчыва якога хімічнага элемента з кожнай пары мае больш выражаныя неметалічныя ўласцівасці: а) S або Cl; б) C або N; в) Se або Br?
7. Падзяліце прапанаваныя элементы на металы і неметалы, назавіце іх становішча ў перыядычнай сістэме (група, перыяд, атамны нумар): кісларод, натрый, серабро, неон, ртуць, бром, золата, ксенон, хром.
8. Запоўніце табліцу ў сшытку:

Сімвал элемента	Атамны нумар	Адносная атамная маса	Нумар і тып групы	Нумар перыяду	Формула вышэйшага аксіду	Формула гідраксіду
Ca						
	13					
		79				
			VA	2		
						KOH
					As_2O_5	

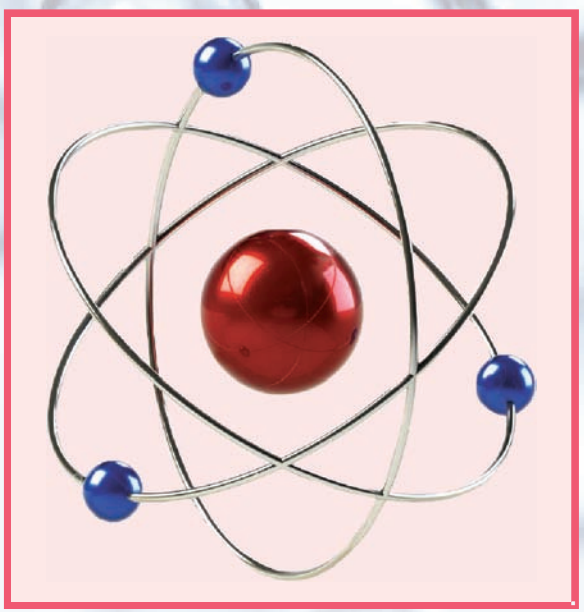
Рыхтуемся да алімпіяд. Складзіце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна здзейсніць наступныя ператварэнні:

$$Mg \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgSO_4 \rightarrow MgCO_3 \rightarrow MgO;$$
$$S \rightarrow SO_2 \rightarrow CaSO_3 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3.$$

Правообладатель Народная асвета

Глава 3

Будова атама і перыядычнасць змены ўласцівасцей атамаў хімічных элементаў і іх злучэнняў



У трэцяй главе вы пазнаёміцеся з будовай атама, станам электронаў у атаме. Даведаецеся, што такое радыеактыўнасць, навучыцеся характарызаваць хімічны элемент па будове яго атама і становішчы ў перыядычнай сістэме хімічных элементаў

Правообладатель Народная асвета

§ 29. Будова атама. Атамны нумар хімічнага элемента

У сярэдзіне XIX ст. атам лічыўся элементарнай, г. зн. непадзельнай часціцай. **Але ўжо да канца гэтага стагоддзя з'явіліся неаспрэчныя доказы складанасці будовы атама.**

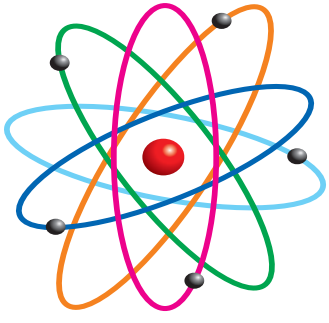
У 1897 г. англійскі фізік Д. Д. Томсан устанавіў існаванне ў атаме **электронаў** — адмоўна зараджаных часціц. Прамым доказам складанасці будовы атама з'явілася адкрыццё самаадвольнага распаду атамаў некаторых элементаў з **выпраменьваннем нябачных воку прамянёў. Гэта з'ява, адкрытая ў 1896 г. французскім вучоным Анры Бекерэлем, атрымала назву радыеактыўнасці.**

Гэтыя адкрыцці сведчылі аб тым, што атам мае складаную будову.

Ядзерная мадэль будовы атама

На аснове сваіх славутых доследаў па рассейванні α-прамянёў (яны разглядаюцца ў школьным курсе фізікі) англійскі вучоны Эрнэст Рэзерфард у 1911 г. прапанаваў схему будовы атама, якая атрымала назву *ядзернай (планетарнай) мадэлі атама*.

Згодна з гэтай мадэллю, атам складаецца з **дадатна зараджанага ядра і электронаў, якія рухаюцца вакол яго.** Амаль уся маса атама (больш за 99,96 %) сканцэнтравана ў яго ядры, дыяметр якога прыблізна ў 100 000 разоў меншы за дыяметр усяго атама.



Мал. 49. Ядзерная мадэль атама паводле Рэзерфарда

На малюнку 49 паказана мадэль атама паводле Рэзерфарда. **Безумоўна, адносныя памеры ўсяго атама і яго ядра дадзены не ў адпаведным маштабе.** Нават калі адлюстраваць памеры ядра атама вадароду кропкай усяго ў 1 мм, то межы атама павінны былі б знаходзіцца на адлегласці 50 м.

З курса хіміі 7-га класа вы ўжо ведаеце адно азначэнне атама *як найдрабнейшай, хімічна непадзельнай часціцы*. Цяпер можна даць яшчэ адно, *фізічнае* азначэнне гэтага паняцця.

! Атам — электранейтральная часціца, якая складаецца з дадатна зараджанага ядра і адмоўна зараджаных электронаў.

Правообладатель Народная асвета

Пазней было **вызначана, што ядро атама таксама мае складаную будову. Яно складаецца з часціц двух тыпаў: пратонаў і нейтронаў.**

Пратон і нейтрон маюць практычна *аднолькавую масу*, роўную прыкладна 1 u, г. зн. адной атамнай адзінцы масы. Пратон (яго сімвал **p**) мае адносны зарад 1+, а нейтрон (сімвал **n**) электранейтральны.

Адносны зарад электрона (яго ўмоўнае абазначэнне $\mathbf{e^-}$) роўны 1–, а маса прыкладна ў 1840 разоў меншая за масу пратона, г. зн. роўна $\frac{1\,u}{1840}$.

У табліцы 6 прыведзены асноўныя характарыстыкі часціц, якія ўваходзяць у састаў атама.

Табліца 6. **Асноўныя характарыстыкі часціц, якія ўваходзяць у састаў атама**

Часціца	Сімвал	Адносная маса	Адносны зарад
Пратон	p	1,007 ≈ 1 u	1+
Нейтрон	n	1,009 ≈ 1 u	0
Электрон	e^-	$\frac{1\,u}{1840}$	1–

Фізічны сэнс атамнага нумара

У пачатку XX ст. многімі тэарэтычнымі і эксперыментальнымі даследаваннямі было вызначана, што **атамны (парадкавы) нумар элемента ў перыядычнай сістэме роўны адноснаму зараду ядра яго атамаў.** Менавіта ў гэтым заключаецца *фізічны сэнс* атамнага нумара элемента.

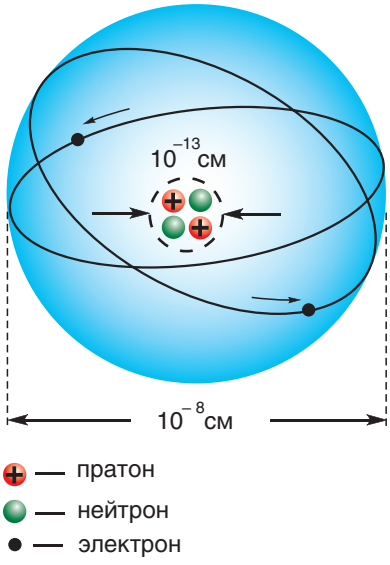
Адносны зарад ядра вызначаецца лікам пратонаў, і паколькі атам у цэлым электранейтральны, відавочна, што **лік пратонаў у яго ядры роўны ліку электронаў.**

Атамны нумар элемента	=	Зарад ядра атама	=	Лік пратонаў у ядры	=	Лік электронаў у атаме

Напрыклад, атамны нумар вадароду **H** роўны 1. Значыць, адносны зарад ядра яго атама роўны 1+ (г. зн. змяшчае толькі адзін пратон), а вакол ядра верціцца толькі адзін электрон з зарадам 1–.

Атамны нумар наступнага элемента гелію **He** роўны 2. Гэта азначае, што адносны зарад ядра яго атама роўны 2+ (г. зн. ядро змяшчае

Правообладатель Народная асвета



Мал. 50. Мадэль атама гелію

2 пратоны), а агульная колькасць электронаў у атаме таксама роўна двум (мал. 50).

Павелічэнне атамнага нумара элемента звязана з нарастаннем колькасці пратонаў у ядры, г. зн. з павелічэннем адноснага дадатнага зараду ядра.

Такім чынам, можна зрабіць вывад, што **адносны зарад ядра атама з'яўляецца галоўнай характарыстыкай элемента**, вызначаючы яго становішча ў перыядычнай сістэме, а значыць, усе ўласцівасці атамаў гэтага элемента і яго злучэнняў. Таму сучасная фармулёўка перыядычнага закону гучыць так.

! Уласцівасці атамаў хімічных элементаў, а таксама састаў і ўласцівасці рэчываў, якія ўтвараюцца імі, знаходзяцца ў перыядычнай залежнасці ад зарадаў атамных ядзер.

Перыядычны закон даў імпульс да вывучэння ўнутранай будовы рэчываў, у тым ліку і будовы атама. У сваю чаргу, тэорыя будовы атама садзейнічала разуменню сутнасці перыядычнага закону і перыядычнай сістэмы хімічных элементаў, напоўніла іх сучасным зместам і вызначыла шляхі далейшага развіцця.

Атам — электранейтральная часціца, якая складаецца з дадатна зараджанага ядра і электронаў.

Уся маса атама сканцэнтравана ў яго ядры, памеры якога прыкладна ў 100 000 разоў меншыя за памеры ўсяго атама.

Зарад ядра атама з'яўляецца галоўнай характарыстыкай хімічнага элемента, вызначаючы ўсе асноўныя ўласцівасці атамаў гэтага элемента.

Атамны нумар хімічнага элемента роўны адноснаму зараду ядра яго атама, ліку пратонаў у ядры і ліку электронаў у гэтым атаме.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. У чым прынцыповае адрозненне сучаснай фармулёўкі перыядычнага закону ад ранейшай мендзялееўскай?
2. Чаму роўны адносны зарад ядра і лік электронаў атамаў у наступных элементаў: N, Al, Fe, Br, Au?
3. У ядрах атамаў хімічных элементаў змяшчаецца адпаведна 8, 12, 29, 47 і 80 пратонаў. Назавіце гэтыя элементы. Пакажыце нумары перыядаў і груп перыядычнай сістэмы, у якіх яны знаходзяцца.
4. Назавіце лік пратонаў і электронаў для атамаў элементаў, якія знаходзяцца адпаведна ў: а) трэцім перыядзе і IVA-групе; б) чацвёртым перыядзе і VIIA-групе; в) пятым перыядзе і IB-групе.
5. Складзіце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна выканаць наступныя ператварэнні:

$$S \rightarrow H_2S \rightarrow Na_2S \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow K_2SO_3;$$
$$Cl_2 \rightarrow HCl \rightarrow AlCl_3 \rightarrow KCl \rightarrow HCl \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3.$$

Рыхтуемся да алімпіяд. Вызначце лік атамаў ва ўзоры медзі аб'ёмам 10 см^3, калі шчыльнасць гэтага металу роўна 8,96 г/см^3.

§ 30. Масавы лік атама. Нукліды

Чаму **ж галоўнай характарыстыкай элемента з'яўляецца адносны зарад** ядра яго атамаў, а не адносная атамная маса? Яшчэ Д. І. Мендзялееў, размяшчаючы хімічныя элементы ў перыядычнай сістэме, вымушаны быў паставіць некаторыя з іх не ў парадку нарастання атамных мас. Так, элемент ёд **I** размяшчаецца пасля тэлура **Te, хоць яго атамная маса меншая. Пасля адкрыцця ў канцы XIX ст. высакародных газаў, аргон Ar** быў змешчаны ў табліцы перад каліем, хоць яго атамная маса (39,95) большая за атамную масу калію **K** (39,10). **У той час гэтаму факту** не было тлумачэння і Д. І. Мендзялееў кіраваўся толькі прынцыпам перыядычнасці, згодна з якім гэтыя элементы павінны былі займаць месцы ў адпаведнасці з хімічнымі ўласцівасцямі і адноснымі атамнымі масамі іх атамаў.

Масавы лік

Даследаваннямі на пачатку XX ст. было ўстаноўлена, што атамы аднаго і таго ж элемента могуць мець розныя масы. Гэта тлумачыцца тым, што ў іх ядрах з адным і тым жа лікам пратонаў можа знаходзіцца розны лік нейтронаў. Агульная колькасць пратонаў (Z) і нейтронаў (N) у ядры называецца **масавым лікам атама** (A):

$$\mathbf{A = Z + N}.$$

Правообладатель Народная асвета

Масавы лік практычна вызначае масу ядра і, значыць, *масу ўсяго атама,* паколькі маса электронаў складае мізэрную частку агульнай масы атама.

Нукліды

Адносны зарад ядра атама Z (г. зн. лік пратонаў) і яго масавы лік A паказваюць лікавымі індэксамі злева ад сімвала хімічнага элемента — $^{A}_{Z}Э$, напрыклад:

$$^{35}_{16}S, \quad ^{40}_{19}K, \quad ^{238}_{92}U.$$

! Нуклідам называецца від атамаў з пэўным значэннем атамнага нумара і масавага ліку.

Для абазначэння нуклідаў выкарыстоўваюць назву элемента або яго сімвал, дзе паказваюць толькі масавы лік: вугляро д-12, або ^{12}C; кісларод-16, або ^{16}O, сера-35, або ^{35}S.

Лік нейтронаў N у ядры атама любога з нуклідаў лёгка падлічыць па рознасці $N = A - Z$. Так, у нукліду серы ^{35}S у ядры знаходзіцца 19 нейтронаў $(35 - 16 = 19)$, у нукліду калію ^{40}K — 21 $(40 - 19 = 21)$ і ў нукліду ўрану ^{238}U — 146 $(238 - 92 = 146)$ нейтронаў.

Яшчэ адно пытанне стаяла перад вучонымі: чаму адносныя атамныя масы большасці элементаў не з'яўляюцца цэлалікавымі велічынямі, хоць масавыя лікі іх нуклідаў выражаюцца цэлымі лікамі?

Адносная атамная маса

У прыродзе большасць хімічных элементаў існуюць у выглядзе сумесі нуклідаў, кожны з якіх характарызуецца сваім уласным значэннем масавага ліку. Таму адносная атамная маса дадзенага элемента з'яўляецца *ўсярэдненай велічынёй* адносных атамных мас яго нуклідаў. Безумоўна, пры гэтым улічваецца ўтрыманне кожнага нукліду ў іх прыроднай сумесі.

Удакладнім азначэнне адноснай атамнай масы хімічнага элемента.

! Адносная атамная маса элемента — фізічная велічыня, якая паказвае, у колькі разоў сярэдняя маса атамаў дадзенага хімічнага элемента большая за $\frac{1}{12}$ частку масы атамаў ^{12}C.

Цяпер зразумела, чаму адносная атамная маса калію меншая, чым аргону. У калію больш за 93 % яго прыродных атамаў маюць масавы

Правообладатель Народная асвета

лік 39, а ў аргону 99 % прыроднай сумесі прыпадае на долю нукліду аргон-40. Таму адносная атамная маса калію бліжэй да 39, а аргону — да 40. Аднак зарад ядра атамаў калію роўны 19+, а аргону 18+, і таму ў табліцы яны размяшчаюцца згодна з гэтай галоўнай характарыстыкай хімічнага элемента.

Масавым лікам атама з'яўляецца агульны лік пратонаў і нейтронаў ў яго ядры.

Нуклід — від атамаў з пэўнымі значэннямі атамнага нумара і масавага ліку.

Адносная атамная маса элемента — фізічная велічыня, якая паказвае, у колькі разоў сярэдняя маса яго атамаў большая за $\frac{1}{12}$ *частку масы атамаў вугляроду-12.*

? Пытанні і заданні

1. Запішыце формулы нуклідаў цынку, ядры якіх змяшчаюць 34, 36, 38, 40 нейтронаў.
2. Часцей за ўсё вадарод у прыродзе існуе ў выглядзе двух нуклідаў — вадароду-1 і вадароду-2, а кісларод — у выглядзе трох: ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O. Вызначце ўсе магчымыя значэнні адноснай малекулярнай масы вады, утворанай атамамі гэтых нуклідаў.
3. Вызначце атамны нумар элемента, масавы лік аднаго з нуклідаў якога роўны 26, а лік нейтронаў — 14.
4. Чаму роўны лік нейтронаў у ядрах наступных нуклідаў: ^{26}Mg, ^{137}Ba, ^{65}Cu, ^{79}Br, ^{234}U?
5. Выкарыстоўваючы перыядычную сістэму хімічных элементаў, вызначце лік пратонаў, нейтронаў і электронаў у нуклідах фтору, ёду, кальцыю, натрыю, золата, прымаючы велічыню масавага ліку роўнай акругленаму значэнню адноснай атамнай масы элемента.
6. Вызначце хімічныя сімвалы, лік пратонаў і масавы лік нуклідаў, якія змяшчаюць: а) 4 электроны і 5 нейтронаў: б) 12 электронаў і 13 нейтронаў; в) 20 электронаў і 20 нейтронаў.
7. Складзіце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$K_2O \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow KOH \rightarrow KCl \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow KNO_3;$$
$$P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow H_3PO_4.$$

Правообладатель Народная асвета

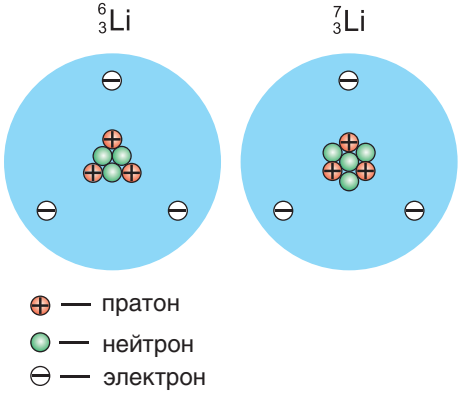
§ 31. Ізатопы. З'ява радыеактыўнасці

Ізатопы

У пачатку XX ст. было даказана, што большасць хімічных элементаў у прыродзе існуе ў выглядзе некалькіх нуклідаў. Так прыродны літый (Z = 3), акрамя **нуклідаў, у атамных ядрах якіх знаходзіцца 4 нейтроны**, мае нукліды з лікам нейтронаў 3. Масавыя лікі такіх нуклідаў роўны адпаведна 6 і 7: $^{6}_{3}$**Li** і $^{7}_{3}$**Li** (мал. 51). Нукліды такога тыпу назвалі ізатопамі.

! Ізатопамі называюцца нукліды, якія маюць аднолькавы атамны нумар (г. зн. аднолькавы лік пратонаў у ядры), але розныя масавыя лікі.

Значыць, нукліды $^{6}_{3}$**Li**, $^{7}_{3}$**Li** — ізатопы літыю, а нукліды $^{1}_{1}$**H**, $^{2}_{1}$**H**, $^{3}_{1}$**H** — ізатопы вадароду. Іншымі словамі, *ізатопы — гэта разнавіднасці атамаў аднаго і таго ж элемента, у ядрах якіх змяшчаецца розны лік нейтронаў.*



Мал. 51. Мадэлі нуклідаў літыю

Слова «ізатопы» ў перакладзе з грэчаскай мовы азначае «якія займаюць адно месца». Ізатопы любога элемента сапраўды займаюць адно месца ў перыядычнай сістэме, паколькі належаць аднаму і таму ж элементу. Значыць, і хімічныя ўласцівасці ізатопаў дадзенага элемента таксама будуць аднолькавыя.

Цяпер мы можам даць больш дакладнае азначэнне хімічнага элемента.

! Хімічны элемент — від атамаў з аднолькавым зарадам ядра.

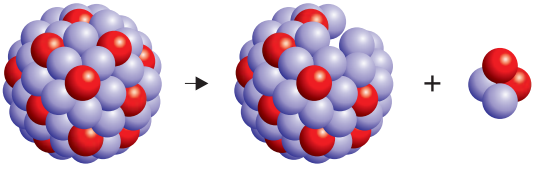
Такім чынам, усе нукліды з аднолькавым зарадам ядзер іх атамаў (г. зн. ізатопы) належаць аднаму і таму ж элементу.

З'ява радыеактыўнасці

Па ўстойлівасці атамных ядзер усе нукліды можна падзяліць на два тыпы: *стабільныя* і *нестабільныя*. Сама назва «стабільны» сведчыць аб устойлівасці ядзер дадзенага нукліда, г. зн. аб іх здольнасці існаваць

Правообладатель Народная асвета

як заўгодна доўга. Большасць нуклідаў, якія ўваходзяць у састаў навакольных рэчываў, з’яўляюцца стабільнымі. Гэта вадарод-1, кісларод-16, вугляродр-12, літый-6, літый-7 і інш. Стабільнасць гэтых нуклідаў вызначаецца, перш за ўсё, устойлівасцю іх ядзер.



Мал. 52. Схема распаду ядра атама радыю

Устойлівасць ядра залежыць толькі ад суадносін паміж лікам пратонаў і нейтронаў (для кожнага элемента яны свае). Калі гэтыя суадносіны выходзяць за пэўныя межы, ядро (а разам з ім і атам) робіцца няўстойлівым. Яно самаадвольна распадаецца, ператвараючыся ў ядры атамаў іншых элементаў. Пры гэтым адбываецца выпраменьванне розных часціц. Гэта з’ява і ёсць *радыеактыўнасць*.

! Радыеактыўнасцю называецца самаадвольнае ператварэнне няўстойлівых атамных ядзер у іншыя ядры, якое суправаджаецца выпраменьваннем розных часціц.

Напрыклад, ядры атамаў радыю-226 (або ^{226}**Ra**) распадаюцца на ядры атамаў радону-222 (або ^{222}**Rn**) і ядры атамаў гелію-4 (або ^{4}**He**) (мал. 52):

$$^{226}_{88}\mathbf{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\mathbf{Rn} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}.$$

Нукліды, здольныя да радыеактыўнага распаду, называюцца **радыенукліда**мі. Напрыклад, уран-238, ёд-131, стронцый-90, цэзій-137 — радыенукліды.

Устойлівасць радыенуклідаў характарызуюць перыядам паўраспаду. **Перыяд паўраспаду** ($\tau_{1/2}$) — гэта час, на працягу якога распадаецца палова першапачатковай колькасці ядзер радыеактыўнага элемента. Чым большы перыяд паўраспаду, тым даўжэй захоўваецца радыенуклід і тым больш працяглы яго ўплыў на навакольнае асяроддзе і чалавека. Напрыклад, з красавіка 1986 г. пасля аварыі на Чарнобыльскай АЭС прайшло ўжо больш за 1370 перыядаў паўраспаду ёду-131 ($\tau_{1/2} = 8{,}5$ сут), і ён практычна знік. У той жа час цэзій-137 ($\tau_{1/2}$ роўны прыкладна 30 гадоў) і іншыя радыенукліды працягваюць знаходзіцца на забруджаных тэрыторыях.

Больш падрабязна аб тыпах нуклідаў, аб радыеактыўным выпраменьванні, аб яго **ўздзеянні на жывыя аб’екты, а таксама аб спосабах аховы ад радыяцыі вы даведаецеся з курса фізікі.**

Правообладатель Народная асвета

Нукліды, якія адрозніваюцца толькі лікам нейтронаў у ядрах іх атамаў пры аднолькавым ліку пратонаў, называюцца ізатопамі.

Хімічны элемент — від атамаў з аднолькавым дадатным зарадам ядра.

Радыеактыўнасць — гэта самаадвольнае ператварэнне нестойлівых атамных ядзер у іншыя ядры. Пры гэтым адбываецца вылучэнне розных часціц.

? Пытанні і заданні

1. Чым падобныя і чым адрозніваюцца паміж сабой ізатопы вадароду?
2. Ці могуць у розных хімічных элементаў быць аднолькавыя зарады атамных ядзер? А аднолькавыя масы? Чаму?
3. Вызначце састаў атамных ядзер ізатопаў:

   а) $^{40}_{20}Ca$; $^{42}_{20}Ca$; $^{44}_{20}Ca$; б) $^{32}_{16}S$; $^{34}_{16}S$; $^{35}_{16}S$.
4. Растлумачце прычыну і сутнасць з'явы радыеактыўнасці.
5. Чым адрозніваецца радыенуклід ад стабільнага нукліду таго ж элемента?
6. Серная кіслата масай 39,2 г цалкам прарэагавала з магніем. Разлічыце аб'ём (н. у.) вадароду, які вылучыўся ў выніку гэтай рэакцыі.
7. Складзіце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$Al_2O_3 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow AlCl_3;$$
$$SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaCl \rightarrow HCl.$$

§ 32. Стан электронаў у атаме. Электроннае воблака. Атамная арбіталь

Пры хімічных рэакцыях атамы не знікаюць і не ўзнікаюць зноў. Яны проста пераходзяць з адных рэчываў у другія, але іх ядры застаюцца нязменнымі. Аднак хімічныя ўласцівасці атамаў аднаго і таго ж элемента моцна адрозніваюцца ў залежнасці ад таго, у якім рэчыве яны знаходзяцца. Так, уласцівасці атамаў серы ў простым рэчыве адрозніваюцца ад уласцівасцей атамаў гэтага элемента ў сернай кіслаце. Уласцівасці атамаў натрыю ў простым рэчыве і ў любой яго солі таксама розныя.

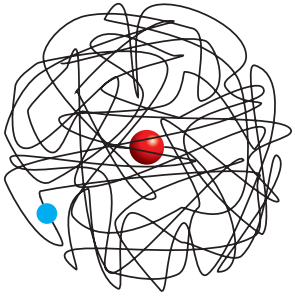
Калі састаў ядзер дадзенага элемента не змяняецца пры хімічных рэакцыях, відавочна, што **ўсе змяненні, якія адбыліся з дадзеным атамам, з'яўляюцца вынікам змянення яго электроннай будовы.**

Правообладатель Народная асвета

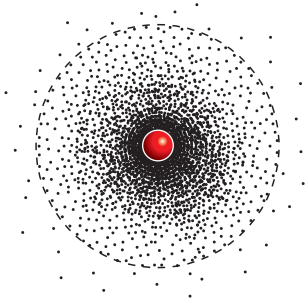
Якая ж электронная будова атамаў? Як яна ўплывае на іх ўласцівасці, на ўласцівасці рэчываў, у якіх знаходзяцца атамы? Для адказу на гэтыя пытанні трэба добра ўяўляць сабе *стан электрона* ў атаме. Слова «стан» у квантавай фізіцы з'яўляецца сінонімам слова «*рух*».

Рух электронаў у атаме

Згодна з сучаснымі ўяўленнямі, электрон у атаме знаходзіцца ў пастаянным руху вакол ядра. Але такі рух не мае пэўнай траекторыі. Электрон рухаецца прыкладна так, як паказана на малюнку 53. У кожны момант часу ён знаходзіцца ў пэўным пункце каляядзернай прасторы. Калі б атрымалася зафіксаваць такія становішчы **электрона з дапамогай ма**ментальнай фатаграфіі, то, зрабіўшы тысячы здымкаў і наклаўшы іх адзін на адзін, атрымалі б відарыс, падобны да таго, што паказаны на малюнку 54. Ён нагадвае пушысты шарык або воблака ў разрэзе. Менавіта так і назвалі *мадэль руху электрона вакол ядра* — **электроннае воблака.**

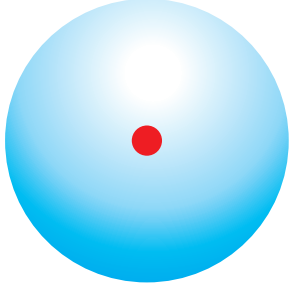


Мал. 53. Схема руху электрона ў атаме



Мал. 54. Электроннае воблака

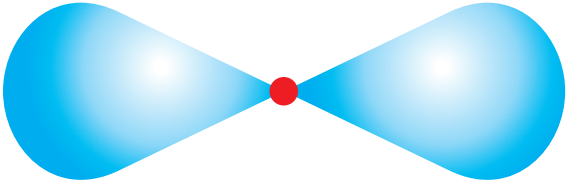
Там, дзе кропкі размешчаны гусцей, можна **гаварыць аб большай верагоднасці зна**ходжання электрона ў гэтай **вобласці. І на**адварот, там, дзе кропак менш, меншая і **ве**рагоднасць выявіць **дадзены электрон. Элек**троннае воблака не мае выразных меж. Таму звычайна яго абмяжоўваюць умоўнай паверхняй, якая ахоплівае прыкладна 90 % яго аб'ёму. Такую *вобласць прасторы вакол ядра, у якой найбольш верагодна знаходжанне дадзенага электрона*, называюць **атамнай арбіталлю.**



Мал. 55. Арбіталь электрона ў атаме вадароду

Арбіталі, у залежнасці ад энергіі электронаў, маюць розныя *формы* і *памеры*. Так, арбіталь адзінага электрона атама вадароду мае сферычную (шарападобную) форму (мал. 55). Атамныя арбіталі ў атамах іншых

Правообладатель Народная асвета



Мал. 56. Форма адной з арбіталей у шматэлектронным атаме

элементаў могуць мець як такую ж форму, так і іншыя, напрыклад гантэлепадобную (мал. 56). Чым большая энергія электрона, тым далей ён знаходзіцца ад ядра, і, значыць, **тым большая па памеры яго арбіталь.**

Тэарэтычныя разлікі фізікаў **сведчаць, што на адной арбіталі можа** знаходзіцца не больш за два электроны. Такія электроны, якія займаюць адну арбіталь, г. зн. адну і тую ж вобласць прасторы каля ядра, называюць *спаранымі*. Напрыклад, у наступнага за вадародам гелію **He** два электроны яго атама займаюць адну арбіталь. Калі на арбіталі знаходзіцца толькі адзін электрон, то яго называюць *няспараным*.

Электроннае воблака — гэта мадэль руху электрона вакол ядра.

Арбіталь — гэта вобласць каляядзернай прасторы, у якой верагоднасць знаходжання дадзенага электрона найбольшая.

На адной арбіталі можа знаходзіцца не больш за два электроны.

? Пытанні і заданні

1. Як сучасная атамная тэорыя апісвае стан электрона ў атаме?
2. Што такое электроннае воблака?
3. Дайце азначэнне паняцця «арбіталь».
4. Растлумачце адрозненне паміж спаранымі і няспаранымі электронамі.
5. Запішыце ў сшытку наступныя сказы і ўстаўце прапушчаныя словы.

   У ядры атама серы знаходзіцца ... пратонаў. Лік электронаў роўны ... ... элемента. Ядро нукліду серы-34 складаецца з ... пратонаў і ... нейтронаў.

6. Цынк масай 13 г растварылі ў салянай кіслаце. Разлічыце хімічную колькасць, масу, аб'ём (н. у.) і лік малекул газу, які вылучыўся.
7. Складзіце ўраўненні хімічных рэакцый, з дапамогай якіх можна выканаць наступныя ператварэнні:

$$H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaOH \rightarrow NaNO_3 \rightarrow HNO_3.$$

Правообладатель Народная асвета

8. Запоўніце ў сшытку табліцу:

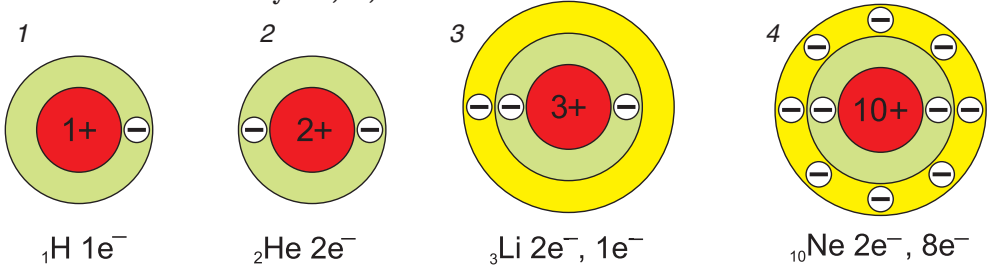
Сімвал нукліду элемента	Атамны нумар элемента	Зарад ядра атама	Лік у ядры		Лік электронаў вакол ядра
			пратонаў	нейтронаў	
^{40}K					
		17+		20	
				38	32
$_{15}P$				16	
	16			18	
			8	10	

§ 33. Будова электронных абалонак атамаў

Агульны лік электронаў у атаме заўсёды роўны зараду ядра. Але электроны, валодаючы рознай энергіяй, па-рознаму размяшчаюцца ў атаме. Чым большая энергія электрона, тым далей ён можа знаходзіцца ад ядра і тым большая па памеры яго арбіталь. І наадварот, электроны, якія маюць меншую энергію, рухаюцца ў асноўным паблізу ядра. Так ўтвараюцца *абалонкі (слаі)* з электронаў з блізкімі значэннямі энергіі, якія так і называюцца — *электронныя абалонкі (электронныя слаі)*.

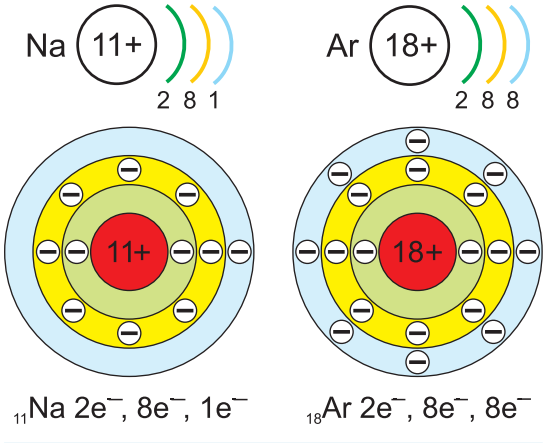
! Электронны слой — гэта сукупнасць электронаў з блізкімі значэннямі энергіі.

Лік электронаў на тым **або іншым слоі розны і ў асноўным вызначаецца** іх энергіяй. *На першым электронным слоі максімальна можа знаходзіцца 2 электроны*. Схематычна для атамаў вадароду і гелію гэта паказана на малюнку 57, *1*, *2*.



Мал. 57. Электронныя схемы атамаў: *1* — вадароду, *2* — гелію, *3* — літыю, *4* — неону

Правообладатель Народная асвета



Мал. 58. Электронныя схемы атамаў натрыю і аргону (уверсе — спрошчаны выгляд схем)

У атамаў наступнага элемента перыядычнай сістэмы літыю **Li** ёсць ужо 3 электроны. Два размешчаны на першым электронным слоі, які лічыцца завершаным. Трэці электрон валодае большай энергіяй і таму знаходзіцца далей ад ядра, пачынаючы фарміраванне другога электроннага слоя, які з'яўляецца знешнім у адносінах да першага слоя (мал. 57, *3*).

Графічны відарыс размеркавання электронаў па слаях называецца **электроннай схемай атама.**

У элементаў, якія ідуць за літыем, нарастае зарад ядра атамаў, а значыць, і лік электронаў. **Яны паступова запаўняюць другі электронны слой** аж да 8 электронаў у атама неону **Ne** (мал. 57, *4*).

Восем — гэта максімальны лік электронаў другога электроннага слоя.

У атама натрыю **Na**, наступнага элемента за неонам, пачынаецца запаўненне трэцяга электроннага **слоя: ад аднаго электрона ў атама натрыю Na** да васьмі ў атама аргону **Ar** (мал. 58).

! У атаме любога элемента (акрамя элементаў першага перыяду — вадароду і гелію) на знешнім электронным слоі можа знаходзіцца не больш за 8 электронаў.

Знешні электронны слой, які змяшчае 8 электронаў, называецца **завершаным.** Таму ў наступнага за аргонам элемента калію **K** пачынае запаўняцца чацвёрты электронны слой:

$$_{19}\mathbf{K}\ \mathbf{2e^-, 8e^-, 8e^-, 1e^-}.$$

Калій з'яўляецца элементам чацвёртага перыяду. Няцяжка зрабіць вывад, што *лік электронных слаёў у атаме любога элемента супадае з нумарам перыяду, у якім ён знаходзіцца.* У гэтым заключаецца **фізічны сэнс** (сутнасць) **нумара перыяду.** Адначасова нумар перыяду паказвае і нумар знешняга электроннага слоя дадзенага элемента.

Супаставім электронную будову атамаў элементаў першых трох перыядаў (мал. 59). На знешнім электронным слоі атамаў элементаў адной групы змяшчаецца аднолькавы лік электронаў. Так, літый **Li**,

Правообладатель Народная асвета

Правообладатель Народная асвета

Перыяды	Галоўныя групы (групы А)							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 1 1+ 1							He 2 2+ 2
2	Li 3 3+ 2 1	Be 4 4+ 2 2	B 5 5+ 2 3	C 6 6+ 2 4	N 7 7+ 2 5	O 8 8+ 2 6	F 9 9+ 2 7	Ne 10 10+ 2 8
3	Na 11 11+ 2 8 1	Mg 12 12+ 2 8 2	Al 13 13+ 2 8 3	Si 14 14+ 2 8 4	P 15 15+ 2 8 5	S 16 16+ 2 8 6	Cl 17 17+ 2 8 7	Ar 18 18+ 2 8 8

Мал. 59. Электронная будова атамаў элементаў першых трох перыядаў перыядычнай сістэмы

натрый **Na** маюць на знешнім слоі па адным электроне, берылій **Be**, магній **Mg** — па два, бор **B**, алюміній **Al** — па тры і г. д. У атамаў высакародных газаў неону **Ne** і аргону **Ar** на знешнім слоі па 8 электронаў. Такім чынам, *будова знешняга электроннага слоя атамаў перыядычна паўтараецца*.

Некаторыя рэчывы пад дзеяннем розных відаў выпраменьванняў здольны вылучаць бачнае святло. Гэта з'ява называецца *люмінесцэнцыяй* і звязана з пераходам электронаў у атаме ва ўзбуджаны стан і наадварот. Люмінесцэнтнае пакрыццё наносяць на дарожныя знакі, у якасці метак на дзіцячае адзенне, на папяровыя банкноты. Пры асвятленні такога пакрыцця ультрафіялетавым або бачным святлом яны пачынаюць свяціцца.

Электроны **знешняга слоя звязаны з ядром слабей, чым астатнія, таму больш рухавыя. Яны вызначаюць хімічныя ўласцівасці дадзенага атама, г. зн. яго здольнасць ўзаемадзейнічаць з іншымі атамамі. Такія электроны называюць **валентнымі**. Няцяжка заўважыць, што ў атамаў элементаў А-груп *лік валентных электронаў роўны нумару групы*, абазначанаму рымскай лічбай. Гэтая заканамернасць паказвае **фізічны сэнс нумара А-групы**.

Падобная заканамернасць запаўнення электронных слаёў існуе і для элементаў вялікіх перыядаў. З адметнымі асаблівасцямі электроннай будовы атамаў гэтых элементаў вы пазнаёміцеся пазней.

Такім чынам, мы можам зрабіць галоўны вывад:

! Уласцівасці атамаў хімічных элементаў перыядычна паўтараюцца таму, што перыядычна паўтараецца будова іх знешніх электронных слаёў.

Менавіта ў гэтым заключаецца **фізічны сэнс** (сутнасць) **перыядычнага закону**.

Электроны з блізкімі значэннямі энергіі складаюць электронны слой.

Лік электронных слаёў у атаме любога элемента роўны нумару перыяду, у якім ён знаходзіцца.

На знешнім электронным слоі атамаў максімальна можа знаходзіцца не больш за 8 электронаў.

Электроны знешняга слоя называюцца валентнымі.

Перыядычная паўтаральнасць уласцівасцей атамаў хімічных элементаў тлумачыцца перыядычным паўтарэннем будовы іх знешніх электронных слаёў.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Чаму роўны лік электронаў у атаме фосфару? Колькі электронных слаёў яны ўтвараюць?
2. Колькі электронных слаёў у атамах кісларoду і серы?
3. Чым тлумачыцца падабенства хімічных уласцівасцей атамаў хлору і брому?
4. Чым адрозніваецца будова знешняга электроннага слоя ў атамаў вугляроду і азоту?
5. Састаўце электронныя схемы наступных атамаў: магнію, бору, фтору, крэмнію, хлору, вугляроду.
6. Назавіце лік электронаў, якіх не хапае на знешнім электронным слоі да яго завяршэння, у наступных атамаў: а) серы і кісларoду; б) бору і алюмінію; в) хлору і фтору.
7. У якіх электронаў — другога або трэцяга слоя — сувязь з ядром больш трывалая? Чаму?
8. Што з'яўляецца прычынай перыядычнасці ўласцівасцей атамаў хімічных элементаў?
9. Аб якіх элементах ідзе гаворка, калі будова іх электроннай абалонкі выражаецца наступным размеркаваннем электронаў па слаях: а) 2, 8, 1; б) 2, 1; в) 2, 8, 4; г) 2, 3; д) 2, 8, 8; е) 2, 8.
10. Чаму першы перыяд змяшчае толькі два хімічныя элементы, а другі — восем?

§ 34. Перыядычнасць змянення ўласцівасцей атамаў хімічных элементаў

Ведаючы заканамернасці змянення электроннай будовы атамаў, можна растлумачыць прычыны і характар змянення іх уласцівасцей, а таксама фізічныя і хімічныя ўласцівасці простых і складаных рэчываў, якія імі ўтвараюцца.

У § 26 мы ўжо гаварылі аб перыядычным характары змянення металічных і неметалічных уласцівасцей атамаў элементаў, іх валентнасцей у вышэйшых аксідах і лятучых злучэннях з вадародам. Было вызначана, што ў радзе ад шчолачнага металу да высакароднага газу кіслотна-асноўныя ўласцівасці аксідаў і гідраксідаў таксама змяняюцца перыядычна. Тады змены гэтых уласцівасцей разглядаліся ў сувязі са змяненнем адноснай атамнай масы. Цяпер мы ўжо можам даць тлумачэнне гэтым заканамернасцям на падставе звестак аб электроннай будове атамаў. Але спачатку разгледзім адну з найважнейшых характарыстык атама — яго *памер*.

Правообладатель Народная асвета

Памер атама

З пункту гледжання сучаснай навукі атам не мае строга вызначаных меж, паколькі электронныя воблакі электронаў, якія ўваходзяць у састаў атама, таксама не маюць дакладных памераў. Умоўна форму атама лічаць шарападобнай, і таму характарыстыкай яго памеру з'яўляецца **радыус атама**. Самым маленькім з'яўляецца атам гелію **He**, а самым вялікім — атам францыю **Fr**, элемента IA-групы. Іх радыусы адрозніваюцца амаль у 7 разоў.

Радыус атама ў асноўным вызначаецца зарадам яго ядра, колькасцю электронных слаёў і лікам электронаў на знешнім слоі. У элементаў A-*груп* з павелічэннем парадкавага нумара расце лік электронных слаёў, і, значыць, *павялічваюцца радыусы атамаў* (мал. 60).

Пры пераходзе ад элемента VIIIA-групы да шчолачнага металу наступнага перыяду радыус атама шчолачнага металу значна *павялічваецца*, паколькі з'яўляецца новы электронны слой.

У перыядзе па меры павелічэння зарада ядзер атамаў элементаў прыцяжэнне электронаў, якія знаходзяцца на адным і тым жа знешнім слоі, да ядра ўзмацняецца. Адбываецца свайго роду «сцісканне» атамаў, і іх *радыусы памяншаюцца*.

Металічныя і неметалічныя ўласцівасці простых рэчываў

У атамаў металаў малых перыядаў (I—III) на знешнім электронным слоі знаходзіцца ад 1 да 3 электронаў, а ў неметалаў — ад 4 да 8. Выключэннем з'яўляюцца атамы вадароду — 1 электрон і бору — 3 электроны.

Ведаючы характар змянення радыусаў атамаў па групах і перыядах, а таксама іх электронную структуру, можна растлумачыць прычыну змянення металічных і неметалічных уласцівасцей атамаў элементаў, больш дакладна — іх простых рэчываў.

Праяўленне *металічных уласцівасцей* вызначаецца, перш за ўсё, здольнасцю атамаў дадзенага элемента **аддаваць** электроны са знешняга электроннага слоя. Менавіта наяўнасцю ў металаў адносна свабодных электронаў абумоўлена іх высокая электраправоднасць.

І наадварот, здольнасць атамаў дадзенага элемента **далучаць** электроны вызначае *неметалічныя ўласцівасці* яго простага рэчыва.

Узмацненне металічных уласцівасцей шчолачных металаў з узрастаннем атамнага нумара элемента звязана, перш за ўсё, з павелічэннем радыусаў іх атамаў, г. зн. з ростам ліку электронных слаёў. **Электрон** на знешнім электронным слоі ў гэтых атамаў усё слабей звязаны

Правообладатель Народная асвета

Правообладатель Народная асвета

Перыяды	Галоўныя групы (групы А)							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

Мал. 60. Змяненне памераў атамаў у перыядах і групах перыядычнай сістэмы

з ядром і таму лягчэй адрываецца. Адначасова ўзмацняюцца асноўныя ўласцівасці аксідаў і гідраксідаў гэтых элементаў, паколькі яны вызначаюцца металічнымі ўласцівасцямі.

У процілегласць гэтаму неметалічныя ўласцівасці элементаў групы галагенаў аслабляюцца з павелічэннем зарадаў ядзер іх атамаў, паколькі павялічваецца лік электронных слаёў. Знешні слой знаходзіцца ўсё далей ад ядра, і таму электроны, якія знаходзяцца на гэтым слоі, больш слаба звязаны з ядром. Кіслотныя ўласцівасці ў аксідаў і гідраксідаў гэтых элементаў таксама аслабляюцца.

Такім чынам, **у галоўных групах (групах А)** перыядычнай сістэмы з павелічэннем зарадаў ядзер атамаў хімічных элементаў **узмацняюцца металічныя ўласцівасці іх простых рэчываў** і адпаведна **аслабляюцца неметалічныя**. Гэта асабліва наглядна праяўляецца ў IVA-групе. У ёй ўласцівасці простых рэчываў хімічных элементаў мяняюцца ад неметалічных (у вугляроду і крэмнію) да металічных (у волава і свінцу).

У малых перыядах з ростам зарадаў ядзер атамаў павялічваецца і лік электронаў на знешнім слоі. Яны больш моцна прыцягваюцца да ядра, і таму атаму больш цяжка аддаваць электроны і лягчэй далучаць іх. Па гэтай прычыне **ў перыядзе ў атамаў хімічных элементаў аслабляюцца металічныя і ўзмацняюцца неметалічныя ўласцівасці**. Аналагічна ў перыядзе з павелічэннем зарадаў ядзер атамаў уласцівасці аксідаў і гідраксідаў змяняюцца ад асноўных да кіслотных.

Заканамернасці змянення розных характарыстык хімічных элементаў у малых перыядах і галоўных групах перыядычнай сістэмы на прыкладзе III перыяду і IVA-групы паказаны ў табліцах 7 і 8.

Табліца 7. **Змяненні розных характарыстык атамаў элементаў III перыяду**

Нумар групы	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
Сімвал элемента	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
Зарад ядра атама	11+	12+	13+	14+	15+	16+	17+	18+
Адносная атамная маса	23	24	27	28	31	32	35,5	40
Лік электронаў на знешнім слоі	1	2	3	4	5	6	7	8

Правообладатель Народная асвета

Працяг табліцы

Валентнасць у вышэйшых аксідах	I	II	III	IV	V	VI	VII	—
Валентнасць у лятучых вадародных злучэннях	—	—	—	IV	III	II	I	—
Адносныя памеры атама								
Металічныя ўласцівасці	Аслабляюцца							
Неметалічныя ўласцівасці	Узмацняюцца							

Табліца 8. **Змяненні розных характарыстык атамаў элементаў IVA-групы**

Нумар перыяду	**Сімвал элемента**	**Зарад ядра атама**	**Лік электронных слаёў**	**Лік электронаў на знешнім слоі**	**Валентнасць у вышэйшых аксідах**	**Валентнасць у вадародных злучэннях**	**Адносныя памеры атамаў**	**Металічныя ўласцівасці**	**Неметалічныя ўласцівасці**
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	C	6+	2	4	IV	IV		Узмацняюцца	Аслабляюцца
3	Si	14+	3	4	IV	IV			
4	Ge	32+	4	4	IV	IV			
5	Sn	50+	5	4	IV	IV			
6	Pb	82+	6	4	IV	IV			

Правообладатель Народная асвета

Памер атама вызначаецца зарадам яго ядра, колькасцю электронных слаёў і лікам электронаў на знешнім слоі.

З павелічэннем зарадаў ядзер атамаў элементаў іх радыусы памяншаюцца ў перыядах і павялічваюцца ў галоўных групах.

У групах А перыядычнай сістэмы з павелічэннем зарадаў ядзер атамаў хімічных элементаў металічныя ўласцівасці іх простых рэчываў узмацняюцца, а неметалічныя аслабляюцца.

У перыядах з павелічэннем зарадаў ядзер атамаў хімічных элементаў аслабляюцца металічныя ўласцівасці іх простых рэчываў і ўзмацняюцца неметалічныя.

? Пытанні і заданні

1. Складзіце пералік усіх элементаў неметалаў і металаў першых трох перыядаў. У атамаў якіх з гэтых элементаў найбольш выразна праяўляюцца металічныя, а ў якіх — неметалічныя ўласцівасці?

2. Назавіце прыметы, па якіх элементы аб'ядноўваюцца ў групы і перыяды.

3. Па становішчы элементаў у перыядычнай сістэме вызначце, які элемент мае большы радыус атама:

а) бор або кісларод;
б) берылій або кальцый;
в) фтор або бром.

Адказ абгрунтуйце.

4. На аснове тэорыі будовы атама растлумачце сутнасць з'явы перыядычнасці ў змяненні ўласцівасцей хімічных элементаў.

5. Як змяняюцца ўласцівасці вышэйшых аксідаў і адпаведных ім гідраксідаў у групах і перыядах?

6. У кожнай пары выберыце элемент, у атамаў якога неметалічныя ўласцівасці выражаны больш моцна:

а) крэмній або фосфар;
б) ёд або бром;
в) фосфар або азот.

7. Састаўце электронныя схемы атамаў алюмінію, серы і фосфару.

8. Вызначце хімічныя элементы па электронных схемах будовы іх атамаў: а) 2,8,7; б) 2,5; в) 2,8,8,1. Запішыце нумар перыяду і нумар групы, у якіх яны знаходзяцца.

9. Размясціце наступныя элементы ў парадку ўзмацнення металічных уласцівасцей іх простых рэчываў: а) Al, Na, Mg; б) Ba, Sr, Ca. Адказ абгрунтуйце.

Правообладатель Народная асвета

10. Размясціце наступныя элементы ў парадку ўзмацнення неметалічных уласцівасцей іх простых рэчываў: а) Te, S, Se; б) Cl, F, Br. Адказ абгрунтуйце.

11. Састаўце ўраўненні хімічных рэакцый, з дапамогай якіх можна выканаць наступныя ператварэнні:

$$HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow HCl \rightarrow AlCl_3.$$

§ 35. Характарыстыка хімічнага элемента па яго становішчы ў перыядычнай сістэме

Перыядычная сістэма хімічных элементаў дазваляе зразумець не толькі агульныя заканамернасці змянення ўласцівасцей простых і складаных рэчываў па групах і перыядах. Перш за ўсё, сістэма з'яўляецца асноўным дапаможнікам, у якім змяшчаюцца звесткі аб кожным хімічным элеменце, будове яго атамаў, фізічных і хімічных уласцівасцях простых і складаных рэчываў. Менавіта таму табліца перыядычнай сістэмы з'яўляецца асновай любога падручніка і даведачнага дапаможніка па хіміі.

Для таго каб атрымаць максімальную інфармацыю аб канкрэтным элеменце, яго апісанне неабходна праводзіць па пэўным плане.

Разгледзім гэты план у агульным выглядзе.

1. Агульныя звесткі аб элеменце:

а) назва;
б) хімічны знак;
в) адносная атамная маса.

2. Становішча хімічнага элемента ў перыядычнай сістэме:

а) атамны (парадкавы) нумар элемента;
б) нумар перыяду, вялікі або малы перыяд;
в) нумар групы, група А або В.

3. Будова атама элемента:

а) зарад ядра;
б) лік пратонаў, нейтронаў (для пэўнага нукліду);
в) агульны лік электронаў;
г) лік электронных слаёў і размеркаванне электронаў па слаях;
д) лік электронаў на знешнім слоі (завершаны або незавершаны).

Правообладатель Народная асвета

4. Састаў і ўласцівасці простага рэчыва гэтага элемента:

а) метал — неметал;

б) формула простага рэчыва;

в) агрэгатны стан пры звычайных умовах.

5. Валентнасць элемента ў вышэйшых аксідах і лятучых вадародных злучэннях.

6. Формулы вышэйшых аксідаў і адпаведных ім гідраксідаў (асноў або кіслот). Характарыстыка кіслотна-асноўных уласцівасцей гэтых злучэнняў.

7. Формула лятучага (газападобнага) вадароднага злучэння.

Згодна з прыведзеным планам ахарактарызуем два хімічныя элементы — *магній* і *серу* — на падставе іх становішча ў перыядычнай сістэме элементаў.

Магній

1. Назва хімічнага элемента — магній, хімічны знак — **Mg**, адносная атамная маса — 24,3.

2. Атамны (парадкавы) нумар у перыядычнай сістэме — 12, элемент 3-га, малога перыяду, IIA-групы.

3. Зарад ядра атама магнію 12+; ядро змяшчае 12 пратонаў; у ядры нукліду ^{24}**Mg** змяшчаецца 12 нейтронаў. Паколькі зарад ядра атама магнію роўны 12+, то ў яго 12 электронаў, якія размяшчаюцца на трох электронных слаях: $_{12}$**Mg** — 2, 8, 2.

На знешнім (незавершаным) слоі знаходзяцца 2 электроны.

4. Паколькі на знешнім электронным слоі ў магнію 2 электроны, то гэты элемент адносіцца да групы металаў. Яго простае рэчыва пры звычайных умовах знаходзіцца ў цвёрдым агрэгатным стане. Формула простага рэчыва — **Mg**.

5. Валентнасць магнію ў вышэйшым аксідзе роўна II.

6. Формула вышэйшага аксіду — **MgO**. Паколькі магній з'яўляецца тыповым металам, то гэты аксід належыць да асноўных аксідаў. Гідраксід, які яму адпавядае, уяўляе сабой аснову — $\mathbf{Mg(OH)_2}$.

7. Лятучага вадароднага злучэння не ўтварае.

Сера

1. Назва хімічнага элемента — сера, хімічны знак — **S**, адносная атамная маса — 32.

2. Атамны (парадкавы) нумар у перыядычнай сістэме — 16, элемент 3-га, малога перыяду, VIA-групы.

Правообладатель Народная асвета

3. Зарад ядра атама серы роўны 16+; ядро змяшчае 16 пратонаў; у ядры нукліду ^{32}S — 16 нейтронаў. Паколькі зарад ядра атама серы роўны 16+, то ў яго 16 электронаў, якія размяшчаюцца на трох электронных слаях: $_{16}S$ — 2, 8, 6.

На знешнім (незавершаным) слоі 6 электронаў.

4. Паколькі на знешнім электронным слоі ў атама серы 6 электронаў, то гэты элемент адносіцца да групы неметалаў. Яго простае рэчыва пры звычайных умовах знаходзіцца ў цвёрдым агрэгатным стане. Формула простага рэчыва — S_8.

5. Валентнасць серы ў вышэйшым аксідзе роўна VI, паколькі гэта элемент VIA-групы. Валентнасць у лятучым вадародным злучэнні роўна II.

6. Формула вышэйшага аксіду — SO_3. Ён належыць да кіслотных аксідаў. Гідраксід, які адпавядае гэтаму аксіду, уяўляе сабой кіслату — H_2SO_4.

7. Формула лятучага вадароднага злучэння — H_2S.

Перыядычны закон Д. І. Мендзялеева — адзін з найбольш агульных і важных законаў прыроды. Ён мае велізарнае значэнне як для хіміі, так і для іншых прыродазнаўчых навук.

Перыядычны закон адкрыў шлях да пазнання будовы атамаў, дазволіў стварыць новыя галіны прыродазнаўства, адкрыць і практычна выкарыстаць розныя віды энергіі.

Закон і пабудаваная на яго аснове перыядычная сістэма даюць магчымасць сістэматызаваць, апісваць хімічныя элементы, простыя і складаныя рэчывы на іх аснове, што аблягчае вывучэнне хіміі.

Перыядычная сістэма дазваляе прадказваць існаванне новых хімічных элементаў, прагназаваць іх уласцівасці, а таксама ўласцівасці самых разнастайных злучэнняў і матэрыялаў на іх аснове. Таму перыядычны закон і перыядычная сістэма хімічных элементаў і цяпер з'яўляюцца асновай для развіцця хіміі, ядзернай фізікі, матэрыялазнаўства і многіх іншых галін прыродазнаўства.

? Пытанні і заданні

1. Дайце сучасную фармулёўку перыядычнага закону. Які яго фізічны сэнс?
2. Ахарактарызуйце па прыведзеным у параграфе плане наступныя хімічныя элементы: а) літый; б) азот; в) алюміній; г) хлор.

Правообладатель Народная асвета

3. Што азначаюць паняцці «металічныя» і «неметалічныя» ўласцівасці элемента? Як змяняюцца гэтыя ўласцівасці ў атамаў розных элементаў па групах і перыядах перыядычнай сістэмы?

4. У кожнай пары назавіце аксід, які больш моцна праяўляе асноўныя ўласцівасці: а) BeO або MgO; б) CaO або BaO; в) Li_2O або Na_2O; г) K_2O або MgO. Растлумачце свой выбар.

5. У кожнай пары назавіце аксід, які больш моцна праяўляе кіслотныя ўласцівасці: а) CO_2 або SiO_2; б) Al_2O_3 або P_2O_5; в) P_2O_5 або SO_3; г) SO_3 або SeO_3. Растлумачце свой выбар.

6. Запоўніце ў сшытку табліцу:

Сімвал элемента	Назва элемента	Перыяд	Група	Атамны нумар	Лік валентных электронаў	Формула найвышэйшага аксіду
Ca						
	Ёд					
		3				$Э_2O_3$
		2	IVA			
				17		

7. Элемент трэцяга перыяду мае формулу вышэйшага аксіду $Э_2O_5$. Вызначце гэты элемент і запішыце формулу яго гідраксіду. Якія ўласцівасці (кіслотныя або асноўныя) праяўляе гэты гідраксід? Ці ёсць у гэтага элемента лятучае вадароднае злучэнне?

8. Формула лятучага вадароднага злучэння элемента трэцяга перыяду $ЭH_3$. Вызначце гэты элемент і запішыце формулы яго вышэйшага аксіду і гідраксіду. Якія яны праяўляюць уласцівасці: кіслотныя або асноўныя?

9. Масавая доля кісларoду ў вышэйшым аксідзе элемента VIA-групы роўна 60 %. Вызначце гэты элемент.

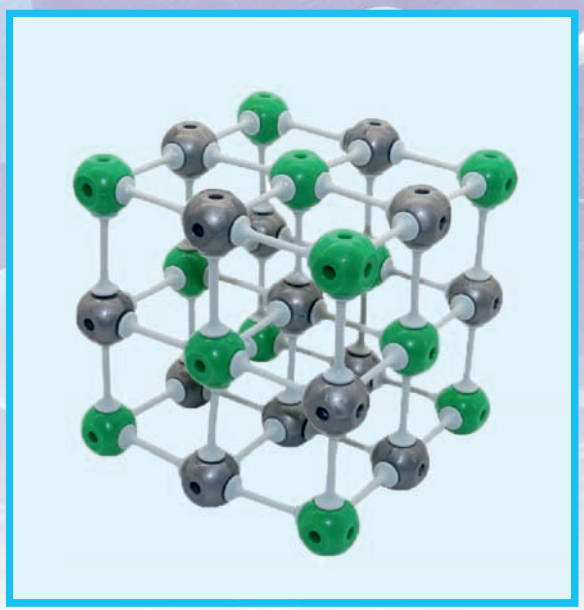
10. Назавіце хімічныя элементы, у атамах якіх лік электронаў складае: 10; 14; 19. Ахарактарызуйце іх становішча ў перыядычнай сістэме. Якія ўласцівасці характэрны для простых рэчываў гэтых элементаў?

Рыхтуемся да алімпіяд. Пры ўзаемадзеянні шчолачнага металу масай 5,55 г з вадой вылучыўся газ масай 0,800 г. Вызначце гэты метал.

Правообладатель Народная асвета

Глава 4

Хімічная сувязь



У чацвёртай главе вы даведаецеся, чаму атамы злучаюцца адзін з адным, якая прырода такога ўзаемадзеяння. Вы вывучыце розныя тыпы хімічнай сувязі, пазнаёміцеся з крышталічнай будовай рэчыва і фактарамі, якія ўплываюць на фізічныя ўласцівасці такіх рэчываў

Правообладатель Народная асвета

§ 36. Прырода хімічнай сувязі

Вельмі нямногія элементы ў прыродных умовах могуць існаваць у форме адзіночных атамаў. Гэта, як вы ўжо ведаеце, высакародныя газы — гелій **He**, неон **Ne**, аргон **Ar** і астатнія элементы VIIIA-групы, простыя рэчывы якіх — аднаатамныя малекулы.

Астатнія элементы пры звычайных умовах існуюць у выглядзе розных *простых* і *складаных* рэчываў. Лік атамаў, якія ўваходзяць у састаў малекул такіх рэчываў, вагаецца ад двух (H_2, O_2, Cl_2, **HCl** і г. д.) да некалькіх соцень і нават тысяч.

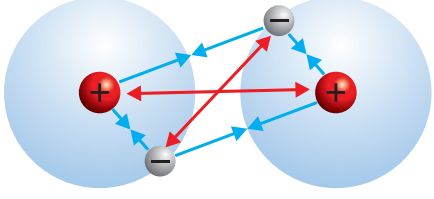
Чаму ж атамам выгадна злучацца (*звязвацца*) адзін з адным? Якія сілы ўтрымліваюць іх разам?

Атамы розных элементаў у саставе таго або іншага рэчыва ўтрымліваюцца разам дзякуючы наяўнасці паміж імі *хімічнай сувязі*.

! Хімічная сувязь — гэта ўзаемадзеянне, якое звязвае асобныя атамы ў больш складаныя сістэмы (малекулы, крышталі і інш.).

Паводле сучасных уяўленняў хімічная сувязь мае **электрастатычную** прыроду, г. зн. вызначаецца дзеяннем *кулонаўскіх сіл* (прыцяжэння часціц з рознаіменнымі зарадамі і адштурхвання часціц з аднайменнымі зарадамі).

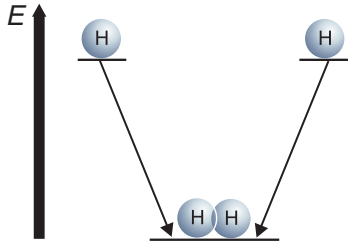
У ізаляваным атаме электроны прыцягваюцца толькі да ядра ўласнага атама. Пры збліжэнні двух атамаў пачынаюць дзейнічаць сілы адштурхвання паміж ядрамі атамаў і паміж электронамі абодвух атамаў. Але, акрамя сіл адштурхвання, узнікаюць і сілы прыцяжэння паміж электронамі аднаго атама і ядром другога (мал. 61). У малекулах або многаатамных крышталях электроны кожнага атама атрымліваюць магчымасць прыцягвацца да двух або некалькіх ядзер. Так узнікае ўзаемадзеянне паміж атамамі, якое і называюць *хімічнай сувяззю*. Пры гэтым устанаўліваецца раўнавага паміж сіламі адштурхвання і прыцяжэння.



Мал. 61. Схема дзеяння кулонаўскіх сіл у малекуле вадароду H_2

Энергія малекулы або крышталя, якія ўтварыліся, **паніжаецца** ў працэсе ўтварэння хімічных сувязей і аказваецца меншай, чым сума энергій ізаляваных атамаў (мал. 62). Значыць, пры ўтварэнні хімічнай сувязі заўсёды павінна **вылучацца** энергія. Гэта з'яўляецца неабходнай **умовай** утварэння любой хімічнай сувязі.

Правообладатель Народная асвета



Мал. 62. Змяненні энергіі ў сістэме двух атамаў пры ўтварэнні хімічнай сувязі паміж імі

Імкненне атамаў да паніжэння сваёй энергіі, г. зн. да дасягнення больш *устойлівага*, *стабільнага* стану, і з'яўляецца **асноўнай прычынай** утварэння хімічнай сувязі паміж двума або больш атамамі. Гэта яшчэ адна ілюстрацыя ўсеагульнага прынцыпу прыроды — **імкнення да максімальна ўстойлівага стану**, г. зн. да стану *з мінімальна магчымым значэннем энергіі*.

Сярод атамаў розных хімічных элементаў найбольш стабільную электронную будову маюць атамы *высакародных газаў*. У атамаў гелію на знешнім электронным слоі знаходзяцца 2 электроны. У атамаў астатніх элементаў VIIIA-групы — па 8 электронаў. Значыць, у гэтых атамаў знешні электронны слой *завершаны*. Гэта і з'яўляецца прычынай іх *інертнасці* (у перакладзе з лацінскай мовы — *бяздзейнасці*). Пры звычайных умовах яны практычна не ўзаемадзейнічаюць з іншымі атамамі і не ўтвараюць хімічных злучэнняў. Іх малекулы аднаатамныя.

Атамы іншых хімічных элементаў імкнуцца набыць электронную будову атамаў найбліжэйшага высакароднага газу, паколькі яна з'яўляецца найбольш стабільнай.

У залежнасці ад спосабу пераходу атамаў у больш устойлівы электронны стан адрозніваюць тры асноўныя тыпы хімічнай сувязі: **кавалентную, іонную** і **металічную.**

Хімічная сувязь — гэта ўзаемадзеянне, якое звязвае атамы ў малекулы і крышталі.

Гэта ўзаемадзеянне прыводзіць да памяншэння энергіі ўтворанай малекулы (крышталя) у параўнанні з сумай энергій адзіночных атамаў.

Прырода хімічнай сувязі — электрастатычная, г. зн. яна вызначаецца дзеяннем сіл прыцяжэння і адштурхвання электронаў і ядзер атамаў, якія ўзаемадзейнічаюць.

Атамы ў працэсе ўтварэння хімічнай сувязі імкнуцца набыць устойлівую электронную структуру найбліжэйшага высакароднага газу.

Адрозніваюць тры асноўныя тыпы хімічнай сувязі — кавалентную, іонную і металічную.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Што ўяўляе сабой хімічная сувязь? Якая яе прырода?
2. Якія ўмовы ўзнікнення хімічнай сувязі вам вядомы?
3. Растлумачце прычыны ўтварэння хімічнай сувязі паміж двума атамамі.
4. Чаму малекулы высакародных газаў аднаатамныя?
5. Пералічыце асноўныя тыпы хімічнай сувязі.
6. Састаўце электронныя схемы атамаў вадароду, берылію, фтору, крэмнію, аргону. Для кожнага атама назавіце лік электронаў на знешнім электронным слоі, і лік электронаў, якіх не хапае да яго завяршэння.
7. Састаўце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

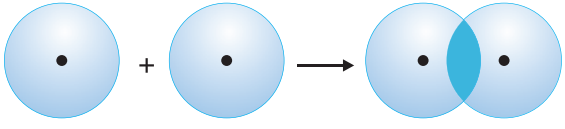
$$Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3.$$

§ 37. Кавалентная сувязь

Ва ўсіх малекулах атамы звязаны паміж сабой *кавалентнымі сувязямі*.

Утварэнне малекулы вадароду $\mathbf{H_2}$ з асобных атамаў — адзін з найбольш простых прыкладаў узнікнення кавалентнай сувязі. У кожнага атама вадароду на знешнім (першым) электронным слоі знаходзіцца па адным электроне. Значыць, да завяршэння гэтага слоя (г. зн. да пабудавання ўстойлівай электроннай структуры атама найбліжэйшага высакароднага газу — гелію **He**) не хапае аднаго электрона.

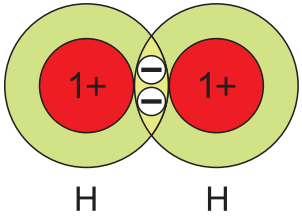
Пры збліжэнні атамаў ядро кожнага з іх прыцягвае да сябе электроннае воблака другога. У выніку воблакі абодвух атамаў пранікаюць адно ў другое або *перакрываюцца* так, што паміж ядрамі ўзнікае вобласць павышанага адмоўнага зараду, якую звычайна называюць вобласцю **павышанай электроннай шчыльнасці**. Ядры атамаў сцягваюцца да гэтай вобласці да таго часу, пакуль не ўсталюецца раўнавага паміж сіламі міжядзернага адштурхвання і сіламі прыцяжэння. Паміж атамамі ўзнікае трывалае ўзаемадзеянне, якое і называецца **хімічнай сувяззю** (мал. 63).



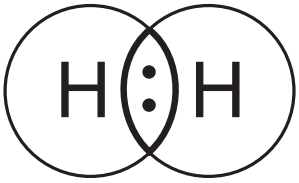
Мал. 63. Мадэль перакрывання электронных воблакаў двух атамаў вадароду

Кожны атам вадароду атрымаў па электрону, якога не хапала, на знешні электронны слой, тым самым *завяр-*

Правообладатель Народная асвета



Мал. 64. Схема ўтварэння агульнай электроннай пары ў малекуле вадароду



Мал. 65. Электронная формула малекулы вадароду

шыўшы яго. Пры гэтым утвараецца **агульная** электронная пара, якая належыць абодвум атамам адначасова (мал. 64).

Схематычна ўтварэнне малекулы вадароду можна паказаць так:

$$H\cdot + \cdot H \longrightarrow H:H$$

Кропкамі на схемах пры хімічным знаку элемента абазначаюцца электроны знешняга электроннага слоя, а дзвюма кропкамі ў формуле — пара электронаў. Такія формулы, у якіх паказваюцца ўсе электроны знешніх электронных слаёў атамаў, называюць **электроннымі формуламі** (мал. 65). Абагульненая пара электронаў (*спараныя электроны*) звычайна паказваецца ў выглядзе рыскі, напрыклад:

$$H—H$$

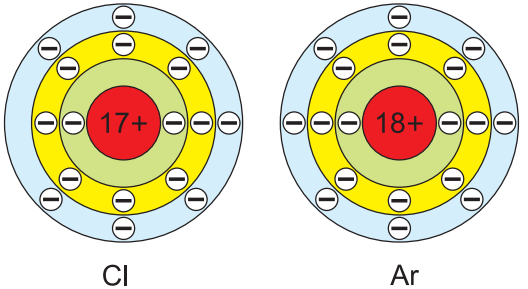
Гэта рыска абазначае *кавалентную сувязь*.

Кавалентная сувязь — гэта хімічная сувязь, якая ўзнікае ў выніку ўтварэння агульных электронных пар паміж двума атамамі.

Прыстаўка *ка-* надае слову сэнс абагульнення, сумеснага валодання. Кавалентны — які абагульніў валентныя электроны.

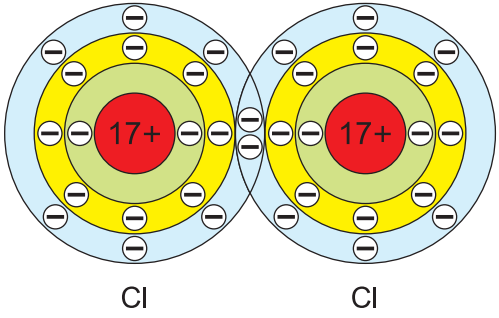
Як правіла, кавалентная сувязь узнікае паміж атамамі неметалаў. Разгледзім утварэнне больш складанай малекулы хлору Cl_2.

Атамы хлору, як і атамы астатніх элементаў VIIA-групы, маюць на знешнім электронным слоі 7 электронаў (мал. 66). Кожнаму атаму да завяршэння знешняга слоя (г. зн. да пабудовы



Мал. 66. Схема электроннай будовы атамаў хлору і аргону

Правообладатель Народная асвета



Мал. 67. Схема ўтварэння агульнай электроннай пары ў малекуле хлору

ўстойлівай электроннай структуры, як у атама аргону) не хапае ўсяго аднаго электрона.

Пры збліжэнні атамаў хлору адбываецца перакрыванне электронных воблакаў іх няспараных электронаў (мал. 67). Гэтыя электроны робяцца агульнымі для абодвух атамаў:

$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}: \longrightarrow :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}}:$$

Кожны з атамаў хлору пабудаваў для сябе завершаны знешні электронны слой з неабходнымі васьмю **(актэтам)** электронамі. Схематычна гэта паказана на малюнку 68, *1*.

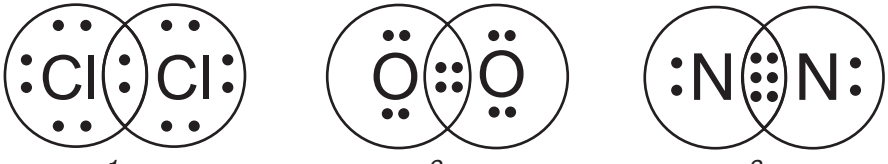
Пары электронаў знешняга электроннага слоя, якія не ўдзельнічаюць ва ўтварэнні сувязей, таксама часта паказваюцца на схемах з дапамогай рысак:

$$|\overline{\underline{\mathrm{Cl}}} - \overline{\underline{\mathrm{Cl}}}|$$

Такім чынам, **рысачка на схемах будовы малекул абазначае заўсёды пару электронаў.** Такія схемы часта называюць **графічнымі** або **структурнымі** формуламі. Графічная формула малекулы вадароду вам ужо вядома:

$$\mathbf{H-H}$$

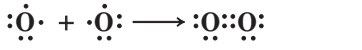
Калі атамы злучаны паміж сабой з дапамогай адной агульнай электроннай пары, то такая кавалентная сувязь называецца **адзінарнай.** Але паміж двума атамамі можа ўзнікаць і большы лік сувязей. У такіх выпадках гавораць аб **кратнасці** сувязі, разумеючы пад гэтым тэрмінам *лік электронных пар, якія ўдзельнічаюць ва ўтварэнні кавалентнай сувязі*.



Мал. 68. Электронныя формулы малекул: *1* — хлору, *2* — кісларoду, *3* — азоту

Правообладатель Народная асвета

Напрыклад, атамам кісларо́ду, элемента VIA-групы, да завяршэння знешняга электроннага слоя неабходны 2 электроны. Таму два атамы кісларо́ду пры ўтварэнні малекулы O_2 *абагульняюць* ужо не адну, а дзве пары электронаў:

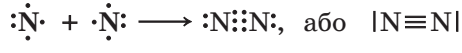


Яны звязваюцца паміж сабой **двайной** кавалентнай сувяззю, як паказана ў электроннай формуле малекулы кісларо́ду O_2 (мал. 68, *2*).

Пры гэтым у кожнага атама застаецца яшчэ па дзве пары электронаў на знешнім электронным слоі, а графічная формула малекулы кісларо́ду запісваецца так:

$$|\underline{O}=\underline{O}|$$

У малекуле азоту N_2 атамы звязаны паміж сабой **трайной** кавалентнай сувяззю (мал. 68, *3*):



У кожнага атама застаецца па адной пары электронаў на знешнім слоі.

Чым больш агульных электронных пар звязваюць два атамы паміж сабой, тым меншая адлегласць паміж іх ядрамі, тым больш трывалая хімічная сувязь у малекуле, якую яны ўтварылі.

Напрыклад, сувязь паміж атамамі кісларо́ду ў малекуле кісларо́ду **O=O** больш кароткая і больш трывалая, чым у малекуле пераксіду вадароду: $H-\underline{O}-\underline{O}-H$, паколькі яна ўтворана дзвюма агульнымі электроннымі парамі.

Кавалентная сувязь — гэта хімічная сувязь, якая ўзнікае за кошт утварэння агульных электронных пар паміж атамамі.

Агульная электронная пара, якая звязвае атамы, належыць ім адначасова.

Кавалентная сувязь, утвораная адной электроннай парай, называецца адзінарнай, дзвюма — двайной і трыма агульнымі электроннымі парамі — трайной сувяззю.

Пытанні і заданні

1. Дайце азначэнне кавалентнай сувязі. Што з'яўляецца яе характэрнай асаблівасцю?
2. Састаўце электронныя схемы ўтварэння кавалентнай сувязі ў малекулах F_2 і I_2.

Правообладатель Народная асвета

3. Чаму малекула брому двухатамная? Як у ёй здзяйсняецца сувязь паміж атамамі? Састаўце электронную схему яе ўтварэння.
4. На аснове звестак аб заканамернасцях змянення памераў атамаў (гл. § 33) вызначце, у якой з малекул — Cl_2, Br_2 або I_2 сувязь больш трывалая? Адказ абгрунтуйце.
5. Што такое вобласць павышанай электроннай шчыльнасці? Якая яе роля пры ўтварэнні кавалентнай сувязі?
6. У чым заключаецца адрозненне паміж адзінарнымі і кратнымі кавалентнымі сувязямі?
7. У якой з малекул — Cl_2, O_2 або N_2 сувязь больш трывалая? Адказ абгрунтуйце.
8. Пры высокіх тэмпературах існуюць малекулы S_2 і P_2. Састаўце электронныя схемы іх утварэння і намалюйце графічныя формулы.
9. У якой з малекул у кожнай пары хімічная сувязь больш трывалая: а) O_2 або S_2; б) N_2 або P_2? Адказ абгрунтуйце.
10. Састаўце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$Mg(OH)_2 \rightarrow MgO \rightarrow Mg(NO_3)_2 \rightarrow MgSO_4 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgCl_2.$$

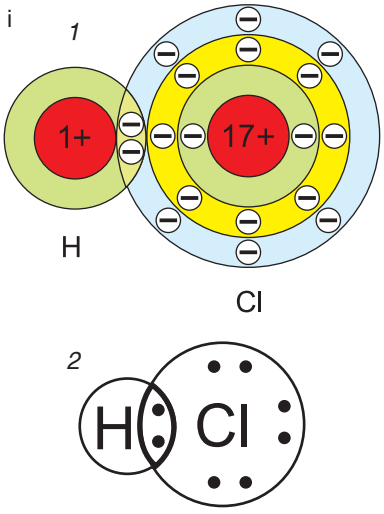
§ 38. Непалярная і палярная кавалентная сувязь. Электраадмоўнасць

У двухатамных малекулах, якія складаюцца з атамаў аднаго і таго ж элемента, агульная электронная пара размяшчаецца сіметрычна паміж ядрамі. Яна належыць абодвум атамам у аднолькавай ступені. Такая кавалентная сувязь называецца **непалярнай**. Яна ўзнікае пры ўзаемадзеянні атамаў неметалаў аднаго і таго ж хімічнага элемента. Непалярнымі, напрыклад, з'яўляюцца кавалентныя сувязі ў малекулах простых рэчываў: H_2, N_2, O_2, F_2, Cl_2, Br_2, I_2, P_4, O_3, S_8 і інш. Малекулы з непалярнымі сувязямі з'яўляюцца **непалярнымі малекуламі**.

Але кавалентная сувязь можа ўтварацца і паміж атамамі розных хімічных элементаў, напрыклад у малекуле хлоравадароду **HCl**. Тут таксама пры збліжэнні атамаў хлору і вадароду адбываецца перакрыванне воблакаў няспараных электронаў абодвух атамаў (мал. 69). Паміж ядрамі атамаў утвараецца вобласць павышанай электроннай шчыльнасці. Кожны атам у выніку абагульвання электроннай пары атрымлівае электрон, якога яму не хапае (хлор — да *васьмі*, а вадарод — да *двух*).

Вызначана, што ў гэтай малекуле агульная электронная пара размяшчаецца не сіметрычна паміж ядрамі, а зрушана ў бок атама хлору:

Правообладатель Народная асвета



Мал. 69. Схема ўтварэння агульнай электроннай пары (*1*) і электронная формула малекулы хлоравадароду (*2*)

Таму схематычна ўтварэнне малекулы хлоравадароду можна паказаць наступным чынам:

$$H\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \longrightarrow H:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:$$

Графічная формула гэтай малекулы:

$$H-\overline{\underline{Cl}}|$$

Значыць, атамы розных элементаў валодаюць рознай *здольнасцю прыцягваць да сябе агульныя электронныя пары.*

Электраадмоўнасць

Для якаснай характарыстыкі здольнасці атамаў прыцягваць агульныя электронныя пары выкарыстоўваецца паняцце *электраадмоўнасці.*

! Электраадмоўнасць (ЭА) — умоўная велічыня, якая характарызуе здольнасць атамаў хімічнага элемента прыцягваць да сябе агульныя электронныя пары.

Найбольшай здольнасцю прыцягваць да сябе электроны іншых атамаў валодаюць атамы самага актыўнага неметалу фтору **F**, а *найменшай* — самага актыўнага металу францыю **Fr.** Таму велічыня электраадмоўнасці можа служыць характарыстыкай *металічнасці* або *неметалічнасці* атамаў хімічных элементаў.

Чым большая велічыня ЭА, тым большая неметалічнасць атамаў дадзенага элемента. Чым меншая велічыня ЭА, тым большая металічнасць атамаў элемента.

Характар змянення велічыні ЭА практычна поўнасцю адлюстроўвае перыядычная сістэма. У **перыядах** з павелічэннем атамнага нумара **электраадмоўнасць павялічваецца злева направа, а ў галоўных групах — памяншаецца зверху ўніз.** Гэта звязана з павелічэннем або аслабленнем прыцяжэння электронаў знешняга слоя да ядра атама (гл. § 33).

Неметалы першых трох перыядаў у *парадку павелічэння* электраадмоўнасці размяшчаюцца ў наступны рад:

Si, B, H, P, C, S, Cl, N, O, F

Павелічэнне электраадмоўнасці

Правообладатель Народная асвета

Калі кавалентная сувязь утворана паміж атамамі з рознымі значэннямі ЭА, то агульная электронная пара зрушваецца ў бок больш электраадмоўнага атама. Напрыклад, у малекуле **HCl** агульная электронная пара зрушана да атама хлору, паколькі яго ЭА вышэйшая. У выніку такога зрушвання электронаў на адным атаме ўзнікае **частковы** (г. зн. меншы за 1) адносны адмоўны зарад δ–, а на другім — такі ж па велічыні, але дадатны зарад δ+:

$$\overset{\delta+}{H} \longrightarrow \overset{\delta-}{Cl}.$$

Стрэлкай паказваюць напрамак зрушвання агульнай электроннай пары, а частковы зарад абазначаюць літарай грэчаскага алфавіта «δ» (дэльта).

Кавалентная палярная сувязь

Утварэнне частковых зарадаў на атамах **H** і **Cl** прыводзіць да ўзнікнення двух полюсаў у малекуле **HCl** — дадатнага і адмоўнага. Таму такую малекулу называюць **палярнай** або *дыполем* («два полюсы»).

! Кавалентная сувязь паміж атамамі элементаў з рознай электраадмоўнасцю называецца палярнай.

Чым вышэйшая ЭА аднаго элемента і чым ніжэйшая другога, тым больш палярная хімічная сувязь паміж імі. Значэнні зарадаў δ+ і δ– можна разглядаць як *меру палярнасці сувязі*: чым большыя адносныя частковыя зарады на атамах, тым большая палярнасць. Напрыклад, частковыя зарады ў малекуле **HCl**:

$$\overset{0{,}18+}{H} \longrightarrow \overset{0{,}18-}{Cl},$$

а ў малекуле **HF**:

$$\overset{0{,}43+}{H} \longrightarrow \overset{0{,}43-}{F}$$

Значыць, кавалентная сувязь **H—F** больш палярная, чым сувязь **H—Cl**.

Калі малекула ўтворана толькі двума атамамі, то палярнасць кавалентнай сувязі адначасова паказвае і на палярнасць усёй малекулы. Але калі ў саставе малекулы тры, чатыры або большая колькасць атамаў розных элементаў, то тады яе агульная палярнасць вызначаецца ўзаемным размяшчэннем атамаў.

Правообладатель Народная асвета

Лабараторны дослед 4

Складанне мадэлей малекул

1. З атрыманых мадэлей атамаў выберыце шарыкі, якія маюць названыя колеры:

5 белых шарыкаў — гэта мадэлі атамаў вадароду;
3 чырвоныя шарыкі — мадэлі атамаў кісларoду;
1 зялёны шарык — мадэль атама хлору.

2. Складзіце з гэтых шарыкаў мадэлі малекул наступных рэчываў:

а) вадароду;
б) хлоравадароду;
в) вады;
г) кісларoду.

Калі ў школе няма гатовых мадэлей, зрабіце іх дома з пластыліну рознага колеру. Паспрабуйце зрабіць шарыкі рознымі не толькі па колеры, але і па велічыні, улічваючы, што атамы маюць розныя памеры (гл. табл. 8). Для злучэння атамаў у малекулы можна выкарыстаць запалкі або зубачысткі.

Кавалентная сувязь паміж атамамі аднаго і таго ж неметала называецца непалярнай.

Электраадмоўнасць элемента — умоўная велічыня, якая характарызуе здольнасць яго атамаў прыцягваць да сябе валентныя электроны.

З павелічэннем атамнага нумара элемента ЭА павялічваецца ў перыядах злева направа, а ў галоўных групах памяншаецца зверху ўніз.

Кавалентная сувязь паміж атамамі элементаў з рознай ЭА называецца палярнай.

? Пытанні і заданні

1. Назавіце дзве разнавіднасці кавалентнай сувязі. Што агульнае паміж імі і чым яны адрозніваюцца?
2. Як змяняецца велічыня электраадмоўнасці элементаў па перыядах і групах перыядычнай сістэмы? З чым гэта звязана?
3. Паміж атамамі якіх элементаў утвараецца кавалентная непалярная і кавалентная палярная сувязі? Прывядзіце прыклады.

Правообладатель Народная асвета

4. Назавіце, у якіх з прапанаваных злучэнняў кавалентныя сувязі палярныя, а ў якіх — непалярныя: F_2, CO, O_2, SO_2, N_2, HBr, P_4, H_2S. У формулах злучэнняў з палярнымі сувязямі абазначце знакі частковых зарадаў атамаў.
5. У якой з дзвюх малекул кавалентная сувязь больш палярная: а) HCl або HF; б) HBr або HI? Размясціце ўсе чатыры малекулы ў парадку нарастання ў іх палярнасці сувязей.
6. Як змяняецца палярнасць сувязей у радзе вадародных злучэнняў элементаў VIA-групы з павелічэннем іх атамнага нумара? Адказ абгрунтуйце.
7. Запішыце формулы рэчываў у парадку ўзрастання палярнасці сувязі: NH_3, SiH_4, H_2O, HF, CH_4, OF_2.
8. Графічная формула малекулы пераксіду вадароду $H-\overline{O}-\overline{O}-H$. Складзіце электронную формулу гэтага рэчыва. Пазначце над кожным сімвалам знак частковага зараду атама.
9. Напішыце электронныя формулы малекул H_2O, NH_3, CH_4, OF_2. Пакажыце палярныя сувязі ў малекулах і знакі частковых зарадаў атамаў.
10. Запішыце электронныя і графічныя формулы наступных малекул: H_2S, HF, Cl_2O.

§ 39. Іонная сувязь

Пры ўзаемадзеянні атамаў неметалаў з рознымі значэннямі электраадмоўнасці ўтвараецца кавалентная палярная сувязь. Калі ж адрозненне ЭА паміж атамамі вялікае, то агульная электронная пара *практычна поўнасцю* зрушваецца ў бок больш электраадмоўнага атама. **У гэтым выпадку можна гаварыць аб поўным *пераходзе* электрона ад аднаго атама да другога. Як правіла, такая сувязь утвараецца паміж атамамі тыповых металаў і тыповых неметалаў.**

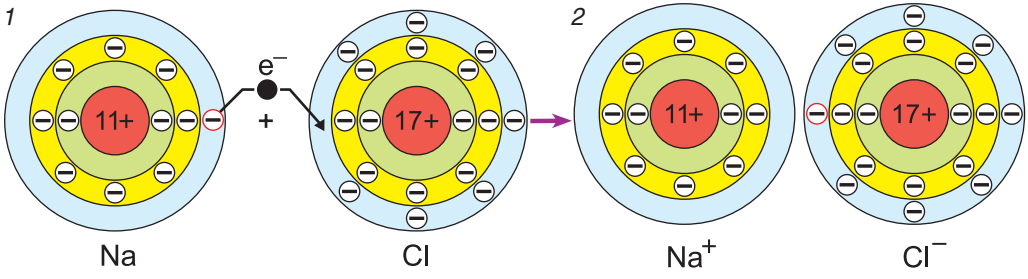
Іонная сувязь

Разгледзім у якасці прыкладу ўтварэнне хларыду натрыю **NaCl.** У атама шчолачнага металу натрыю **Na** на знешнім (трэцім) электронным слоі знаходзіцца ўсяго адзін электрон, а ў атама галагену хлору **Cl** — 7 электронаў (мал. 70, *1*).

Узаемадзеянне гэтых атамаў адбываецца за кошт пераходу адзінага электрона натрыю на знешні электронны слой хлору (мал. 70, *2*). Пры гэтым у атама натрыю знешнім робіцца другі электронны слой.

У выніку гэтага натрый і хлор маюць на знешнім электронным слоі па **8 электронаў. Электронная структура гэтых атамаў робіцца такой самa**, як у найбліжэйшых да іх атамаў высакародных газаў: у натрыю — як структура атама неону **Ne,** а ў хлору — як структура атама аргону **Ar.**

Правообладатель Народная асвета



Мал. 70. Схема ўзаемадзеяння атамаў натрыю і хлору: *1* — зыходны стан атамаў, *2* — электронная будова іонаў Na^+ і Cl^-

Атам натрыю, страціўшы **адзін электрон, ператвараецца ў часціцу з зарадам 1+**. І наадварот, атам хлору ператвараецца ў часціцу з зарадам 1–:

$$Na - 1e^- \longrightarrow Na^+;$$
$$Cl + 1e^- \longrightarrow Cl^-.$$

Зараджаныя часціцы, якія ўтвараюцца з атамаў у выніку аддачы або далучэння электронаў, называюцца ***іонамі.***

Процілегла зараджаныя іоны прыцягваюцца адзін да аднаго за кошт сіл электрастатычнага ўзаемадзеяння.

! Хімічная сувязь, якая ўтвараецца за кошт прыцяжэння процілегла зараджаных іонаў, называецца іоннай.

Схематычна такое ўзаемадзеянне можна запісаць так:

$$Na^{\cdot} + {:}\overset{\cdot\cdot}{Cl}{:} \longrightarrow Na^+ + [{:}\overset{\cdot\cdot}{Cl}{:}]^- \longrightarrow Na^+[Cl]^- \quad \text{або} \quad \overset{+}{Na}\overset{-}{Cl}.$$

Злучэнні з іоннай сувяззю называюцца **іоннымі**. Такія злучэнні ўтвараюцца звычайна пры ўзаемадзеянні **атамаў элементаў, якія моцна адрозніваюцца адзін ад аднаго па велічыні электраадмоўнасці**. Да іонных злучэнняў адносяць звычайна, з аднаго боку, злучэнні тыповых металаў IA- і IIA-груп, а з другога — тыповых неметалаў VIIA- і VIA-груп. Як правіла, гэта цвёрдыя крышталічныя рэчывы — солі, аксіды, асновы, напрыклад: **LiF, KCl, BaO, K_2O, Na_2S** і інш.

Схематычна ўтварэнне іонных злучэнняў такога тыпу можна паказаць наступным чынам:

$$\overset{2e^-}{\ulcorner Ca^{\cdot} \quad + \quad {\cdot}\overset{\cdot\cdot}{O}{\cdot}\urcorner} \longrightarrow Ca^{2+} + [{:}\overset{\cdot\cdot}{O}{:}]^{2-} \longrightarrow \overset{2+\ 2-}{CaO};$$

$$K^{\cdot} + \overset{1e^-}{\ulcorner {\cdot}\overset{\cdot\cdot}{S}{\cdot}\urcorner} + \overset{1e^-}{\ulcorner {\cdot}K\urcorner} \longrightarrow K^+ + [{:}\overset{\cdot\cdot}{S}{:}]^{2-} + K^+ \longrightarrow \overset{+\ \ 2-}{K_2S}.$$

Правообладатель Народная асвета

З дапамогай іоннай сувязі ўтвараюцца і такія злучэнні, у якіх ёсць складаныя іоны (**OH^-**, **NO_3^-**, **NH_4^+** і інш.), напрыклад **NaOH** або **KNO_3**.

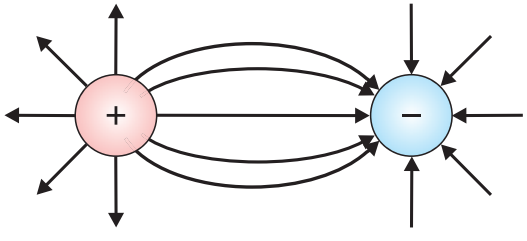
У іонных злучэннях іоны паказваюцца ў выглядзе электрычных зарадаў, сілавое поле якіх накіравана ва ўсе бакі (мал. 71).

Такія зарады могуць прыцягваць да сябе незалежна ад напрамку зарады **(іоны) процілеглага знака. Таму кожны іон аднаго знака акружаны** іонамі процілеглага знака. А цалкам іоннае злучэнне ўяўляе сабой гіганцкую групу (*асацыяцыю*) іонаў процілеглых знакаў, размешчаных у пэўным парадку ў выглядзе **іоннага крышталя** (мал. 72). *Хімічная формула іоннага злучэння адлюстроўвае найпрасцейшыя (найменшыя) суадносіны паміж лікамі іонаў ва ўсім крышталі і ў кожнай формульнай адзінцы гэтага рэчыва.*

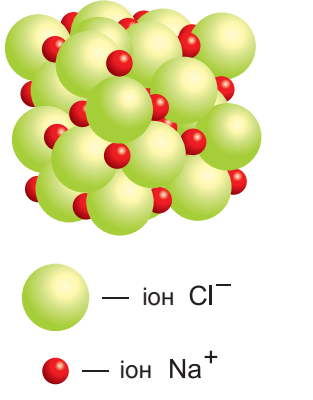
Рэзкага адрознення паміж кавалентнай і іоннай сувяззю няма. Схематычна можна паказаць зрушванне агульных электронных пар ад аднаго атама да другога пры ўтварэнні розных тыпаў хімічнай сувязі наступным чынам:

кавалентная непалярная сувязь	:Cl: ⋮ :Cl:
іонная сувязь	H ⋮ :Cl:
кавалентная палярная сувязь	Na^+ ⋮ $[:Cl:]^-$

Няцяжка заўважыць, што пры ўтварэнні *іоннай сувязі ўзаемадзейнічаюць атамы, якія моцна адрозніваюцца па велічыні электраадмоўнасці.* Таму *іонную сувязь можна разглядаць як гранічны выпадак кавалентнай палярнай сувязі.* Адзінае адрозненне заключаецца ў тым, **што агульная электронная пара** практычна поўнасцю зрушана да атама хлору. Але **ў абодвух выпадках адбыва-**



Мал. 71. Сілавыя лініі палёў іонаў у іонным крышталі



Мал. 72. Іонны крышталь хларыду натрыю

Правообладатель Народная асвета

ецца завяршэнне знешняга электроннага слоя ў атамаў аднаго элемента за кошт адцягвання электронаў ад атамаў другога элемента.

Іонная хімічная сувязь — гэта сувязь, якая ўтвараецца за кошт электрастатычнага ўзаемадзеяння процілегла зараджаных іонаў.

Іонная сувязь узнікае паміж атамамі элементаў, якія моцна адрозніваюцца па велічыні электраадмоўнасці.

Пытанні і заданні

1. Што агульнае і якія адрозненні ёсць паміж кавалентнай і іоннай сувязямі?

2. Састаўце схемы ўтварэння іонаў Mg^{2+}, Al^{3+}, S^{2-}, Ca^{2+}, I^- з адпаведных атамаў.

3. Які тып сувязі ў наступных злучэннях: KI, SO_2, BaF_2, CCl_4, NaBr?

4. Пакажыце схемы ўтварэння іоннай сувязі пры ўзаемадзеянні атамаў:

а) Mg і O; б) Li і S; в) K і F.

5. Завяршыце схемы ўтварэння іонаў:

а) $Al - 3e^- \rightarrow$; б) $F + 1e^- \rightarrow$;

в) $Ca - 2e^- \rightarrow$; г) $S + 2e^- \rightarrow$.

6. Чаму малекулы Cl_2 і I_2 непалярныя, а малекула ICl палярная?

7. Сярод прапанаваных формул рэчываў вызначце рэчывы з іоннымі, палярнымі і непалярнымі кавалентнымі сувязямі: HBr, PH_3, H_2S, $MgCl_2$, SiH_4, CO_2, O_2, NaI, $BaBr_2$, I_2.

8. Запішыце формулы вадародных злучэнняў элементаў VIA-групы. Як змяняецца даўжыня і палярнасць сувязі ў гэтых малекулах? Адказ абгрунтуйце.

9. Састаўце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна выканаць наступныя ператварэнні:

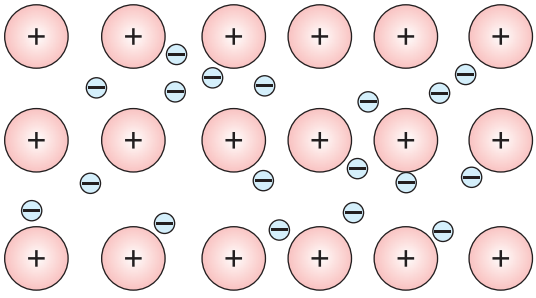
$$S \rightarrow SO_2 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow K_2SO_3 \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow BaSO_3.$$

§ 40. Металічная сувязь. Міжмалекулярнае ўзаемадзеянне

Металічная сувязь

Усе металы, акрамя ртуці **Hg**, пры звычайных умовах — цвёрдыя крышталічныя рэчывы. **Атамы большасці металаў на знешнім электронным слоі ўтрымліваюць невялікі лік электронаў.** Гэтыя электроны адносна слаба звязаны з ядрамі і таму лёгка могуць адрывацца. Пры

Правообладатель Народная асвета



Мал. 73. Схема будовы крышталя металу

гэтым утвараюцца дадатна зараджаныя **іоны металу і электроны**, якія адносна свабодна перамяшчаюцца па ўсім аб'ёме крышталя металу:

$$Na \rightarrow Na^+ + e^-.$$

Сукупнасць такіх «свабодных» **электронаў атрымала назву** *электроннага газу*. Менавіта **дзякуючы адносна свабоднаму** перамяшчэнню электронаў металы валодаюць *высокай электрычнай праводнасцю* і *цеплаправоднасцю*.

Крышталь металу можна паказаць як асацыяцыю дадатных іонаў, звязаных адзін з адным электронным газам (мал. 73).

Значыць, для металаў характэрна хімічная сувязь, якая таксама заснавана на *абагульванні валентных электронаў*. Толькі ў гэтым выпадку электроны належаць не двум, а *ўсім атамам* у крышталі металу.

! Металічная сувязь — гэта сувязь паміж дадатнымі іонамі металаў і агульнымі электронамі, якія свабодна перамяшчаюцца па ўсім аб'ёме крышталя металу.

Міжмалекулярнае ўзаемадзеянне

Нягледзячы на тое што малекулы цалкам электранейтральныя, яны здольны прыцягвацца адна да адной. Такое прыцяжэнне называецца **міжмалекулярным узаемадзеяннем.**

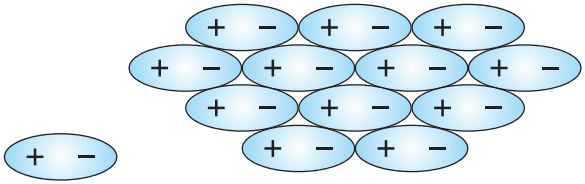
Міжмалекулярнае ўзаемадзеянне, як і хімічная сувязь паміж атамамі, мае *электрастатычную прыроду*. Аднак, у адрозненне ад хімічнай сувязі, міжмалекулярнае ўзаемадзеянне адносна слабае.

Узаемадзеянне паміж малекуламі магчыма таму, што большасць малекул з'яўляюцца палярнымі і ўяўляюць сабой *дыполі*.

Электранейтральная малекула, у якой ёсць цэнтры дадатнага і адмоўнага зарадаў, размешчаныя на пэўнай адлегласці адзін ад аднаго, з'яўляецца **дыполем.** Схематычна дыполі паказаны на малюнку 74.

Непалярнымі з'яўляюцца малекулы простых рэчываў (H_2, O_3, P_4 і да т. п.), а таксама шэраг бінарных малекул (CH_4, SiF_4, CO_2) з сіметрычным размяшчэннем атамаў.

Правообладатель Народная асвета



Мал. 74. Дыполь і ўзаемадзеянне дыполяў

Дыполі могуць быць *пастаяннымі* (напрыклад, палярныя малекулы **HCl**, $\mathbf{H_2O}$ і да т. п.) або існаваць на працягу вельмі кароткага прамежку часу (*часовыя*). Такія дыполі могуць утварацца нават у непалярных малекулах. Прычыны, якія прыводзяць да ўзнікнення часовых дыполяў, розныя: электрычныя і магнітныя палі, уплыў іншых малекул і г. д. Важна тое, што дыполі могуць узаемадзейнічаць паміж сабой. Такое ўзаемадзеянне заключаецца ў прыцяжэнні дыполяў адзін да аднаго сваімі процілегла зараджанымі полюсамі.

Наяўнасць міжмалекулярнага ўзаемадзеяння абумоўлівае пераход малекулярнага рэчыва з газападобнага ў вадкі, а затым і ў цвёрды стан. Таму яно вызначае многія фізічныя ўласцівасці такіх рэчываў: нізкія тэмпературы кіпення і плаўлення, невысокія электрычную праводнасць і цеплаправоднасць, цвёрдасць, шчыльнасць і інш. Энергія міжмалекулярнага ўзаемадзеяння залежыць перш за ўсё ад дзвюх асноўных характарыстык малекулы — яе палярнасці і памеру. Чым большая палярнасць і памер малекулы, тым больш моцна яны звязваюцца адна з адной. З двух рэчываў малекулярнай будовы больш высокая тэмпература плаўлення і кіпення будзе ў таго рэчыва, для якога міжмалекулярнае ўзаемадзеянне больш моцнае. Напрыклад, у простых рэчываў вадароду $\mathbf{H_2}$ і кіслароду $\mathbf{O_2}$ тэмпературы кіпення роўны адпаведна –253 °С і –183 °С, а ў больш складаных рэчываў — аміяку $\mathbf{NH_3}$ і сернай кіслаты $\mathbf{H_2SO_4}$ яны складаюць адпаведна –33 °С і +280 °С.

Металічная сувязь — гэта сувязь у металах паміж дадатна зараджанымі іонамі праз абагульненне электронаў.

Металічная сувязь характэрна для металаў і сплаваў металаў аднаго з адным.

Малекулы могуць прыцягвацца адна да адной за кошт электрастатычных сіл. Такое ўзаемадзеянне называецца міжмалекулярным.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Што агульнае і якія адрозненні паміж кавалентнай і металічнай сувязямі? Якія асаблівасці мае металічная сувязь?
2. Чаму ў металах магчыма ўтварэнне «электроннага газу», а ў неметалах — немагчыма?
3. Сярод дадзеных формул рэчываў вызначце рэчывы з іоннымі, палярнымі і непалярнымі кавалентнымі сувязямі: HBr, PH_3, H_2S, $MgCl_2$, SiH_4, CO_2, O_2, NaI, $BaBr_2$, I_2.
4. Дайце тлумачэнне сутнасці міжмалекулярнага ўзаемадзеяння.
5. Па якіх прыметах да рэчываў малекулярнай будовы можна аднесці: а) ванілін; б) лёд; в) ёд?
6. Састаўце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна выканаць наступныя ператварэнні:

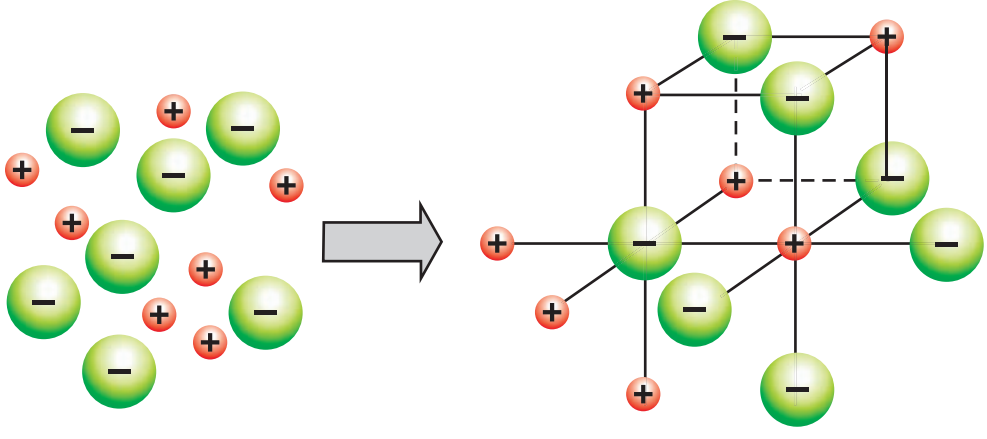
$$Mg \rightarrow MgSO_4 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgCl_2 \rightarrow MgCO_3.$$

§ 41. Крышталічны стан рэчыва

Крышталічны стан рэчыва

Большасць цвёрдых рэчываў мае крышталічную будову, г. зн. уяўляюць сабой крышталі. Крышталі характарызуюцца строга вызначаным размяшчэннем часціц (атамаў, іонаў, малекул) ва ўсім аб'ёме.

Размяшчаючыся ў крышталі пэўным чынам, часціцы ўтвараюць **крышталічную структуру** (мал. 75). Мадэль для апісання такой струк-

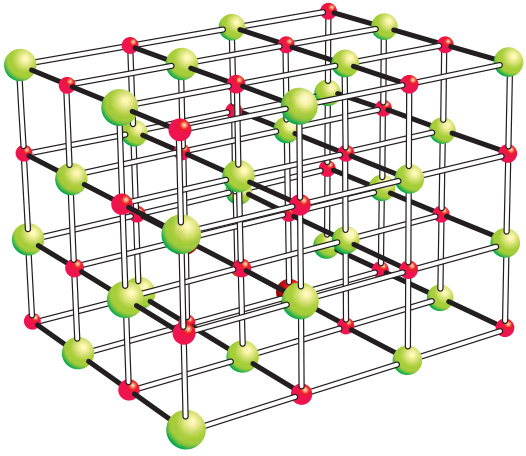


Мал. 75. Утварэнне іоннай крышталічнай структуры хларыду натрыю NaCl

Правообладатель Народная асвета

туры называецца **крышталічнай рашоткай** (мал. 76). Месцы, у якіх размяшчаюцца часціцы крышталёў, называюць **вузламі рашоткі**.

У залежнасці ад прыроды часціц, якія ўтвараюць крышталь, і характару сувязі паміж імі адрозніваюць чатыры асноўныя тыпы крышталічных рашотак — **атамную, іонную, металічную** і **малекулярную**.

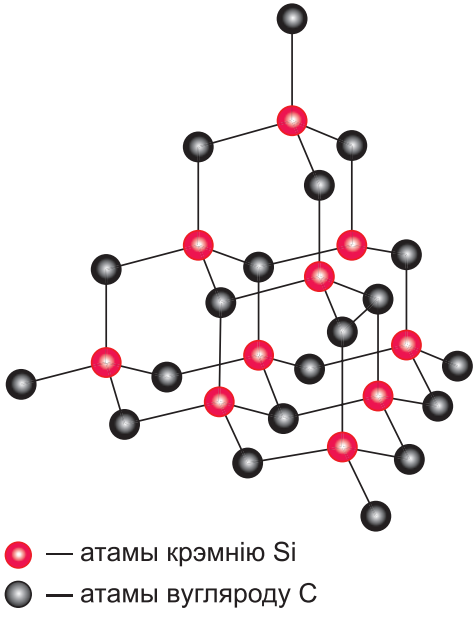


Мал. 76. Фрагмент крышталічнай рашоткі хларыду натрыю NaCl

Атамныя крышталі

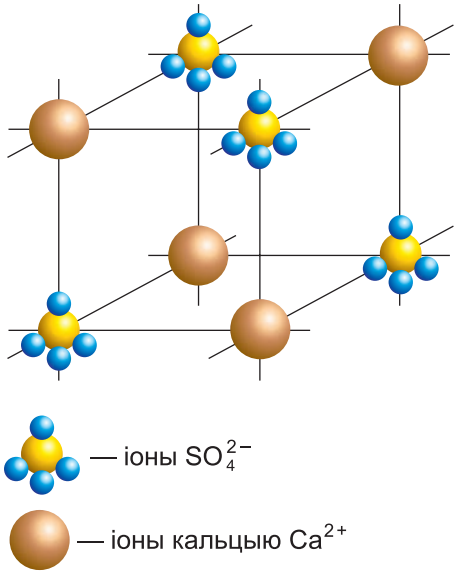
У вузлах атамнай крышталічнай рашоткі знаходзяцца атамы аднолькавых або розных элементаў, *злучаныя паміж сабой кавалентнымі сувязямі*. Як правіла, гэта атамы неметалаў. Напрыклад, у рэчыве карбарунд **SiC** (мал. 77) кожны з атамаў крэмнію і вугляроду займае строга вызначанае месца і звязаны чатырма кавалентнымі сувязямі з іншымі атамамі.

Прыкладамі рэчываў з такой будовай з'яўляюцца таксама алмаз, графіт, кварц SiO_2 і інш. Для рэчываў немалекулярнай будовы з атамнай крышталічнай рашоткай характэрны высокая трываласць і цвёрдасць, высокія тэмпературы плаўлення і кіпення. Так, напрыклад, алмаз з'яўляецца самым цвёрдым прыродным рэчывам. Тэмпература плаўлення графіту вышэйшая за 4000 °C.

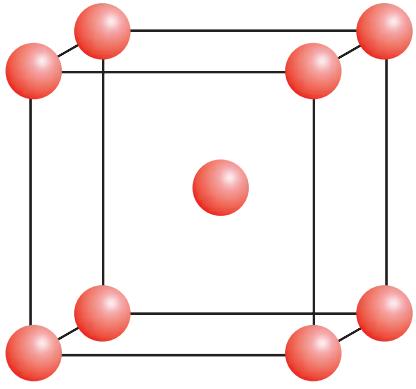


Мал. 77. Фрагмент крышталічнай рашоткі карбарунду SiC

Правообладатель Народная асвета



Мал. 78. Фрагмент крышталічнай рашоткі сульфату кальцыю $CaSO_4$



Мал. 79. Фрагмент крышталічнай рашоткі натрыю Na

Іонныя крышталі

З параграфа 39 вы даведаліся, што іонныя крышталі пабудаваны з дадатна і адмоўна зараджаных іонаў, звязаных паміж сабой электрастатычнымі сіламі прыцяжэння. Іоны могуць быць простымі, напрыклад у крышталі **NaCl**, і складанымі, напрыклад у крышталі сульфату кальцыю **$CaSO_4$**. Яго можна паказаць як звычайны іонны крышталь, у вузлах якога знаходзяцца іоны **Ca^{2+}** і складаныя іоны **SO_4^{2-}** (мал. 78).

Сувязі паміж іонамі ў крышталі трывалыя. Таму іонныя злучэнні валодаюць вялікай цвёрдасцю, для іх характэрны высокія тэмпературы плаўлення і кіпення.

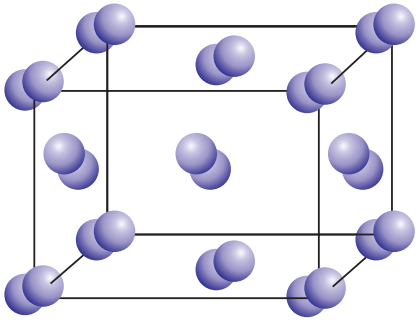
Металічныя крышталі

Металічныя крышталі складаюцца з дадатна зараджаных іонаў металу, паміж якімі адносна свабодна перамяшчаюцца валентныя электроны. **Такія крышталі** характэрны для простых рэчываў — металаў, а таксама для сплаваў. Напрыклад, на **малюнку 79 паказаны** фрагмент крышталічнай рашоткі натрыю.

Большасць металаў маюць адносна высокія тэмпературы плаўлення — ад некалькіх соцень да дзвюх-трох тысяч градусаў. Аднак **існуюць мета**лы (напрыклад, цэзій, галій), у якіх тэмпература плаўлення крыху вышэйшая за звычайную пакаёвую.

Правообладатель Народная асвета

Мал. 80. Фрагмент крышталічнай рашоткі ёду I_2

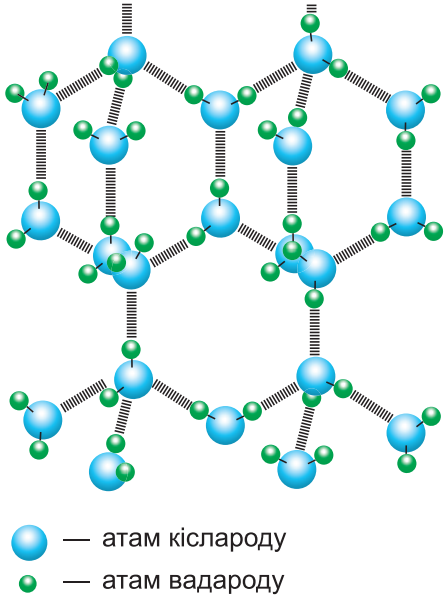


Малекулярныя крышталі

У вузлах малекулярнай крышталічнай рашоткі размешчаны малекулы, звязаныя паміж сабой слабымі міжмалекулярнымі сувязямі. Напрыклад, на малюнку 80 паказаны фрагмент крышталічнай рашоткі ёду I_2.

Малекулярныя крышталічныя рашоткі характэрны для цвёрдых азоту, кіслароду, вады (мал. 81) і многіх іншых рэчываў малекулярнай будовы ў цвёрдым агрэгатным стане.

У адрозненне ад іонных крышталёў малекулярныя крышталі звычайна маюць невялікую трываласць, малую цвёрдасць, невысокія тэмпературы плаўлення і кіпення. Міжмалекулярнае ўзаемадзеянне ў большасці такіх крышталёў слабае, і малекулы пры пакаёвай тэмпературы могуць адрывацца ад крышталя і пераходзіць у газападобны стан. Па гэтай прычыне многія рэчывы з малекулярнай будовай пры звычайных умовах маюць пах, напрыклад нафталін.



Мал. 81. Фрагмент крышталічнай рашоткі лёду H_2O

Малекулярныя рэчывы маюць пах толькі ў тым выпадку, калі яны здольны ўзбуджаць нюхальныя нервовыя канчаткі ў носе. Агідны пах тухлых яец звязаны з серавадародам H_2S. Чалавек даволі хутка страчвае здольнасць адчуваць пах серавадароду («прынюхваецца» да яго). Гэта вельмі небяспечна, паколькі серавадарод — ядавіты газ.

Правообладатель Народная асвета

Большасць цвёрдых рэчываў мае крышталічную будову.

Крышталі — цвёрдыя целы, пабудаваныя з малекул, атамаў або іонаў, заканамерна размешчаных у прасторы.

У залежнасці ад прыроды часціц, якія ўтвараюць крышталь, і характару сувязі паміж імі адрозніваюць чатыры асноўныя тыпы крышталічных рашотак — атамную, іонную, металічную і малекулярную.

? Пытанні і заданні

1. Што такое крышталічны стан рэчыва?
2. Што ўяўляюць сабой атамныя крышталі? Чаму рэчывы з атамнымі крышталічнымі рашоткамі маюць высокія тэмпературы плаўлення і кіпення?
3. Якія фізічныя ўласцівасці характэрны для рэчываў з: а) атамнай; б) іоннай; в) металічнай; г) малекулярнай крышталічнымі рашоткамі?
4. У чым заключаецца адрозненне іонных, атамных і металічных рашотак? Як гэта ўплывае на адрозненні ва ўласцівасцях рэчываў з адпаведным тыпам рашоткі?
5. Што выражае хімічная формула рэчыва: а) малекулярнай будовы; б) атамнай крышталічнай будовы; в) іоннай крышталічнай будовы?
6. «Сухі лёд» (CO_2) знікае без астатку пры звычайнай тэмпературы. Растлумачце, што адбываецца пры гэтым. Які тып крышталічнай рашоткі ў гэтага рэчыва?
7. Састаўце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна выканаць наступныя ператварэнні:

$$Na \rightarrow Na_2O \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaOH.$$

Правообладатель Народная асвета

Глава 5

Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі

У пятай главе вы пазнаёміцеся з акісляльна-аднаўленчымі працэсамі, якія адбываюцца ў прыродзе, у жывых арганізмах, у лабараторыях і прамысловасці

Правообладатель Народная асвета

§ 42. Ступень акіслення

Пры ўтварэнні хімічнай сувязі валентныя электроны ў большасці выпадкаў зрушваюцца ад аднаго атама да другога. Пры гэтым атамы набываюць частковы дадатны зарад δ+ і частковы адмоўны δ–. Для характарыстыкі такога стану атамаў у хімічных злучэннях дамовіліся гэтыя зарады лічыць не частковымі, а цэлымі. Каб не блытаць такі ўмоўны зарад з зарадам іона, яго назвалі *ступенню акіслення*.

Пры вызначэнні ступені акіслення атамаў у рэчыве дапускаюць, што ўсе электроны, якія ўдзельнічаюць ва ўтварэнні хімічных сувязей, *поўнасцю зрушваюцца да атамаў больш электраадмоўнага элемента* і, гэта значыць, што рэчыва складаецца з дадатна і адмоўна зараджаных іонаў.

! Ступень акіслення — гэта ўмоўны зарад атама ў хімічным злучэнні, калі дапускаць, што яно складаецца з іонаў.

Гэта характарыстыка можа мець дадатнае, адмоўнае і нулявое значэнне. Яго са знакам плюс або мінус запісваюць *перад арабскай лічбай* над сімвалам элемента. Напрыклад, запіс

$$\overset{+2\ -1}{\mathbf{Cu\,Cl_2}}$$

азначае, што ступень акіслення медзі ў дадзеным злучэнні роўна +2, а хлору — –1.

Ступень акіслення з'яўляецца дадатнай у атамаў, якія аддаюць свае электроны іншым атамам. Напрыклад, *толькі дадатныя ступені акіслення* характэрныя для атамаў металаў ва ўсіх складаных рэчывах. Шчолачныя металы **(Li, Na, K, Rb, Cs)** заўсёды маюць *пастаянную* ступень акіслення +1. Элементы IIA-групы ва ўсіх сваіх злучэннях праяўляюць *пастаянную* ступень акіслення +2, а алюміній — +3.

Ступень акіслення вадароду ў злучэннях з неметаламі роўна +1.

Адмоўныя ступені акіслення маюць атамы, якія прымаюць электроны ад іншых атамаў. Напрыклад, *фтор* у злучэннях заўсёды праяўляе ступень акіслення –1, а ступень акіслення *кіслароду* ў большасці злучэнняў роўна –2.

У *бінарных іонных злучэннях* ступені акіслення іонаў роўны велічыням іх зарадаў. Напрыклад, у хларыдзе натрыю зарад іона натрыю роўны 1+ і ступень акіслення +1. Зарад іона хлору 1– і ступень акіслення хлору –1:

$$\overset{+1\ -1}{\mathbf{Na\,Cl}}.$$

Правообладатель Народная асвета

Для вызначэння ступені акіслення атамаў у *злучэннях з кавалентнай палярнай сувяззю* дапускаюць, што агульныя электронныя пары цалкам зрушваюцца да атамаў элементаў з большай электраадмоўнасцю. Напрыклад, у малекуле хлоравадароду **HCl** хлор з'яўляецца больш электраадмоўным элементам, і таму ступень акіслення яго атамаў роўна –1, а ступень акіслення атамаў вадароду — +1:

$$\overset{+1\,-1}{\mathbf{H\,Cl}}.$$

У простых рэчывах ступені акіслення атамаў роўны нулю, паколькі агульныя электронныя пары не зрушаны і размяшчаюцца сіметрычна паміж атамамі, напрыклад $\overset{0}{\mathbf{O_2}}$, $\overset{0}{\mathbf{H_2}}$, $\overset{0}{\mathbf{N_2}}$, $\overset{0}{\mathbf{P_4}}$ і г. д.

Пры вылічэнні ступеней акіслення трэба памятаць, што любое рэчыва з'яўляецца электранейтральным, таму **алгебраічная сума ступеней акіслення ўсіх атамаў у рэчыве роўна нулю.**

Для вызначэння ступені акіслення атамаў у складаным рэчыве неабходна зрабіць наступнае.

1. Запісаць формулу злучэння, напрыклад:

$$\mathbf{Al_2S_3}.$$

2. Над сімвалам элемента з пастаяннай ступенню акіслення запісаць яе значэнне:

$$\overset{+3\;\;x}{\mathbf{Al_2\,S_3}}.$$

3. Вылічыць невядомую ступень акіслення атамаў другога элемента ў адпаведнасці з тым, што алгебраічная сума ступеней акіслення ўсіх атамаў роўна нулю:

$$2 \cdot (+3) + 3 \cdot x = 0, \quad \text{адкуль } x = -2.$$

Прыклад 1. *Вызначыць ступень акіслення атамаў жалеза (x) у яго аксідзе* $\overset{x\;\;-2}{\mathrm{Fe_2O_3}}$:

$$2 \cdot x + 3 \cdot (-2) = 0, \text{ адкуль } x = +3.$$

Прыклад 2. *Вызначыць ступень акіслення атамаў серы (x) у сернай кіслаце* $\overset{+1\;\;x\;\;-2}{\mathrm{H_2SO_4}}$:

$$2 \cdot (+1) + x + 4 \cdot (-2) = 0, \text{ адкуль } x = +6.$$

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 3. *Вызначыць ступень акіслення атамаў фосфару (x) у фасфаце кальцыю* $\overset{+2}{Ca}_3(\overset{x}{P}\overset{-2}{O}_4)_2$:

$$3 \cdot (+2) + 2 \cdot x + 8 \cdot (-2) = 0, \text{ адкуль } x = +5.$$

Атамы многіх элементаў могуць мець некалькі значэнняў ступеней акіслення. Напрыклад, сера ў злучэннях H_2S, SO_2, SO_3 праяўляе ступені акіслення, роўныя адпаведна –2, +4, +6. Ступені акіслення атамаў азоту ў злучэннях HNO_3, NO_2, HNO_2, NO, N_2O, NH_3 роўны адпаведна +5, +4, +3, +2, +1, –3.

Як правіла, *вышэйшая дадатная ступень акіслення атамаў металу або неметалу лікава роўна нумару групы, у якой ён размяшчаецца ў перыядычнай сістэме.*

Ніжэйшая адмоўная ступень акіслення атамаў неметалаў (элементаў IVA — VIIA-*груп) лікава роўна рознасці:*

№ групы — 8.

Так, напрыклад, у атамаў серы (элемент VIA-групы) вышэйшая дадатная ступень акіслення роўна +6, а ніжэйшая — –2. У атамаў азоту (элемент VA-групы) вышэйшая дадатная ступень акіслення роўна +5, а ніжэйшая — –3.

У металаў ніжэйшая ступень акіслення *роўна* 0, паколькі атамы гэтых элементаў не могуць праяўляць адмоўныя ступені акіслення.

Калі атамы якога-небудзь элемента могуць праяўляць некалькі дадатных ступеней акіслення, то яны звычайна паказваюцца ў канцы назвы злучэнняў рымскай лічбай у дужках: $Fe(OH)_3$ — гідраксід жалеза(III) і $Fe(OH)_2$ — гідраксід жалеза(II).

Ступень акіслення — гэта ўмоўны зарад атама ў хімічным злучэнні, калі дапусціць, што яно складаецца толькі з іонаў.

Ступень акіслення элемента характарызуе стан яго атамаў у рэчыве.

Алгебраічная сума ступеней акіслення ўсіх атамаў у складаным рэчыве роўна нулю.

? Пытанні і заданні

1. Сфармулюйце азначэнне ступені акіслення.
2. Як вы думаеце, чаму ступені акіслення атамаў элементаў у простых рэчывах прымаюць роўнымі нулю?

Правообладатель Народная асвета

3. Вызначце ступені акіслення атамаў элементаў у хімічных злучэннях: $CaCl_2$, MnO_2, $MgBr_2$, H_2S, Na_3PO_4, $KMnO_4$, $CaSiO_3$.
4. Назавіце значэнні вышэйшай і ніжэйшай ступені акіслення атамаў наступных элементаў: Mg, P, Br, Al, Si, Na, C, Se. Запішыце формулы вышэйшых аксідаў гэтых элементаў.
5. Размясціце злучэнні хлору ў парадку павелічэння ступені акіслення яго атамаў: а) Cl_2; б) Cl_2O; в) HCl; г) ClO_2; д) Cl_2O_7.
6. Складзіце формулу злучэння барыю з азотам, калі ступень акіслення атамаў азоту роўна –3.
7. Складзіце формулы наступных злучэнняў: сульфіду магнію, фтарыду серы(VI), аксіду серы(IV), аксіду серы(VI). Якія ступені акіслення праяўляюць атамы серы ў гэтых злучэннях?
8. Складзіце формулы шасці солей, утвораных іонамі металаў Ba^{2+}; Fe^{3+} і іонамі кіслотных астаткаў NO_3^-; SO_4^{2-}; PO_4^{3-}. Назавіце гэтыя злучэнні і запішыце ступені акіслення ўсіх атамаў усіх элементаў, якія ўваходзяць у іх састаў.
9. Складзіце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$Cl_2 \rightarrow HCl \rightarrow AlCl_3 \rightarrow KCl \rightarrow HCl \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3.$$

§ 43. Працэсы акіслення і аднаўлення

Нагрэем невялікую медную пласцінку ў полымі спіртоўкі. **Праз** некаторы час на яе паверхні ўтворыцца чорны налёт аксіду медзі(II) **CuO** (мал. 82):

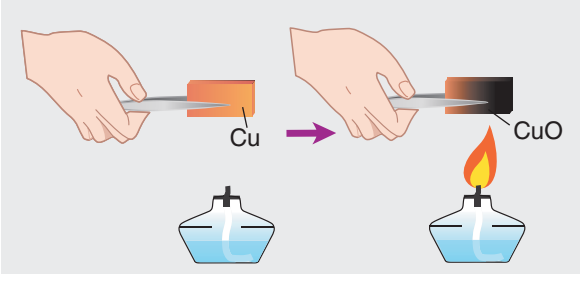
$$2Cu + O_2 \overset{t}{=} 2CuO.$$

Аксіды ўтвараюцца пры ўзаемадзеянні з кіслародам з іншых металаў, некаторых неметалаў і складаных рэчываў, напрыклад:

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4;$$
$$S + O_2 = SO_2;$$
$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O.$$

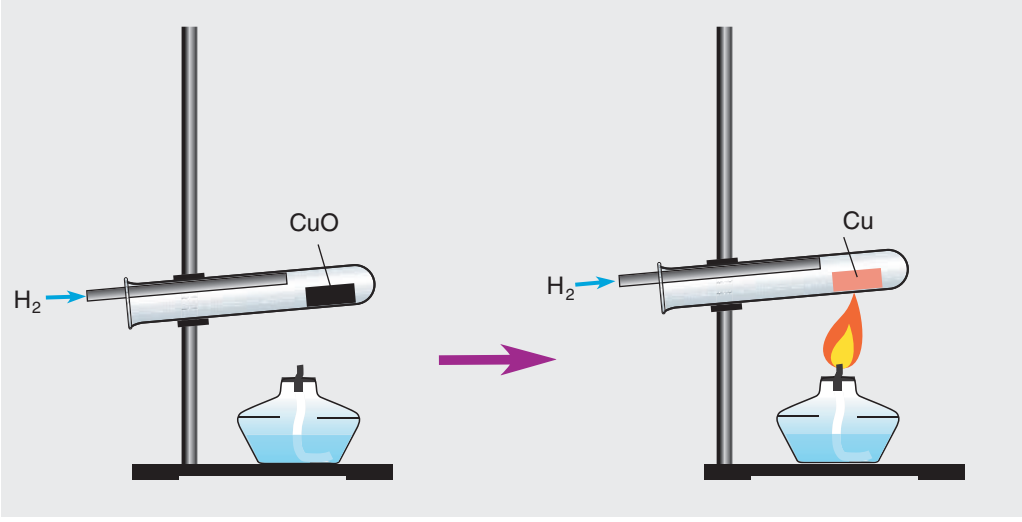
Паколькі падчас такіх рэакцый утвараюцца аксіды (ранейшая назва — ***вокіслы***), гэтыя **рэакцыі атрымалі назву** *рэакцый **акіслення***.

Калі пры награванні прапусціць вадарод над пачарне-



Мал. 82. Утварэнне аксіду медзі на меднай пласцінцы

Правообладатель Народная асвета



Мал. 83. Утварэнне медзі з аксіду медзі(II)

лай меднай пласцінкай, то яе колер зменіцца на карычнева-ружовы — колер простага рэчыва медзі (мал. 83):

$$CuO + H_2 \overset{t}{=} Cu + H_2O.$$

У ходзе гэтай рэакцыі вадарод адымае ад аксіду медзі кісларод, як бы «адраджаючы», аднаўляючы медзь. Такія працэсы атрымання металаў з іх аксідаў назвалі *рэакцыямі аднаўлення*:

$$Fe_2O_3 + 3H_2 \overset{t}{=} 2Fe + 3H_2O;$$

$$CuO + C \overset{t}{=} Cu + CO.$$

У пачатку XX ст. былі распрацаваны асновы *электроннай тэорыі* працэсаў акіслення і аднаўлення. У яе аснове ляжыць уяўленне аб тым, што гэтыя працэсы ажыццяўляюцца за кошт пераходу электронаў ад адных атамаў да другіх, у выніку чаго змяняюцца іх ступені акіслення. Галоўнымі палажэннямі гэтай тэорыі з'яўляюцца наступныя:

1. Акісленне — працэс аддачы электронаў ($-e^-$), які прыводзіць да павелічэння ступеняў акіслення атамаў, напрыклад:

$$\overset{0}{Al} - 3e^- = \overset{+3}{Al}; \quad \overset{-2}{S} - 6e^- = \overset{+4}{S}; \quad \overset{+2}{N} - 2e^- = \overset{+4}{N}; \quad \overset{+3}{Cr} - 3e^- = \overset{+6}{Cr}.$$

Правообладатель Народная асвета

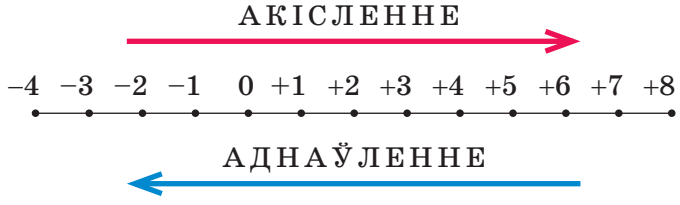
Атам, які аддае электроны, называецца адноўнікам. Рэчыва, у састаў якога ўваходзяць такія атамы або іоны, таксама называецца адноўнікам. Тыповымі адноўнікамі з'яўляюцца простыя рэчывы металы, атамы якіх заўсёды аддаюць электроны. Да адноўнікаў адносяцца таксама вадарод H_2, вуглярод C, крэмній Si і іншыя рэчывы.

2. Аднаўленне — працэс прыёму электронаў ($+e^-$), які прыводзіць да паніжэння ступеняў акіслення атамаў, напрыклад:

$$\overset{+3}{Al} + 3e^- = \overset{0}{Al}; \qquad \overset{+4}{S} + 6e^- = \overset{-2}{S}; \qquad \overset{+4}{N} + 2e^- = \overset{+2}{N}; \qquad \overset{+6}{Cr} + 3e^- = \overset{+3}{Cr}.$$

Атам, які прымае электроны, называецца акісляльнікам. Рэчыва, у састаў якога ўваходзяць такія атамы або іоны, таксама называецца *акісляльнікам*. Да акісляльнікаў адносяцца многія простыя рэчывы неметалы (напрыклад, F_2, Cl_2, Br_2, I_2, O_2, O_3, S), некаторыя складаныя рэчывы, атамы якіх далучаюць электроны.

У ходзе працэсаў акіслення і аднаўлення ступені акіслення атамаў змяняюцца ў адпаведнасці са схемай:



3. Працэсы акіслення і аднаўлення заўсёды ажыццяўляюцца адначасова. Калі ў ходзе хімічнай рэакцыі, атамы аднаго з элементаў аддаюць электроны, атамы другога элемента іх прымаюць. Гэта значыць, што адно з зыходных рэчываў з'яўляецца адноўнікам, а другое — акісляльнікам.

Запомніце! ***Адноўнік,*** *аддаючы электроны,* ***аднаўляе*** *іншыя атамы, але сам пры гэтым* ***акісляецца.***

Акісляльнік, *прымаючы электроны,* ***акісляе*** *іншыя атамы, але сам пры гэтым* ***аднаўляецца.***

Прааналізуем канкрэтныя ператварэнні.

1. $\overset{0}{Cu} \rightarrow \overset{+2\,-2}{Cu\,O}$. Са схемы бачна, што ступень акіслення змянілася ў атамаў медзі. Паколькі яна павялічылася (ад 0 да +2), адбылося *акісленне*: $\overset{0}{Cu} - 2e^- = \overset{+2}{Cu}$. Атам $\overset{0}{Cu}$ з'яўляецца адноўнікам.

Правообладатель Народная асвета

2. $\overset{+3}{Fe}_2\overset{-2}{O}_3 \rightarrow \overset{0}{Fe}$. Са схемы бачна, што ступень акіслення змянілася ў атамаў жалеза. Паколькі яна паменшылася (ад +3 да 0), адбылося *аднаўленне*: $\overset{+3}{Fe} + 3e^- = \overset{0}{Fe}$. Атам $\overset{+3}{Fe}$ з'яўляецца акісляльнікам.

Акісленне — працэс аддачы, а аднаўленне — працэс прыёму электронаў.

Працэсы акіслення і аднаўлення заўсёды ажыццяўляюцца адначасова.

Адноўнік, аддаючы электроны, аднаўляе іншыя атамы, але сам пры гэтым акісляецца.

Акісляльнік, прымаючы электроны, акісляе іншыя атамы, але сам пры гэтым аднаўляецца.

? Пытанні і заданні

1. Якія працэсы называюцца акісленнем, а якія — аднаўленнем? Прывядзіце адпаведныя прыклады.
2. Запішыце электронныя ўраўненні наступных ператварэнняў: $\overset{+4}{S} \rightarrow \overset{0}{S}$; $\overset{+2}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{Fe}$; $\overset{-3}{P} \rightarrow \overset{+3}{P}$; $\overset{+2}{Mn} \rightarrow \overset{+7}{Mn}$; $\overset{0}{N} \rightarrow \overset{-3}{N}$; $\overset{+4}{C} \rightarrow \overset{+2}{C}$; $\overset{+1}{H} \rightarrow \overset{-1}{H}$. Якія з іх адносяцца да працэсаў акіслення, а якія — да працэсаў аднаўлення?
3. Якія рэчывы называюцца адноўнікамі? Прывядзіце прыклады некалькіх адноўнікаў.
4. Якія рэчывы называюцца акісляльнікамі? Прывядзіце прыклады вядомых вам акісляльнікаў.
5. Па ўзорах, прыведзеных у тэксце параграфа, прааналізуйце наступныя ператварэнні:

   а) $P \rightarrow H_3PO_4$; б) $CO_2 \rightarrow CO$; в) $FeCl_2 \rightarrow FeCl_3$.

6. Складзіце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$K_2O \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow KOH \rightarrow KCl \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow KNO_3.$$

Правообладатель Народная асвета

§ 44. Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі

Сярод велізарнай разнастайнасці хімічных ператварэнняў у асобную групу можна вылучыць рэакцыі, якія працякаюць *са змяненнем ступеней акіслення* атамаў. У ходзе такіх рэакцый адны атамы аддаюць электроны, а другія — іх прымаюць, г. зн. адначасова адбываюцца працэсы акіслення і аднаўлення.

Апусцім жалезную пласцінку ў раствор хларыду медзі(II). Праз некаторы час пласцінка пакрыецца рыхлым слоем дробнадысперснай медзі (мал. 84):

$$Fe + CuCl_2 = FeCl_2 + Cu\downarrow.$$

Вызначым ступені акіслення атамаў хімічных элементаў у рэчывах, якія рэагуюць, і прадуктах рэакцыі:

$$\overset{0}{Fe} + \overset{+2\,-1}{CuCl_2} = \overset{+2\,-1}{FeCl_2} + \overset{0}{Cu}.$$

У выніку гэтага працэсу змяняюцца ступені акіслення атамаў жалеза і медзі, а ступень акіслення атамаў хлору застаецца пастаяннай.

Атамы жалеза аддаюць электроны, і ступень іх акіслення ўзрастае ад 0 да +2:

$$\overset{0}{Fe} - 2e^- = \overset{+2}{Fe}.$$

Як вы ўжо ведаеце, працэс аддачы электронаў называецца акісленнем. Значыць, у працэсе, які разглядаецца, адбываецца *акісленне* атамаў жалеза, якія выступаюць у ролі *адноўнікаў*. Адноўнікам у дадзенай рэакцыі з'яўляецца рэчыва, якое змяшчае атамы жалеза — металічнае жалеза.

Мал. 84. Рэакцыя жалеза з хларыдам медзі(II) у растворы

Правообладатель Народная асвета

У той жа час атамы медзі са ступенню акіслення +2 прымаюць электроны ад атамаў жалеза, ператвараючыся ў атамы медзі са ступенню акіслення, роўнай 0:

$$\overset{+2}{Cu} + 2e^- = \overset{0}{Cu}.$$

Значыць, адбываецца *аднаўленне* атамаў Cu^{+2}, якія выступаюць у ролі акісляльнікаў. Паколькі гэтыя атамы ўтрымліваюцца ў рэчыве $CuCl_2$, яно таксама з'яўляецца акісляльнікам.

Як вы ўжо ведаеце, працэсы акіслення і аднаўлення заўсёды працякаюць адначасова: адно рэчыва, аддаючы электроны, акісляецца, а другое, прымаючы іх, аднаўляецца:

$$\overset{0}{Fe} + \overset{+2\ -1}{CuCl_2} = \overset{+2\ -1}{FeCl_2} + \overset{0}{Cu}.$$

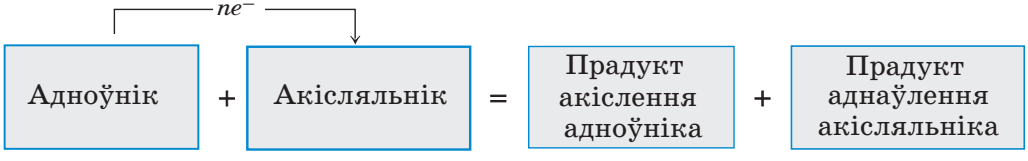
$2e^-$

адноўнік акісляецца — акісляльнік аднаўляецца

У выніку пераходу электронаў ад адных атамаў да другіх іх ступені акіслення змяняюцца. Такія працэсы называюцца акісляльна-аднаўленчымі рэакцыямі.

! Да акісляльна-аднаўленчых адносяцца рэакцыі, у ходзе якіх адбываецца змяненне ступеней акіслення атамаў.

Агульная схема любой акісляльна-аднаўленчай рэакцыі можа быць запісана так:



Напрыклад, у рэакцыі

$$2Al + Fe_2O_3 \overset{t}{=} Al_2O_3 + 2Fe$$

адноўнікамі з'яўляюцца атамы алюмінію, а акісляльнікамі — атамы жалеза, якія ўваходзяць у састаў аксіду жалеза(III):

$$\overset{0}{Al} - 3e^- = \overset{+3}{Al};$$

$$\overset{+3}{Fe} + 3e^- = \overset{0}{Fe}.$$

Правообладатель Народная асвета

Мал. 85. Рэакцыя магнію з сернай кіслатой

Схематычна гэту рэакцыю мы можам запісаць наступным чынам:

$$\overset{0}{2Al} + \overset{+3\ -2}{Fe_2O_3} = \overset{+3\ -2}{Al_2O_3} + \overset{0}{2Fe}.$$

$2 \cdot 3e^-$

адноўнік — акісляльнік — прадукт акіслення адноўніка — прадукт аднаўлення акісляльніка

Аналагічным чынам можна паказаць і іншыя акісляльна-аднаўленчыя працэсы, напрыклад рэакцыю магнію з сернай кіслатой (мал. 85):

$$\overset{0}{Mg} + \overset{+1}{H_2SO_4} = \overset{+2}{MgSO_4} + \overset{0}{H_2}\uparrow.$$

$2e^-$

адноўнік — акісляльнік — прадукт акіслення адноўніка — прадукт аднаўлення акісляльніка

З разгледжаных вышэй прыкладаў відаць, што ў ходзе любой акісляльна-аднаўленчай рэакцыі *агульны лік электронаў, аддадзеных адноўнікам, заўсёды роўны агульнаму ліку электронаў, прынятых акісляльнікам.*

Акісляльна-аднаўленчых рэакцый вядома вельмі многа, але іх аб'ядноўвае агульная адметная рыса — змяненне ступеней акіслення атамаў, якія ўваходзяць у састаў рэчываў, што рэагуюць.

Рэакцыі, якія адбываюцца са змяненнямі ступеней акіслення атамаў, называюцца акісляльна-аднаўленчымі.

У акісляльна-аднаўленчых рэакцыях агульны лік электронаў, якія аддае адноўнік, заўсёды роўны агульнаму ліку электронаў, якія прымае акісляльнік.

Пытанні і заданні

1. У чым заключаецца сутнасць працэсаў акіслення і аднаўлення з пункту гледжання электроннай тэорыі? Як змяняюцца ступені акіслення атамаў пры іх акісленні і аднаўленні?

Правообладатель Народная асвета

2. Якія з прапанаваных схем адлюстроўваюць працэсы акіслення, а якія — аднаўлення:

а) $\overset{+5}{N} \rightarrow \overset{+2}{N}$; б) $\overset{+2}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{Fe}$; в) $\overset{0}{P} \rightarrow \overset{+5}{P}$; г) $\overset{+7}{Mn} \rightarrow \overset{+2}{Mn}$.

3. Якія рэакцыі адносяцца да акісляльна-аднаўленчых? Разгледзьце з пункту гледжання акіслення-аднаўлення рэакцыю цынку з салянай кіслатой. Што ў дадзенай рэакцыі з'яўляецца акісляльнікам, а што — адноўнікам? Атамы якога элемента пры гэтым акісляюцца, а якога — аднаўляюцца?

4. З прыведзеных ніжэй ураўненняў выберыце ўраўненні акісляльна-аднаўленчых рэакцый:

а) $CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$;
б) $Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2\uparrow$;
в) $AgNO_3 + KCl = AgCl\downarrow + KNO_3$;
г) $Cu(NO_3)_2 + Zn = Cu + Zn(NO_3)_2$.

5. Запішыце **ўраўненні рэакцый паміж простымі рэчывамі: а) цынкам і серай; б) вадародам і хлорам; в) алюмініем і ёдам. Састаўце схемы пераходу** электронаў ад атамаў-адноўнікаў да атамаў-акісляльнікаў.

6. Запішыце ўраўненні рэакцый металаў з кіслотамі: а) алюмінію з сернай кіслатой; б) жалеза з салянай кіслатой. Састаўце схемы пераходу электронаў ад адноўніка да акісляльніка.

Рыхтуемся да алімпіяд. Колькі акісляльна-аднаўленчых рэакцый можна правесці, маючы ў сваім распараджэнні наступныя рэчывы: Mg; Al; O_2; HCl; H_2; $CuSO_4$? Састаўце ўраўненні гэтых рэакцый і вызначце ў кожнай з іх адноўнік і акісляльнік.

§ 45. Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі вакол нас

Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі пастаянна адбываюцца ў навакольным свеце. Яны ляжаць у аснове такіх працэсаў, як абмен рэчываў у жывых арганізмах, фотасінтэз, дыханне, гніенне, гарэнне. Дзякуючы акісляльна-аднаўленчым рэакцыям ажыццяўляюцца кругаварот хімічных элементаў і харчовыя ланцужкі ў прыродзе, адбываецца засваенне раслінамі спажыўных рэчываў з глебы і г. д.

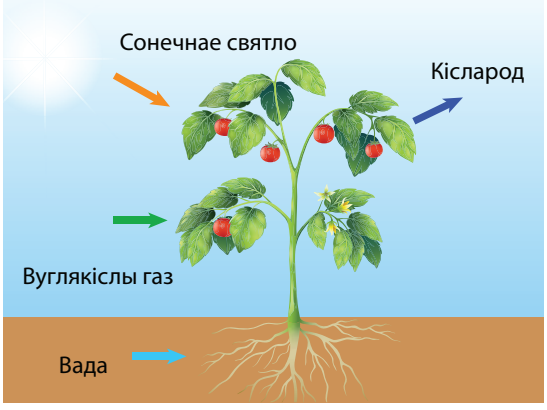
Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі шырока выкарыстоўваюцца чалавекам у практычнай дзейнасці. Яны прымяняюцца для атрымання металаў, большасці найважнейшых неарганічных і арганічных рэчываў (сернай, азотнай, воцатнай кіслот, шчолачаў, аміяку, спірту і інш.).

Разгледзім больш падрабязна некаторыя з гэтых працэсаў.

Правообладатель Народная асвета

Прыродны кругазварот кісларо́ду з'яўляецца асноўным працэсам, што звязвае разам атмасферу, зямную кару і ваду. Расліны, паглынаючы вуглякіслы газ, у выніку фотасінтэзу вылучаюць кісларо́д (мал. 86):

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2,$$



Мал. 86. Утварэнне кісларо́ду ў выніку фотасінтэзу

які потым расходуецца на дыханне людзей і жывёл, пры гарэнні і гніенні арганічных рэчываў, у самых розных прамыслова-тэхналагічных працэсах. Усе гэтыя працэсы з'яўляюцца акісляльна-аднаўленчымі, і ў іх кісларо́д выступае ў якасці акісляльніка. Пры гэтым утвараецца аксід вугляро́ду CO_2, які зноў паступае ў атмасферу.

Асаблівая роля належыць працэсам гарэння. Пачынаючы з каменнага **веку, агонь служыў чалавеку крыніцай цяпла і энергіі. Дровы**, вугаль, торф і ў наш час з'яўляюцца найважнейшымі прыроднымі энерганосьбітамі. У XX ст. гэты рад папоўнілі нафта і прыродны газ. Прадукты нафтаперапрацоўкі (газа, бензін, мазут і інш.) служаць асноўным відам паліва для самалётаў, аўтамабіляў, караблёў, лакаматываў (мал. 87, с. 192). Працэсы згарання гэтых відаў паліва таксама з'яўляюцца акісляльна-аднаўленчымі рэакцыямі. У выніку іх працякання кісларо́д акісляе вугляро́д, вадаро́д і іншыя элементы, якія ўваходзяць у іх састаў, да аксідаў — CO_2, CO, H_2O і інш.

Выкарыстанне энергіі сучаснага ракетнага паліва таксама заснавана на акісляльна-аднаўленчых працэсах. Яны працякаюць пры змешванні акісляльнікаў (напрыклад, вадкага кісларо́ду, азотнай кіслаты) і адноўнікаў (вадкага вадаро́ду, газы, розных арганічных злучэнняў).

Крыніцай энергіі (перш за ўсё электрычнай) могуць служыць не толькі працэсы гарэння, але і іншыя акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі. Больш падрабязна пра іх вы даведаецеся пазней. А пакуль мы толькі нагадаем пра тое, што вам ужо добра вядома з паўсядзённага жыцця:

Правообладатель Народная асвета

Мал. 87. Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі вакол нас

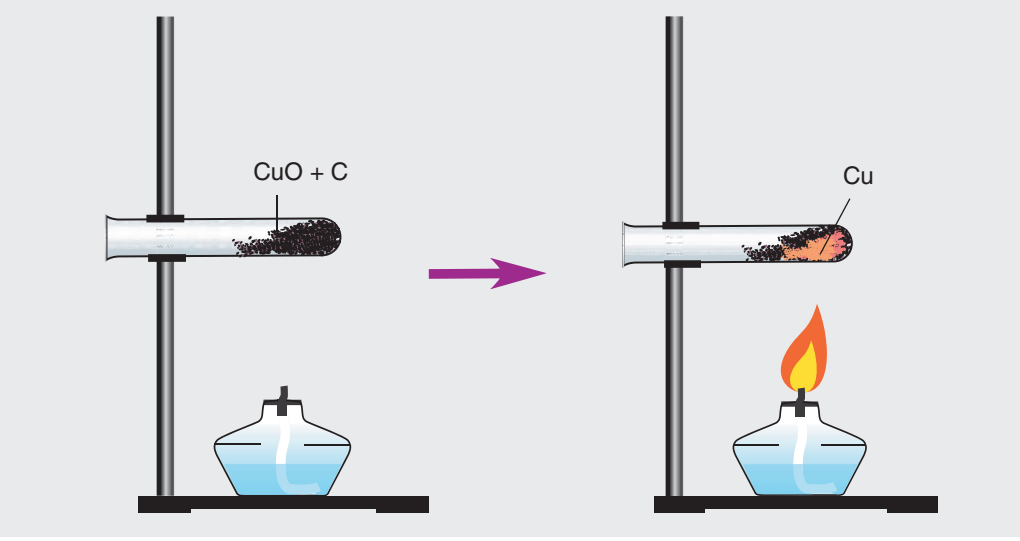
аб аўтамабільных акумулятарах і самых разнастайных электрычных батарэях, якія выкарыстоўваюцца ў быце.

Гэта прыклады практычнага выкарыстання энергіі акісляльна-аднаўленчых рэакцый для атрымання электрычнай энергіі.

Мал. 88. Металургія Старажытнага Егіпта

Найважнейшыя галіны сучаснай прамысловасці таксама заснаваны на выкарыстанні акісляльна-аднаўленчых працэсаў. Ужо ў глыбокай старажытнасці чалавек мог атрымліваць металы з руд (мал. 88). Руды ўяўляюць сабой горныя пароды, якія змяшчаюць аксіды і іншыя злучэнні **розных металаў**. Каб вылучыць з руд металы ў **свабодным стане, іх неабходна** аднавіць з дапамогай роз-

Правообладатель Народная асвета



Мал. 89. Аднаўленне медзі з яе аксіду вугляродам

ных адноўнікаў. У якасці такога адноўніка спачатку выкарыстоўвалі драўняны вугаль **C**, а затым, па меры развіцця металургіі, і іншыя рэчывы, такія як **CO** і H_2:

$$CuO + C \overset{t}{=} Cu + CO \text{ (мал. 89)};$$

$$WO_3 + 3H_2 \overset{t}{=} W + 3H_2O;$$

$$FeO + CO \overset{t}{=} Fe + CO_2.$$

Працэсы аднаўлення металаў з руд можна прадставіць у выглядзе агульнай схемы:

АДНОЎНІК	+	АКСІД МЕТАЛУ	=	МЕТАЛ	+	ПРАДУКТ АКІСЛЕННЯ АДНОЎНІКА

У XX ст. шырокае распаўсюджанне атрымала электраметалургія, дзе **ў якасці адноўніка для атрымання металаў выкарыстоўваецца электрычны ток.**

Практычна ўсе найважнейшыя хімічныя вытворчасці заснаваны на акісляльна-аднаўленчых рэакцыях. Гэта, **напрыклад, прамысловае атрыманне** асноўных кіслот, такіх як серная, азотная і саляная, а таксама

Правообладатель Народная асвета

шчолачаў, аміяку, самых разнастайных неарганічных і арганічных злучэнняў. Пра хімічныя асновы гэтых вытворчасцей вы даведаецеся пазней.

Існуе мноства галін прамысловасці, якія не з'яўляюцца хімічнымі, але так ці інакш звязаны з выкарыстаннем хімічных працэсаў, перш за ўсё акісляльна-аднаўленчых. Гэта прадпрыемствы, якія перапрацоўваюць сельскагаспадарчую сыравіну, тэкстыльныя і скураныя, парфумерныя і фармацэўтычныя вытворчасці і інш.

Акісляльна-аднаўленчыя працэсы не толькі дапамагаюць чалавеку ў многіх відах яго дзейнасці, але часта і ўскладняюць яго жыццё. У курсе хіміі 9-га класа вы пазнаёміцеся з працэсамі *карозіі металаў* — іх разбурэннем пад уздзеяннем навакольнага асяроддзя (гл. мал. 87). Працэсы акіслення з'яўляюцца прычынай псавання прадуктаў харчавання, у тым ліку садавіны і гародніны, розных відаў вырабаў. Чалавек навучыўся змагацца з гэтымі шкоднымі з'явамі, перш за ўсё ліквідуючы прычыны іх узнікнення, прымяняючы самыя разнастайныя ахоўныя меры, у тым ліку розныя хімічныя працэсы. Пра гэта вы даведаецеся пры далейшым вывучэнні хіміі.

? Пытанні і заданні

1. Прывядзіце прыклады розных акісляльна-аднаўленчых працэсаў, якія вы назіраеце ў паўсядзённым жыцці.

Рыхтуемся да алімпіяд. Складзіце ўраўненні рэакцый, з дапамогай якіх можна ажыццявіць наступныя ператварэнні:

$$CuCO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow CuSO_4 \rightarrow Cu.$$

Правообладатель Народная асвета

Глава 6

Растворы

У шостай главе
вы даведаецеся аб ролі
вады і растораў
у прыродзе
і жыццядзейнасці чалавека,
пазнаёміцеся з якаснымі
і колькаснымі
характарыстыкамі
саставу растораў,
вывучыце ўмовы
працякання хімічных
рэакцый у водных
растворах

Правообладатель Народная асвета

§ 46. Сумесі рэчываў

Пры вывучэнні ўласцівасцей рэчываў неабходна, каб яны былі максімальна чыстымі, г. зн. не ўтрымлівалі часціц іншых рэчываў. Гэта асабліва важна для лабараторных даследаванняў, **гатавання лекавых прэпаратаў**.

У прыродзе не існуе абсалютна чыстых рэчываў. Мы гаворым «чыстая вада», «чыстае паветра», «чысты пясок», але гэта не значыць, што гэтыя аб'екты ўтвораны адным хімічным рэчывам. У іх рэчывы звычайна змешаны з іншымі рэчывамі, утвараючы многакампанентныя сістэмы — **сумесі**.

Сумесі могуць складацца з рэчываў, якія знаходзяцца як у аднолькавым, так і ў розных агрэгатных станах — цвёрдым (цв), вадкім (в) і газападобным (г).

Класіфікацыя сумесей

Пачынаючы вывучэнне курса хіміі ў 7-м класе мы дзялілі ўсе сумесі рэчываў на *аднародныя* і *неаднародныя*.

Аднароднымі называюцца такія сумесі, у якіх нельга выявіць часціцы нават з дапамогай аптычных прыбораў. **Аднародныя сумесі часта** называюць *растворамі*, таму што ў любой частцы свайго аб'ёму яны маюць аднолькавы састаў. Найбольш распаўсюджаны *вадкія растворы*. Імі з**'яўляюцца і раствор цукру ў вадзе, і раствор ёду ў спірце, і звычайная** газіраваная вада, у якой растворан вуглякіслы газ.

Сумесі любых колькасцей і любога ліку газаў, якія не ўзаемадзейнічаюць паміж сабой пры дадзеных умовах, называюцца *газападобнымі растворамі*. Напрыклад, паветра — гэта сумесь, якая складаецца ў асноўным з азоту і кісларода.

Мал. 90. Латунь — аднародная цвёрдая сумесь

Прыкладамі аднародных сумесей, утвораных цвёрдымі рэчывамі, з'яўляюцца *сплавы* металаў — *цвёрдыя растворы* — *бронза*, *латунь* (мал. 90).

У працэсе далейшага вывучэння мы больш падрабязна пазнаёмімся з аднароднымі вадкімі сумесямі — воднымі растворамі. Яны ўтвараюцца ў выніку змешвання растваральных рэчываў з вадой.

Правообладатель Народная асвета

Неаднародныя сумесі могуць быць утвораны рэчывамі, якія знаходзяцца як у адным, так і ў розных агрэгатных станах. У гэтых сумесях часціцы можна выявіць або візуальна, або з дапамогай аптычных прыбораў. У большасці цвёрдых сумесей неаднароднасць лёгка выяўляецца нават візуальна. Калі ўважліва разгледзець камень, кучку пяску або ўзор глебы, то можна ўбачыць у іх асобныя крупінкі, якія адрозніваюцца па колеры, памеры, цвёрдасці.

Мал. 91. Раздзяленне магнітам сумесі жалеза і серы

Прыкладамі неаднародных цвёрдых сумесей з'яўляюцца таксама прыродны граніт, сумесь драўляных і жалезных апілак, сумесь парашкоў металічнага жалеза і серы. У сумесі жалеза з серай вы лёгка па колеры адрозніце кампаненты, якія яе складаюць. Для раздзялення гэтай сумесі можна выкарыстаць магніт (мал. 91).

Неаднародная сумесь цвёрдага і вадкага рэчываў называецца *суспензіяй* або *завіссю*. Прыкладамі суспензій з'яўляюцца сумесі гліны або мелу з вадой. Напрыклад, калі перамяшаць ваду са здробненай глінай, то праз некаторы час больш буйныя часцінкі яе асядуць на дно, а вельмі дробныя доўга будуць знаходзіцца ў завіслым стане ў выглядзе суспензіі. Пры адстойванні цвёрдыя часціцы суспензіі асядаюць на дне пасудзіны. Завіслыя ў вадкасці часціцы могуць быць аддзелены ад яе фільтраваннем.

Мал. 92. Прыгатаванне бетону — суспензіі пяску і цэменту ў вадзе

Суспензія мелу ў вадзе шырока выкарыстоўваецца пры пабелцы. Большасць фарбаў, будаўнічыя растворы для тынкавальных работ або кладкі цэглы — гліняны-вапнавыя, цэментава-вапнавыя — таксама ўяўляюць сабой суспензіі (мал. 92).

Пры змешванні нерастваральных адна ў адной вадкасцей утвараецца сумесь, якая называецца *эмульсіяй*. Самы просты прыклад эмульсіі — сумесь

Правообладатель Народная асвета

1

2

3

Мал. 93. Эмульсіі: *1* — сумесь алею з вадой, *2* — маянэз, *3* — водаэмульсійная фарба

тлушчу або алею з вадой (мал. 93). Пасля яе адстойвання выразна відаць два слоі рэчываў — вады і алею.

Да водных эмульсій адносяцца малако, маянэз, самыя разнастайныя касметычныя і медыцынскія прэпараты, сродкі для аховы раслін і барацьбы з насякомымі. **У некаторых з іх гэты тэрмін пададзены ў назве**, напрыклад эмульсійная або водаэмульсійная фарба. Прыкладам прыроднай эмульсіі з'яўляецца сок некаторых раслін: дзьмухаўца, фікуса, гевеі і інш.

Млечны сок дрэва гевеі — латэкс — шырока выкарыстоўваецца для атрымання каўчуку.

Эмульсіі, у адрозненне ад суспензій, **больш устойлівыя, а некаторыя з іх могуць захоўвацца дастаткова доўга** (напрыклад, крэм, маянэз і інш.), асабліва пры дабаўленні спецыяльных рэчываў — эмульгатараў.

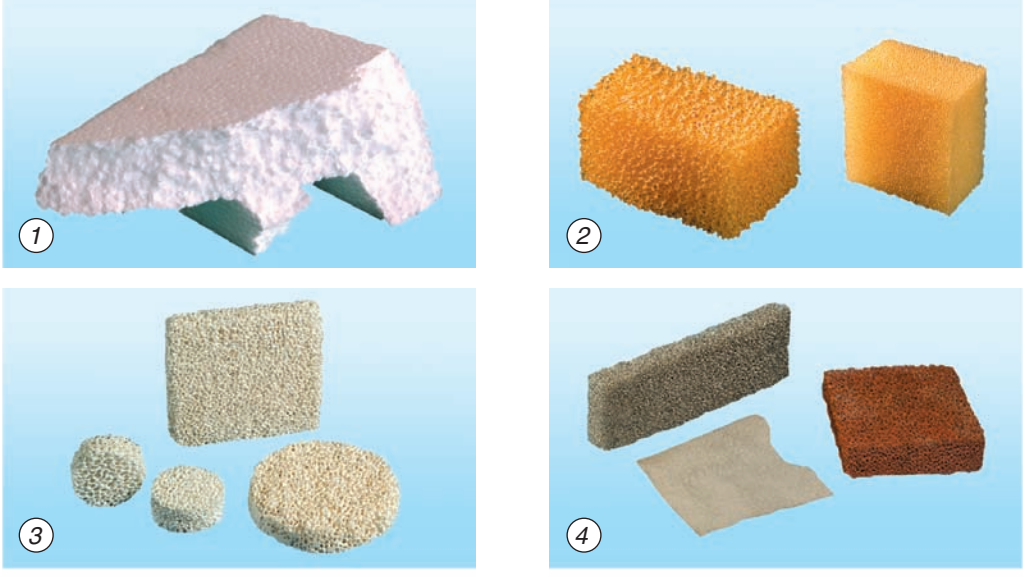
Пры энергічным змешванні вадкасцей і газаў, напрыклад пры прапусканні паветра праз ваду або падзенні вады з вялікай вышыні ў вадападах, утвараецца *пена* (мал. 94). Яна ўяўляе сабой завісь газу ў вадкасці. Успомніце пра напіткі, якія пеняцца: газіраваную ваду, квас. Звычайная пена не вельмі ўстойлівая і даволі хутка разбураецца. Значна больш стабільная пена, якая ўтвараецца пры растварэнні ў вадзе мыла або пральнага парашку. Часціцы гэтых мыйных сродкаў умацоўваюць сценкі пузыркоў, дазваляючы ім існаваць дастаткова доўга. Пены розных рэчываў шырока выкарыстоўваюцца на практыцы, напрыклад пры тушэнні пажараў. Выкарыстанне пены пры ўзбагачэнні руд дазваляе аддзяляць пустую пароду ад мінералаў.

Правообладатель Народная асвета

Мал. 94. Пена — завісь газу ў вадкасці: *1* — мыльная пена, *2* — вадаспад

Цвёрдыя пены маюць цвёрды плёначны каркас. Іх атрымліваюць шляхам удзімання газу ў расплаўленую вязкую масу (напрыклад, шкло) або награваннем сумесі пластычнага рэчыва з пенаўтваральнікам. Раскладаючыся, ён вылучае газ, які разрыхляе рэчыва, утвараючы ў ім ячэйкі. Адным з прыкладаў цвёрдых пен з'яўляецца хлеб.

Цвёрдыя пены шырока прымяняюцца для атрымання высакапорыстых будаўнічых матэрыялаў з малой масай і высокай цепла- і гукаізалюючай здольнасцю. Гэта пенапласты, порыстыя гумы, пенагазабетоны, пенакераміка, керамзіт і нават пенаметалы (мал. 95).

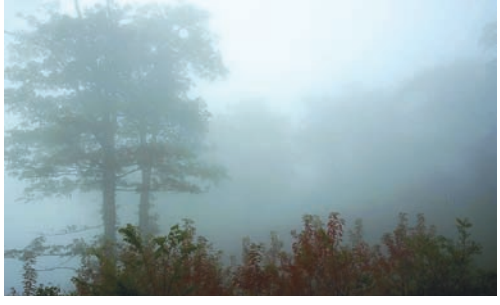


Мал. 95. Высакапорыстыя матэрыялы: *1* — пенапласт, *2* — пенапалімеры, *3* — пенакераміка, *4* — пенаметалы

Правообладатель Народная асвета

Вучоныя Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта і Інстытута парашковай металургіі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі распрацавалі ўнікальны спосаб атрымання порыстых металічных і керамічных матэрыялаў (гл. мал.) на аснове існуючай порыстай структуры арганічнага рэчыва (напрыклад, паралону і да т. п.).

Змешванне цвёрдых або вадкіх часціц з газам прыводзіць да ўтварэння туману, дыму і пылу. Часта туман, дым і смог аб'ядноўваюць пад агульнай назвай — **аэразолі** (у даслоўным перакладзе «паветраныя растворы») (мал. 96).



Мал. 96. Аэразолі — туман і дым, які ўтвараецца пры запуску ракеты

З дапамогай аэразолей можна актыўна ўздзейнічаць на воблакі з мэтай рэгулявання ападкаў. Напрыклад, калі з самалётаў з дапамогай спецыяльных канструкцый распыльваюць дробныя часцінкі ёдыду серабра AgI або ёдыду свінцу(II) PbI_2, то пры нізкай тэмпературы на гэтых часцінках пачынаецца кандэнсацыя вадзяной пары і выпадае дождж.

Вялікае распаўсюджанне ў штодзённым жыцці атрымалі *аэразольныя балоны* (мал. 97). У іх змяшчаюцца сумесі газу пад ціскам з рознымі рэчывамі — некаторымі лекавымі прэпаратамі, сродкамі для адпужвання і знішчэння насякомых, лакафарбавымі матэрыяламі, парфумерыяй і касметыкай.

Мал. 97. Аэразольныя балоны з рознай прадукцыяй

Правообладатель Народная асвета

Класіфікацыя і прыклады неаднародных сумесей прыведзены ў табліцы 9.

Табліца 9. **Неаднародныя сумесі**

Сумесь	Агрэгатны стан кампанентаў	Прыклады сумесі
Асяроддзе сумесі цвёрдае		
Цвёрдыя сумесі	Цвёрдае — цвёрдае Цвёрдае — вадкае Цвёрдае — газападобнае	Граніт, кварц, слюда, глеба, пемза, пенапласт
Асяроддзе сумесі вадкае		
Суспензіі: у вадкасці размеркаваны часціцы цвёрдага рэчыва	Вадкае — цвёрдае	Завісь мелу, пяску або гліны ў вадзе
Эмульсіі: у вадкасці размеркаваны дробныя кропелькі другой (якая не змешваецца з першай) вадкасці	Вадкае — вадкае	Малако, маянэз, латэкс, некаторыя лекавыя прэпараты
Пены: у асяроддзі вадкасці размеркаваны бурбалкі газу	Вадкае — газападобнае Цвёрдае — газападобнае	Пены мыйных сродкаў
Асяроддзе сумесі газападобнае		
Аэразолі: у асяроддзі газападобнага рэчыва размеркаваны часціцы цвёрдага або вадкага рэчыва	Газападобнае — цвёрдае Газападобнае — вадкае	Дым, туман, смог Лакі, фарбы, розныя прэпараты ў аэразольнай упакоўцы

Колькасна характарызаваць сумесь можна па ўтрыманні ў ёй кожнага кампанента. Можна сказаць так: «У гэтай сумесі ўтрымліваецца хларыд натрыю масай 40 г і хларыд калію масай 80 г» ці «У дадзенай сумесі на 20 г цукру прыпадае 40 г кухоннай солі». А яшчэ ў 7-м класе вы навучыліся выражаць састаў сумесі, вызначаючы масавую долю кожнага рэчыва ў ёй: $w(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{m(\text{сумесі})}$. *Успомніце, як трэба карыстацца гэтай формулай, і выканайце заданне пасля параграфа.*

Правообладатель Народная асвета

Раздзяленне сумесей

Перш чым вывучаць уласцівасці таго ці іншага рэчыва, яго неабходна ачысціць. Існуюць розныя спосабы раздзялення сумесей рэчываў, заснаваныя на адрозненнях уласцівасцей кампанентаў. Некаторыя з іх знаёмыя вам са штодзённага жыцця і з курса хіміі 7-га класа, а таксама фізікі, біялогіі. Раздзяляць **некаторыя самыя простыя сумесі — соль, пясок, ваду** — вы навучыліся пры выкананні практычнай работы ў мінулым навучальным годзе. Таму наша задача абагульніць і сістэматызаваць вашы веды аб спосабах раздзялення сумесей (табл. 10).

Табліца 10. **Спосабы раздзялення сумесей**

Сумесі	
Аднародныя	**Неаднародныя**
Дыстыляцыя (перагонка) (вада + растваныя рэчывы, нафта)	**Фільтраванне** (вада + пясок, мел)
Крышталізацыя (вада + кухонная соль, цукар)	**Адстойванне** (вада + мел, пясок)
Выпарванне (вада + кухонная соль)	**Раздзяленне магнітам** (жалеза + медзь)

Для розных мэт неабходны рэчывы з рознай ступенню ачысткі. Для лабараторных даследаванняў, прамысловых вытворчасцей, для патрэб фармакалогіі і медыцыны **неабходны асабліва чыстыя рэчывы. Напрыклад**, у медыцыне, у хімічных лабараторыях для падрыхтоўкі растворaў і правядзення доследаў неабходна дыстыляваная вада, максімальна ачышчаная ад растваных у ёй рэчываў.

Асабліва чыстыя рэчывы, утрыманне прымесі ў якіх не перавышае адной мільённай працэнта, прымяняюцца ў электроніцы, у паўправадніковай, ядзернай тэхніцы і іншых галінах прамысловасці.

Сумесі рэчываў бываюць аднароднымі і неаднароднымі.

Неаднародныя сумесі могуць утвараць паміж сабой рэчывы, якія знаходзяцца як у адным, так і ў розных агрэгатных станах.

Сярод неаднародных сумесей адрозніваюць суспензіі, эмульсіі, пены і аэразолі.

Сумесі можна раздзяліць рознымі спосабамі, зыходзячы з адрознення іх фізічных уласцівасцей.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Прывядзіце азначэнне чыстага рэчыва і сумесі.
2. Ці можна сцвярджаць, што дажджавая вада з'яўляецца абсалютна чыстым рэчывам?
3. Назавіце тры чыстыя рэчывы, з якімі вы сустракаліся ў кабінеце хіміі. Чаму іх можна назваць чыстымі?
4. Выберыце з пералічаных рэчываў — ртуць, малако, сера, паветра, жалеза, чыгун, азот, водаправодная вада: а) чыстыя рэчывы; б) аднародныя сумесі; у) неаднародныя сумесі.
5. Назавіце прыметы, характэрныя для сумесей:
   а) могуць быць падзелены на кампаненты фізічнымі метадамі;
   б) пры іх утварэнні працякаюць хімічныя рэакцыі;
   в) масавыя суадносіны рэчываў у іх могуць змяняцца ў дастаткова шырокіх межах.
6. Прывядзіце прыклады аднародных і неаднародных сумесей, вядомых вам са штодзённага жыцця.
7. Дайце азначэнні наступных паняццяў: суспензія, эмульсія, пена, аэразолі. Што аб'ядноўвае ўсе гэтыя паняцці? Прывядзіце тры прыклады эмульсій, якія выкарыстоўваюцца ў вас дома.
8. Складзіце ўраўненні рэакцый згодна з наступнай схемай ператварэнняў:

$$Ba \rightarrow BaO \rightarrow Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3.$$

9. Вада масай 400 г і карбанат кальцыю масай 250 г утвараюць суспензію. Чаму роўна хімічная колькасць карбанату кальцыю ў суспензіі? Разлічыце масавую долю вады ў суспензіі.

Рыхтуемся да алімпіяд. У вадзе аб'ёмам 1 дм^3 растворацы аміяк аб'ёмам (н. у.) 11,2 дм^3. Вызначце масу атрыманага раствору аміяку ў вадзе.

Дамашні эксперымент

1. *Прыгатаванне неаднароднай сумесі.* Вы можаце лёгка прыгатаваць у дамашніх умовах соус маянэз, які выкарыстоўваецца ў кулінарыі. Для гэтага неабходна змяшаць у ёмістасці 1 яйцо, 0,5 чайнай лыжкі солі, 0,1 чайнай лыжкі гарчыцы, 1 чайную лыжку воцату, 1 чайную лыжку цукру, 2—3 зубчыка здробненага часнаку. Атрыманую сумесь неабходна ўзбіць (можна міксерам) на працягу 3—4 мін. Затым, не перастаючы ўзбіваць, тонкім струменьчыкам уліць шклянку сланечнікавага алею да ўтварэння шчыльнай, устойлівай масы. Да якога віду сумесей адносіцца маянэз?

2. *Раздзяленне аднароднай сумесі.* Зрабіце просты прыбор для атрымання дыстыляванай вады ў дамашніх умовах.

Правообладатель Народная асвета

3. *Храматаграфія — метад раздзялення сумесей*. **Назва гэтага метаду пайшла ад грэчаскага слова «хрома» — колер.** Ён прымяняецца для раздзялення і аналізу сумесей рэчываў і заснаваны на размеркаванні рэчываў паміж дзвюма часткамі — нерухомай і рухомай. Вы можаце самастойна правесці дослед па раздзяленні сумесі гэтым спосабам. Вазьміце палоску фільтравальнай паперы (шчыльнай сурвэткі, папяровага ручніка) шырынёй 2—3 см. Пагрузіце канец палоскі ў пасудзіну з афарбаваным растворам (чарнічны сок, паста шарыкавай ручкі, чарніла). Раствор убіраецца паперай і падымаецца па ёй. Вы ўбачыце, што мяжа **падымання фарбы адстае ад мяжы падымання вады. Так адбываецца раздзяленне двух рэчываў: вады і фарбавальнага рэчыва.**

§ 47. Растварэнне рэчываў у вадзе

У прыродзе, паўсядзённым жыцці, у хімічнай лабараторыі, у прамысловасці мы сустракаемся з разнастайнымі растворамі — аднароднымі сумесямі вады і розных рэчываў (мал. 98). Нават найбольш чыстая прыродная вада — дажджавая — змяшчае растораныя газы паветра разам з тымі забруджваннямі, якія ў ім ёсць. Большасць хімічных працэсаў у жывых арганізмах працякаюць таксама ў водных растворах. Любы раствор складаецца з **растваральніка** і **растворанага** рэчыва.

Раствор

Растваральнік	**Растворанае рэчыва**

Мал. 98. Узоры розных растворaў

Для растворaў характэрны іх аднароднасць і ўстойлівасць.

Аднароднасць азначае, што ў растворы немагчыма адрозніць часціцы растворанага рэчыва і часціцы растваральніку нават пад мікраскопам пры вялікім павелічэнні. Гэта сведчыць аб тым, што часціцы растворанага рэчыва настолькі малыя (парадку памераў малекул, атамаў або іонаў), што іх немагчыма ўбачыць. Аднароднасць — гэта ўласцівасць растворaў, якая знешне

Правообладатель Народная асвета

родніць іх з чыстымі рэчывамі. Але ў адрозненне ад чыстых рэчываў састаў **раствораў можа быць розным — змяшчаць большую або меншую масу рэчыва**. Растворы немагчыма раздзяліць на састаўныя часткі (кампаненты) фільтраваннем або адстойваннем. Інакш кажучы, яны з'яўляюцца *ўстойлівымі* сістэмамі.

! Растворы — гэта аднародныя ўстойлівыя сістэмы пераменнага саставу, якія складаюцца з двух або больш кампанентаў.

Такім чынам, агульная маса раствору ўяўляе сабой суму мас яго кампанентаў:

$$m(\text{раствору}) = m(\text{растворанага рэчыва}) + m(\text{растваральніку}).$$

Калі рэчыва растворана ў вадзе, то можна сцвярджаць, што:

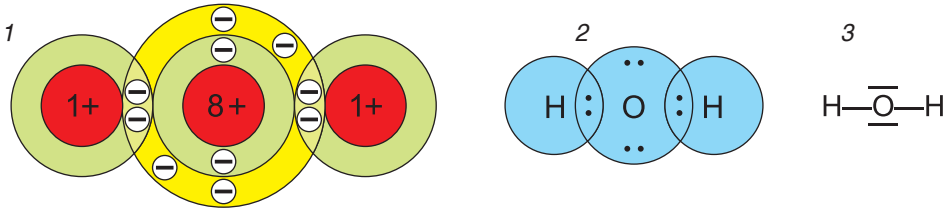
$$m(\text{раствору}) = m(\text{растворанага рэчыва}) + m(\text{вады}).$$

У далейшым мы будзем разглядаць толькі водныя растворы, паколькі ва ўмовах жыцця на нашай планеце вада выступае як універсальны растваральнік. У чым заключаюцца асаблівасці вады як растваральніка? Для адказу на гэта пытанне ўспомнім будову малекулы вады.

Будова малекулы вады

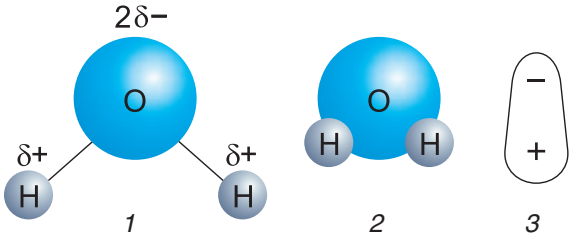
Як вам ужо вядома, у малекуле вады **два атамы вадароду звязаны** адзінарнымі кавалентнымі палярнымі сувязямі з атамам кіслароду. Гэтыя сувязі ўтвораны за кошт абагульвання няспараных электронаў атамаў вадароду і двух электронаў атама кіслароду (мал. 99). Кожная кавалентная сувязь у малекуле вады з'яўляецца *палярнай*, паколькі атамы вадароду і кіслароду маюць розныя электраадмоўнасці (ЭА). Агульная электронная пара зрушана да атама кіслароду — у яго вышэйшая ЭА. Пры гэтым на атаме кіслароду па гэтай сувязі ўзнікае частковы адмоўны зарад, а на атаме вадароду частковы, але дадатны зарад:

$$\overset{\delta+}{\mathbf{H}} \rightarrow \overset{\delta-}{\mathbf{O}}.$$



Мал. 99. Электронная будова малекулы вады: *1* — утварэнне кавалентных сувязей, *2* — электронная формула, *3* — графічная формула

Правообладатель Народная асвета



Мал. 100. Малекула вады: *1* — вуглавая структура, *2* — шаравая мадэль, *3* — дыполь

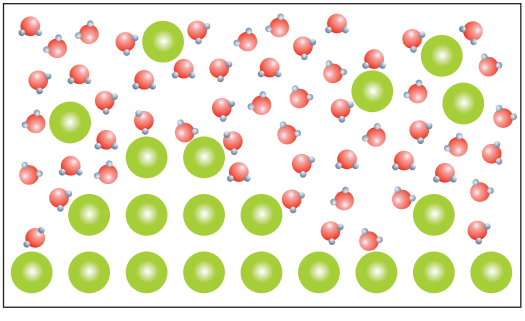
Эксперыментальна вызначана, што малекула вады *палярная*, мае два процілегла зараджаныя полюсы, г. зн. уяўляе сабой *дыполь*. Гэта магчыма, паколькі малекула H_2O мае вуглавую будову (мал. 100).

Малекулу вады часта паказваюць або ў выглядзе шаравой мадэлі або ў выглядзе *дыполя*.

Як жа адбываецца працэс растварэння? Каб прыгатаваць раствор якога-небудзь рэчыва, дастаткова пакінуць гэта рэчыва ў судакрананні з растваральнікам на працягу некаторага часу. Пры растварэнні цвёрдых рэчываў (калі яны растваральныя) лёгка заўважыць, як паступова адбываецца памяншэнне аб'ёму цвёрдага рэчыва, часта аж да яго поўнага пераходу ў раствор. Цікава назіраць растварэнне, калі ў ваду апусціць 1—2 крышталікі марганцоўкі. Можна ўбачыць, як ад крышталіка аддзяляюцца афарбаваныя струменьчыкі растворанага рэчыва, а самі крышталі памяншаюцца ў памеры (мал. 101).

Відавочна, што растваральнае рэчыва разбурылася і часціцы, якія яго складаюць, размеркаваліся па ўсім аб'ёме раствору. Якая ж роля вады ў працэсе растварэння? Дыполі вады ўзаемадзейнічаюць з растваральным рэчывам, ад якога адрываюцца асобныя часціцы і размяркоўваюцца паміж малекуламі вады. Малекулы вады з часціцамі растворанага рэчыва ўтвараюць досыць трывалыя сувязі, спрыяючы тым самым разбурэнню структуры рэчыва (мал. 102).

Мал. 101. Растварэнне перманганату калію ў вадзе



Мал. 102. Схема разбурэння структуры рэчыва пры растварэнні ў вадзе

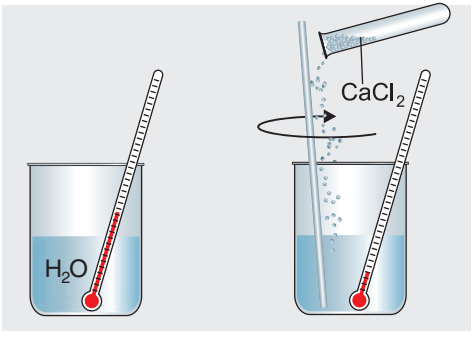
Правообладатель Народная асвета

У растворах малекулы вады часам настолькі трывала звязваюцца з часціцамі растворанага рэчыва, што пры вылучэнні гэтых рэчываў з растворaў часткa вады ўваходзіць у састаў крышталёў, і ўтвараюцца крышталегідраты. Састаў крышталегідратаў выражаюць формулай, у якой паказваюць суадносіны хімічных колькасцей растворанага рэчыва і вады, напрыклад $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Часта выкарыстоўваюць уласныя назвы крышталегідратаў, напрыклад $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ — медны купарвас, $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ — крышталічная сода, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ — гіпс (гл. мал.).

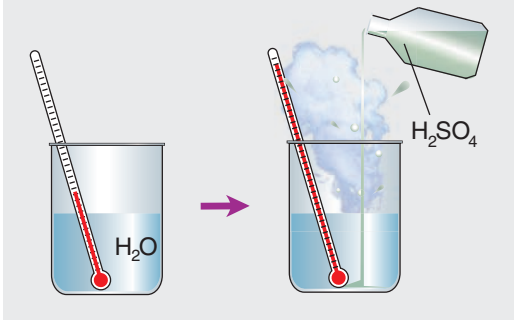
Разбурэнне структуры рэчыва пры яго растварэнні звязана з разрывам хімічных сувязей паміж часціцамі рэчыва (малекуламі або іонамі). Натуральна, што для разрыву сувязей **патрабуецца затраціць энергію. Таму нядзіўна, што пры растварэнні некаторых рэчываў тэмпература** раствору паніжаецца**. Праверыць гэта можна выканаўшы дослед. Калі** растварыць у вадзе кухонную соль або хларыд кальцыю, то тэмпература прыгатаванага раствору будзе ніжэй за тэмпературу вады (мал. 103).

Першыя рэцэпты прыгатавання ахаладжальных сумесей яшчэ ў XVIII ст. прапанаваў рускі вучоны Товій Ловіц. Ён вызначыў, што сумесь з трох частак снегу і чатырох частак крышталічнага хларыду кальцыю дае паніжэнне тэмпературы да –50 °С.

Аднак існуе нямала рэчываў, пры растварэнні якіх вылучаецца цеплата. Напрыклад, пры растварэнні ў вадзе сернай кіслаты H_2SO_4 вылучаецца столькі цеплаты, што вада можа закіпець (мал. 104). Вам

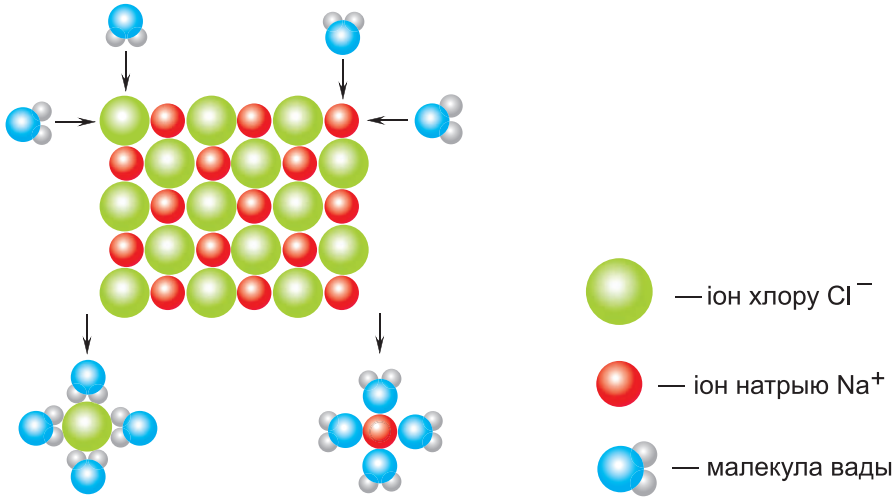


Мал. 103. Паніжэнне тэмпературы пры растварэнні ў вадзе хларыду кальцыю



Мал. 104. Павышэнне тэмпературы пры растварэнні ў вадзе сернай кіслаты

Правообладатель Народная асвета



Мал. 105. Утварэнне сувязей паміж часціцамі растворанага рэчыва NaCl і малекуламі вады H_2O

вядома, што вылучэнне энергіі (у тым ліку і ў выглядзе цеплаты) адбываецца пры ўтварэнні хімічных сувязей. Відавочна, што пры растварэнні адбываецца ўтварэнне хімічных сувязей паміж часціцамі растваральнага рэчыва і малекуламі вады (мал. 105).

У наяўнасці ўзаемадзеяння паміж часціцамі растворанага рэчыва і вады пераканаемся, выканаўшы дослед. Сульфат медзі(II) $\mathbf{CuSO_4}$ — парашок белага колеру. Калі **прыліць у прабірку з гэтым рэчывам трохі вады**, прабірка разаграваецца. Гэта лёгка вызначыць, дакрануўшыся рукой. Парашок з белага становіцца блакітным, а пры далейшым растварэнні ўтвараецца раствор блакітнага колеру. Асцярожнае выпарванне раствору прыводзіць да **ўтварэння блакітных крышталёў. Хімічны аналіз паказвае**, што ў састаў гэтых крышталёў уваходзіць вада: $\mathbf{CuSO_4 \cdot 5H_2O}$. Такім чынам, разаграванне раствору і змяненне яго афарбоўкі пры растварэнні сульфату медзі(II) паказваюць на тое, што растварэнне не зводзіцца толькі да разбурэння структуры рэчыва і размеркавання яго часціц паміж малекуламі вады, а таксама суправаджаецца і хімічным узаемадзеяннем.

Такім чынам, у адных выпадках пры растварэнні рэчываў у вадзе цеплата **вылучаецца, у другіх — паглынаецца. Калі цеплаты вылучаецца больш, чым затрачваецца** на разрыў сувязей **паміж часціцамі рэчыва**, што раствараецца, растварэнне суправаджаецца награваннем, калі менш — ахаладжэннем.

Правообладатель Народная асвета

Аднародныя ўстойлівыя сістэмы пераменнага саставу называюць растворамі.

Асноўнымі кампанентамі раствору з'яўляюцца растваральнік і растворанае рэчыва.

Малекула вады з'яўляецца дыполем і адыгрывае важную ролю ў працэсе растварэння рэчываў.

Растварэнне з'яўляецца складаным фізіка-хімічным працэсам, які ўключае ў сябе як разбурэнне структуры растваральнага рэчыва, так і хімічнае ўзаемадзеянне паміж часціцамі растваральнага рэчыва і малекуламі вады.

У працэсе растварэння рэчываў цеплата можа як вылучацца, так і паглынацца.

? Пытанні і заданні

1. Растлумачце, чаму малекулу вады называюць дыполем.
2. Якую ролю адыгрываюць малекулы вады ў працэсе растварэння рэчываў?
3. Чаму мінеральныя воды маюць розны смак?
4. У чым заключаецца сутнасць працэсу растварэння? Апішыце гэты працэс.
5. Чаму пры растварэнні адных рэчываў тэмпература раствору паніжаецца, а другіх — павышаецца?
6. Выпарванне — адзін са спосабаў **раздзялення аднароднай сумесі (раствору)**. Чаму гэты працэс працякае хутчэй пры награванні?
7. У працэсе разрыву сувязей **паміж часціцамі некаторага рэчыва паглынаецца** больш цеплаты, чым вылучаецца пры ўтварэнні сувязей малекул вады з гэтымі часціцамі. Растлумачце, якім будзе працэс растварэння: з вылучэннем цеплаты або з паглынаннем.

Рыхтуемся да алімпіяд. Глюкозу ($C_6H_{12}O_6$) масай 10 г растварылі ў шклянцы вады. Якая хімічная колькасць вады прыпадае на адзін моль глюкозы, калі маса вады ў шклянцы 200 г?

§ 48. Характарыстыкі растваральнасці рэчываў

У хіміі вядома **велізарнае мноства рэчываў. Рэчывы бываюць** простыя і складаныя, яны ўтвораны з дапамогай розных відаў хімічных сувязей**, будова іх таксама розная. Ці ўсе рэчывы аднолькава растваюцца** ў вадзе? Ці ўсе могуць утвараць растворы?

З часоў алхіміі вядома «залатое правіла» — *падобнае растваряецца ў падобным*. Гэта значыць, што растваральнасць залежыць перш за ўсё ад *прыроды рэчыва, якое растваряецца*, і *растваральніка*. Паколькі

Правообладатель Народная асвета

вада з**'яўляецца палярным растваральнікам, то ў ёй лепш будуць рас**тварацца рэчывы з кавалентнымі палярнымі або іоннымі сувязямі. Але розныя рэчывы растваряюцца ў вадзе неаднолькава. Здольнасць рэчываў растварацца ў вадзе колькасна характарызуецца з дапамогай велічыні, якую называюць *растваральнасцю*.

! Растваральнасць — максімальная маса рэчыва (у грамах), якая раствараецца ў вадзе масай 100 г пры дадзенай тэмпературы.

Па сваёй растваральнасці ўсе рэчывы падзяляюцца на тры групы: а) добра растваральныя; б) малярастваральныя; у) нерастваральныя. На форзацы 2 вучэбнага дапаможніка прыведзена табліца растваральнасці розных неарганічных рэчываў у вадзе. Уважліва разгледзьце табліцу і ахарактарызуйце растваральнасць вядомых вам рэчываў: кухоннай солі, сернай кіслаты, мелу, соды.

Да добра растваральных рэчываў, акрамя тых, што дадзены ў табліцы, адносяцца і некаторыя арганічныя рэчывы: цукар, глюкоза, спірт і інш. Спірт, напрыклад, можа змешвацца з вадой у любых суадносінах. Малярастваральнымі рэчывамі з'яўляюцца як простыя (кісларод, азот і інш.), так і складаныя рэчывы: гашаная вапна, гіпс, пітная сода, розныя мінералы. Большасць металаў, пясок, шкло, масла, газа, бензін адносяцца да нерастваральных у вадзе рэчываў.

Аднак *абсалютна нерастваральных* у вадзе рэчываў няма. Напрыклад, серабро адносіцца да нерастваральных рэчываў, але вы, напэўна, ведаеце пра лекавыя ўласцівасці вады, якая захоўваецца ў сярэбраных пасудзінах і змяшчае невялікую колькасць серабра. Вада, якая доўгі час знаходзілася ў іншай металічнай пасудзе, таксама набывае «металічны» прысмак.

Вядома, што растваральнасць большасці рэчываў не бязмежная. Многія **добра растваральныя рэчывы маюць мяжу растваральнасці.** Напрыклад, пры 20 °С у вадзе масай 100 г можна растварыць цукар масай, не большай за 215 г, або кухонную соль масай 36 г.

Своеасаблівым рэкардсменам па растваральнасці ў вадзе з'яўляецца хларыд сурмы(III) $SbCl_3$ — рэчыва, вядомае сярэдневяковым алхімікам як **«сурмянае масла». Пры звычайных умовах у 100 г вады можна раствары**ць амаль 1000 г $SbCl_3$. Яшчэ адзін прыклад растваральнасці, які здзіўляе, — фтарыд цэзію CsF: пры 0 °С у 100 г вады раствараецца больш за 500 г гэтага рэчыва.

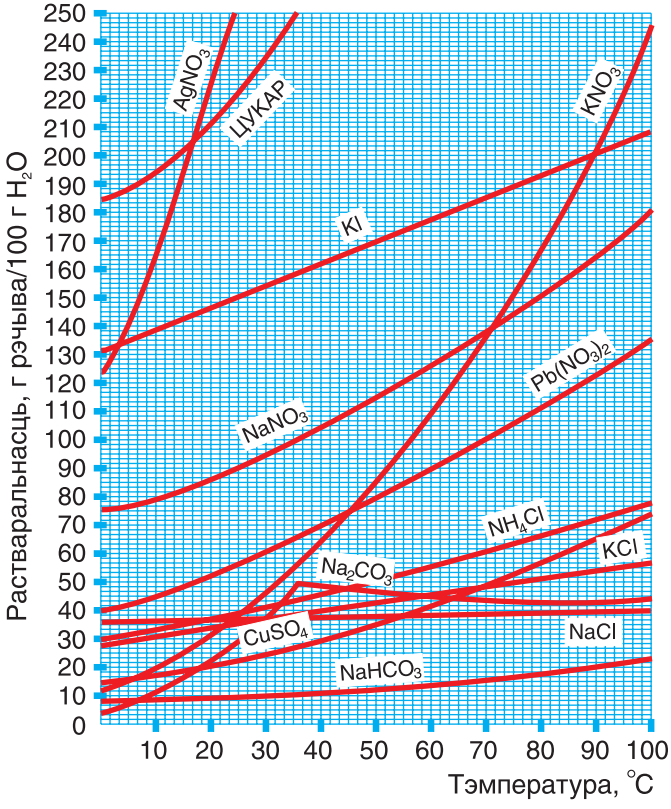
Правообладатель Народная асвета

Фактары, якія ўплываюць на велічыню растваральнасці

Растваральнасць большасці цвёрдых рэчываў у вадзе істотна залежыць ад **тэмпературы:** як правіла, з павышэннем тэмпературы яна павялічваецца (мал. 106). Таму на практыцы для паскарэння працэсу растварэння яго праводзяць пры награванні.

Уплыў тэмпературы на растваральнасць цвёрдых рэчываў зручна паказваць у выглядзе графіка (мал. 107). На гарызантальнай восі запісаны значэнні тэмператур, пры якіх утвараецца насычаны раствор рэчыва. На вертыкальнай восі паказаны максімальныя масы рэчываў, якія растваряюцца ў 100 г вады. Гэтыя графікі, якія называюць *крывымі растваральнасці*, паказваюць, як змяняецца растваральнасць некаторых цвёрдых рэчываў са змяненнем тэмпературы. Па крывых растваральнасці можна вызначыць растваральнасць рэчыва пры рознай

Мал. 106. Растварэнне меднага купарвасу пры пакаёвай тэмпературы (*1*) і пры награванні (*2*)



Мал. 107. Залежнасць растваральнасці некаторых цвёрдых рэчываў ад тэмпературы

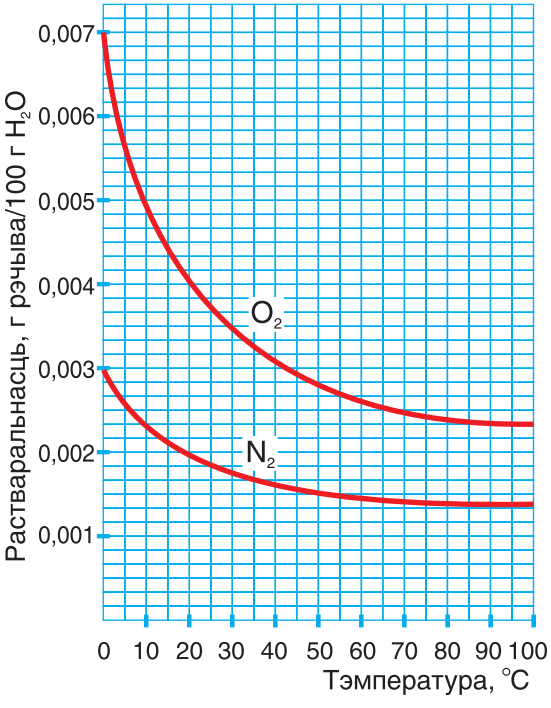
Правообладатель Народная асвета

тэмпературы, выбраўшы адпаведны пункт. Напрыклад, растваральнасць нітрату калію KNO_3 пры 70 °С складае 130 г у вадзе масай 100 г.

Растваральнасць *вадкасцей* таксама звычайна павялічваецца з павышэннем тэмпературы. А вось растваральнасць *газаў*, у адрозненне ад цвёрдых і вадкіх рэчываў, з павышэннем тэмпературы памяншаецца (мал. 108). У гэтым мы штодзённа пераконваемся пры кіпячэнні вады: разам з парай вады вылучаюцца бурбалкі растораных газаў — кісларoду, вуглякіслага газу. У вадзе, пазбаўленай растворанага кісларoду, немагчыма жыццё жывёл і раслін.

У паўночных морах, дзе тэмпература вады ніжэйшая, чым у цёплых морах, жыве значна больш рыбы, паколькі ўтрыманне кісларoду ў вадзе большае.

Ціск практычна не аказвае ўплыву на растваральнасць цвёрдых і вадкіх рэчываў, а вось *растваральнасць газаў у вадзе пры павышэнні ціску нарастае*. Гэту ўласцівасць газаў выкарыстоўваюць пры прыгатаванні газіраваных напіткаў: вуглякіслы газ растварaюць у вадзе пры павышаным ціску. Калі вы адкрываеце бутэльку з **газіраванай вадой, ціск памяншаецца**, растваральнасць вуглякіслага газу памяншаецца, і ён вылучаецца ў выглядзе бурбалак. *Такім чынам, растваральнасць рэчываў у вадзе залежыць ад іх хімічнай прыроды, тэмпературы і ціску (для газаў).*



Мал. 108. Залежнасць растваральнасці газаў — кісларoду і азоту ад тэмпературы

Паскарэнне працэсу растварэння цвёрдых рэчываў у вадзе залежыць ад ступені іх здрабнення. Калі ўзяць для растварэння вялікія крышталі, напрыклад меднага купарвасу, і парашок гэтага рэчыва такой жа масы, то на практыцы можна лёгка пераканацца, што па-

Правообладатель Народная асвета

рашок растворыцца хутчэй (мал. 109). Плошча *паверхні судакранання* парашку з вадой, значна большая, чым у крышталёў, і **растварэнне парашку адбываецца хутчэй**. Таму на практыцы для паскарэння працэсу растварэння рэчывы, якія растараюцца, *здрабняюць*. Для паскарэння працэсу дыфузіі растворанага рэчыва растворы *перамешваюць*.

1 *2*

Мал. 109. Растварэнне ў вадзе парашку (*1*) і крышталёў (*2*) меднага купарвасу аднолькавай масы

Вынікам растварэння рэчываў у вадзе з'яўляецца ўтварэнне растораў — аднародных устойлівых сістэм пераменнага саставу, якія складаюцца з двух або больш кампанентаў. Як вам ужо вядома, агульная маса раствору ўяўляе сабой суму мас яго кампанентаў:

$$m(\text{раствору}) = m(\text{растворанага рэчыва}) + m(\text{растваральніка}).$$

Растваральнік звычайна знаходзіцца ў тым жа агрэгатным стане, што і сам раствор. Напрыклад, калі раствор водны, растваральнік — вада. Калі абодва кампаненты знаходзяцца ў адным агрэгатным стане, то растваральнікам, як правіла, лічыцца той, якога ў растворы больш. Як вы ўжо ведаеце, растворы могуць быць цвёрдымі, газападобнымі і вадкімі.

Далей мы з вамі будзем разглядаць толькі водныя растворы, таму што яны з'яўляюцца найбольш распаўсюджанымі ў прыродзе, быце, прамысловасці, сельскай гаспадарцы і іншых сферах жыцця і дзейнасці чалавека.

Па здольнасці растварацца ў вадзе ўсе рэчывы дзеляцца на тры групы: а) добра растваральныя; б) малярастваральныя; у) нерастваральныя.

Растваральнасць — гэта характарыстыка здольнасці рэчываў растварацца ў вадзе.

Растваральнасць рэчываў залежыць ад прыроды растваральніку, прыроды рэчыва, якое растараецца, тэмпературы і ціску (для газаў).

Для паскарэння працэсу растварэння рэчыва, якое растараецца, здрабняюць, а раствор перамешваюць і награваюць.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Карыстаючыся табліцай растваральнасці рэчываў у вадзе (форзац 2), прывядзіце па тры прыклады растваральных і нерастваральных рэчываў.
2. Складзіце формулы рэчываў: карбанат калію, сульфат кальцыю, нітрат медзі(II), фасфат магнію, хларыд жалеза(II), гідраксід натрыю, гідраксід жалеза(II), гідраксід кальцыю, серная кіслата, крэмніевая кіслата. Размяркуйце **ўказаныя рэчывы па групах: а) растваральныя; б) нерастваральныя**; в) малярастваральныя. Формулы рэчываў запішыце ў табліцу:

Рэчывы		
Растваральныя	Малярастваральныя	Нерастваральныя

3. Якія фактары ўплываюць на растваральнасць цвёрдых рэчываў у вадзе?
4. Як можна паскорыць працэс растварэння ў вадзе кухоннай солі?
5. Растваральнасць якога рэчыва — KNO_3 або NaCl — пры тэмпературы 20 °С большая?
6. Як можна павялічыць растваральнасць цвёрдых рэчываў у вадзе?
7. Якім чынам можна атрымаць газіраваную мінеральную ваду?
8. Да вады ў акварыуме прад'яўляюць пэўныя патрабаванні. Для падтрымання яе якасці ніколі не прымяняюць кіпячоную ваду, а ў акварыум апускаюць кампрэсар, які забяспечвае пастаяннае паступленне паветра. Як вы думаеце, для чаго гэта робяць?
9. Чаму працэс вылучэння газу з газіраванай вады ўзмацняецца пры награванні і адкрыванні бутэлькі?
10. Карыстаючыся графікам, паказаным на малюнку 107, **вызначце масу цукру**, які можна растварыць у вадзе масай 200 г пры тэмпературы 10 °С. Якую масу кухоннай солі можна растварыць у вадзе такой жа масы пры дадзеных умовах?
11. З дапамогай крывой растваральнасці (гл. мал. 107) **вылічыце масу вады**, неабходнай для поўнага растварэння нітрату калію масай 20 г пры 50 °С.

Рыхтуемся да алімпіяд. Маса раствору хларыду калію роўна 300 г. Пасля поўнага выпарвання вады ўтвараецца сухі астатак масай 40 г. Вызначце масу вады ў зыходным растворы.

Правообладатель Народная асвета

Дамашні эксперымент

1. У шклянку насыпце дзве чайныя лыжкі кухоннай солі і, не перамешваючы, заліце яе халоднай вадой. Такую ж колькасць солі загарніце ў невялікі кавалак чыстай баваўнянай тканіны, завяжыце і падвесьце над другой шклянкай з вадой так, каб соль знаходзілася ў верхняй частцы вады (мал. 110). У якой са шклянак соль растворыцца хутчэй? Як вы думаеце чаму?

2. Параўнайце раствaральнасць рэчываў, якія выкарыстоўваюцца ў быце: цукру, солі, пітной соды. Як іх раствaральнасць змяняецца пры павышэнні тэмпературы? Аб методыцы правядзення і выніках даследавання раскажыце на ўроку.

Мал. 110. Растварэнне кухоннай солі ў вадзе: *1* — соль на дне пасуды, *2* — соль у аб'ёме вады

§ 49. Якасныя характарыстыкі саставу растворaў

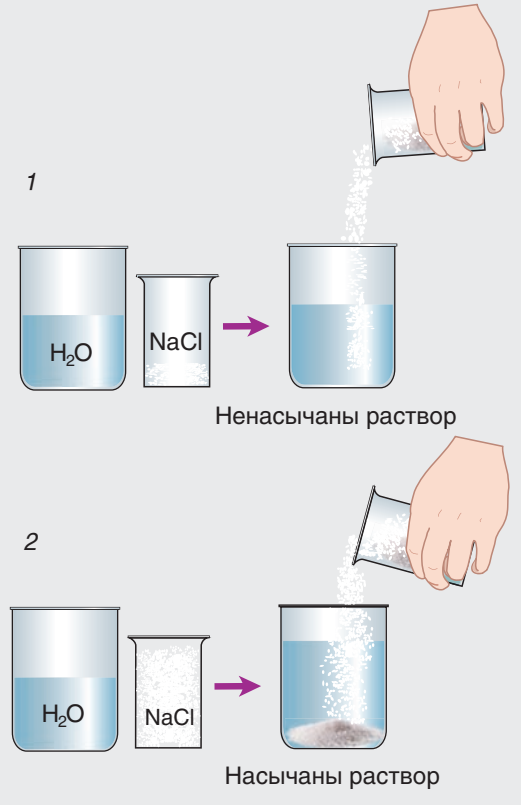
Найважнейшай асаблівасцю растворaў з'яўляецца тое, што іх састаў можа змяняцца ў дастаткова шырокім інтэрвале. У растворах аднаго і таго ж рэчыва могуць утрымлівацца розныя яго масы.

Насычаныя і ненасычаныя растворы

Пры растварэнні рэчыва надыходзіць момант, калі яно пры дадзенай тэмпературы ў вадзе больш не растваraецца. **Раствор, у якім пры дадзенай тэмпературы ўжо немагчыма растварыць новую порцыю рэчыва, называюць насычаным. У той жа час раствор, у якім пры дадзенай тэмпературы яшчэ можна растварыць дадатковую колькасць рэчыва, з'яўляецца ненасычаным.** Так, раствор, атрыманы растварэннем у вадзе масай 100 г пры 20 °С кухоннай солі масай 10 г, будзе з'яўляцца ненасычаным. Але калі мы **паспрабуем растварыць пры такой жа тэмпературы ў вадзе** масай 100 г кухонную соль масай 50 г, то частка солі не растворыцца і застанецца на дне **пасудзіны. Раствор над слоем солі, якая не растварылася**, будзе насычаным (мал. 111, с. 216).

На пачатку працэсу растварэння пераважае пераход рэчыва, якое растваraецца, у раствор. Аднак пры павелічэнні массы рэчыва, якое растваraецца, у нейкі момант надыходзіць насычэнне раствору рэчывам і пры яго лішку адбываецца выпадзенне асадку. Гэта звязана з тым,

Правообладатель Народная асвета



Мал. 111. Ненасычаны (*1*) і насычаны (*2*) растворы кухоннай солі

што раствор ужо насыціўся рэчывам, а далейшае растварэнне пры дадзенай тэмпературы немагчыма.

Для ўтварэння насычаных растворaў розных рэчываў патрабуюцца розныя **масы дадзеных рэчываў**. Напрыклад, такое цвёрдае рэчыва, як фтарыд кальцыю CaF_2, лічыцца практычна нерастваральным, але ўсё ж некаторая, **зусім нязначная частка** солі пры яе кантакце з вадой пераходзіць у раствор. Пры звычайных умовах у вадзе масай 100 г максімальна растворыцца 0,0016 г дадзенай солі, і такі раствор з'яўляецца насычаным. А вось для ўтварэння ў такіх самa ўмовах насычанага раствору хларыду кальцыю $CaCl_2$ патрабуецца 74,5 г на 100 г вады.

У выніку рознай растваральнасці газаў у вадзе іх наяўнасць у насычаных растворах таксама можа моцна адрозніваццa. Так, напрыклад, для атрымання насычаных пры 0 °С растворaў у вадзе масай 100 г патрэбна растварыць аміяк масай 87,5 г, а кісларод — масай усяго толькі 0,007 г.

Некаторыя вадкія рэчывы могуць растварацца ў вадзе неабмежавана, г. зн. яны ў прынцыпе не ўтвараюць насычаныя растворы. Да іх можна аднесці воцатную кіслату, спірт, серную кіслату. Пра растварэнне такіх рэчываў гавораць, што яны *змешваюцца з вадой у любых суадносінах*.

Паняцці «насычаны» і «ненасычаны» растворы цесна звязаны з тэмпературай. Адзін і той жа раствор пры адной тэмпературы можа быць ненасычаным, а пры другой — насычаным. Гэта тычыцца водных растворaў як цвёрдых, так і вадкіх, і газападобных рэчываў.

Правообладатель Народная асвета

Звернемся яшчэ раз да малюнка 107, на якім паказаны крывыя растваральнасці цвёрдых рэчываў. Крывая лінія, якая паказвае залежнасць растваральнасці **кухоннай солі ад тэмпературы, амаль гарызантальная**. Такім чынам, змена тэмпературы нязначна ўплывае на растваральнасць солі. А вось крывая растваральнасці нітрату натрыю пры павышэнні тэмпературы рэзка падымаецца ўверх. Такім чынам, прыгатаваны, напрыклад, пры 10 °С раствор пры павышэнні тэмпературы становіцца ненасычаным і ў ім можна растварыць дадатковую колькасць рэчыва.

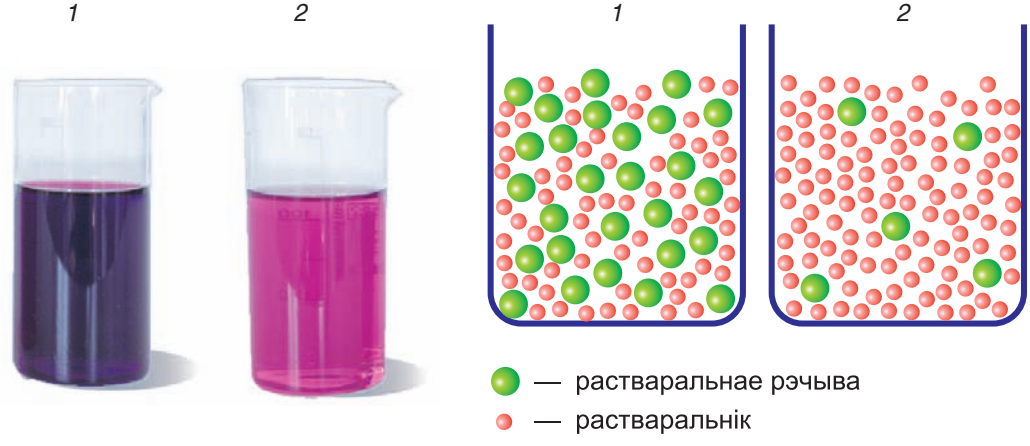
Існуюць і іншыя спосабы змянення характарыстык раствору. Напрыклад, **дабаўляючы растваральнік (ваду) у насычаны раствор, мы таксама ператвараем яго ў ненасычаны раствор.**

І наадварот, ненасычаныя растворы цвёрдых рэчываў можна перавесці ў насычаныя:

1) ахаладжэннем раствору;
2) выпарваннем вады з раствору;
3) растварэннем дадатковай колькасці рэчыва.

Разбаўленыя і канцэнтраваныя растворы

Для якаснай характарыстыкі растворaў шырока выкарыстоўваюцца таксама паняцці **канцэнтраваны раствор** і **разбаўлены раствор** (мал. 112).



Мал. 112. Канцэнтраваны (*1*) і разбаўлены (*2*) растворы перманганату калію і іх мадэлі

Правообладатель Народная асвета

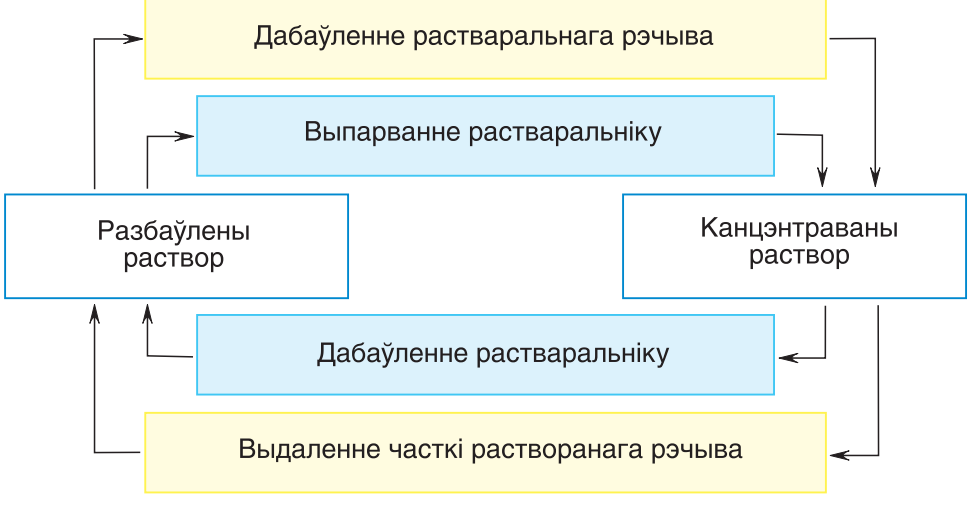
Раствор, у якім колькасць растворанага рэчыва большая за колькасць растваральніку, называецца канцэнтраваным.

Слова «канцэнтрацыя» ў перакладзе з лацінскай мовы азначае «засяроджанне». Канцэнтраваным з'яўляецца, напрыклад, раствор, у якім у вадзе масай 100 г растворацы цукар масай 200 г.

Раствор, у якім змяшчаецца мала растворанага рэчыва і многа растваральніку, называецца разбаўленым.

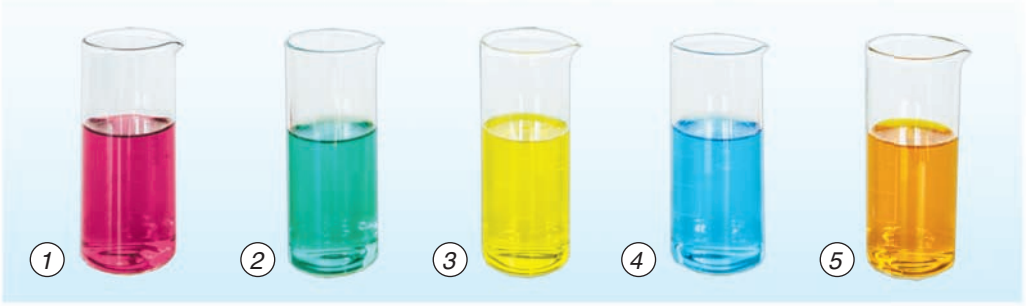
У звычайным жыцці, як і ў хімічнай лабараторыі, часта ўзнікае неабходнасць змянення наяўнасці растворанага рэчыва (як памяншэння, так і павелічэння) у растворы. Гэтага можна дасягнуць чатырма спосабамі, паказанымі на малюнку 113. **Цяжэй за ўсё выдаліць частку растворанага рэчыва. Але калі моцна ахаладзіць канцэнтраваны раствор, то частка растворанага рэчыва можа выпасці ў асадак з-за** памяншэння растваральнасці гэтага рэчыва пры больш нізкай тэмпературы.

Канцэнтраваны раствор не абавязкова павінен быць заўсёды насычаным, а разбаўлены — ненасычаным. Напрыклад, раствор цукру масай 150 г у вадзе масай 100 г пры 30 °С лічыцца канцэнтраваным, але яму яшчэ далёка да насычанага (каля 215 г цукру на 100 г вады). У той жа час насычаны раствор сульфату кальцыю $CaSO_4$ пры 20 °С змяшчае ў вадзе масай 100 г **соль масай усяго 0,2 г, а насычаны раствор карба-**



Мал. 113. Спосабы змянення наяўнасці растворанага рэчыва ў растворы

Правообладатель Народная асвета



Мал. 114. Растворы розных солей: *1* — сульфату кобальту(II), *2* — нітрату нікелю(II), *3* — храмату калію, *4* — нітрату медзі(II), *5* — дыхрамату калію

нату кальцыю $CaCO_3$ яшчэ менш — 0,00013 г. Гэта, зразумела, вельмі разбаўленыя растворы. Прыклады растворaў розных солей паказаны на малюнку 114.

Разбаўленыя і канцэнтраваныя растворы знаходзяць шырокае прымяненне ва ўсіх сферах дзейнасці чалавека.

Растворы бываюць насычанымі і ненасычанымі.

Раствор, у якім змяшчаецца многа растворанага рэчыва, называецца канцэнтраваным.

Раствор, у якім змяшчаецца мала растворанага рэчыва, — разбаўлены.

Пытанні і заданні

1. Якія растворы называюцца канцэнтраванымі? Прывядзіце прыклады такіх растворaў.
2. Якімі спосабамі можна змяніць наяўнасць растворанага рэчыва ў растворы?
3. Назавіце два спосабы ператварэння насычанага раствору ў раствор ненасычаны.
4. Да разбаўленага раствору кухоннай солі ў вадзе пры пастаяннай тэмпературы дабаўлялі соль да таго часу, пакуль яна не перастала растварацца. Ахарактарызуйце атрыманы раствор.
5. Прыгатаваны пры 60 °С раствор ахаладжалі да выпадзення крышталікаў солі. Насычаным або ненасычаным будзе раствор, які застаўся над крышталікамі солі?

Правообладатель Народная асвета

6. Як вы разумееце выраз «Рэчыва неабмежавана растваряецца ў вадзе»? Ці можна прыгатаваць насычаны раствор воцату ў вадзе?

7. Знайдзіце і пракаменціруйце правільныя адказы да сцверджання: «Да насычанага пры 20 °С раствору солі дабавілі ваду»:

а) раствор атрымаўся больш насычаным;
б) павялічылася маса растваральніку;
в) павялічылася маса раствору;
г) раствор атрымаўся разбаўленым;
д) раствор атрымаўся менш канцэнтраваным;
е) раствор атрымаўся ненасычаным.

8. Да некаторага разбаўленага раствору дабавілі дадатковую колькасць рэчыва. Ці можна сцвярджаць, што раствор атрымаўся насычаным? Як на практыцы праверыць праўдзівасць дадзенага сцверджання?

9. Складзіце ўраўненні хімічных рэакцый для выканання наступных хімічных ператварэнняў:

$$CO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2.$$

Адзначце ўраўненне рэакцыі, якая адбываецца з вылучэннем газу.

Рыхтуемся да алімпіяд. У вадзе масай 100 г пры звычайных умовах насычаны раствор хларыду марганцу(II) утвараецца пры растварэнні гэтай солі масай 73,9 г. Вызначце масу насычанага раствору хларыду марганцу(II), калі раствор быў прыгатаваны ў вадзе масай 250 г.

§ 50. Колькасныя характарыстыкі саставу растворaў. Масавая доля растворанага рэчыва

У папярэднім параграфе мы пазнаёміліся з характарыстыкамі вадкіх растворaў. Аднак паняццяў «насычаны» або «ненасычаны», «разбаўлены» або «канцэнтраваны» раствор недастаткова для дакладнай характарыстыкі саставу раствору.

Пры выкарыстанні растворaў у хімічных лабараторыях, у медыцыне, на вытворчасці, у быце заўсёды неабходна ўяўляць, колькі растворанага рэчыва знаходзіцца ў дадзенай порцыі раствору.

Масавая доля растворанага рэчыва

Дакладны колькасны састаў растворaў можна выразіць рознымі спосабамі. Адным з найбольш распаўсюджаных спосабаў колькаснай характарыстыкі растворaў з'яўляецца вызначэнне *масавай долі* растворанага рэчыва.

Правообладатель Народная асвета

Масавая доля растворанага рэчыва — гэта велічыня, роўная адносінам масы растворанага рэчыва да масы раствору:

$$w(\text{рэчыва}) = \frac{m(\text{рэчыва})}{m(\text{раствору})},$$

дзе w (рэчыва) — масавая доля растворанага рэчыва;
m (рэчыва) — маса растворанага рэчыва;
m (раствору) — маса раствору.

З курса хіміі 7-га класа вам ужо знаёма паняцце «масавая доля кампанента ў сумесі». Масавая доля растворанага рэчыва таксама з'яўляецца адносінай аднатыповых велічынь, таму не мае размернасці. Яна звычайна выражаецца ў долях адзінкі або ў працэнтах і паказвае, якую долю ад агульнай масы раствору складае маса растворанага рэчыва.

Напрыклад, калі ў растворы масай 200 г змяшчаецца соль нітрат калію KNO_3 масай 40 г, то масавая доля растворанага рэчыва ў такім растворы роўна:

$$w(KNO_3) = \frac{40\ г}{200\ г} = 0{,}2, \text{ або } 20\ \%.$$

Фактычна *масавая доля (%) паказвае масу (г) растворанага рэчыва, якое змяшчаецца ў растворы масай 100 г.*

Напрыклад, калі ў водным растворы сернай кіслаты H_2SO_4 яе масавая доля **роўна 40 %, то гэта азначае, што ў растворы масай 100 г змяшчаецца кіслата масай 40 г і вада масай 60 г (100 г – 40 г = 60 г).**

Раствор (H_2SO_4 + H_2O)
100 г (100 %)

$m(H_2SO_4)$ = 40 г $w(H_2SO_4)$ = 0,4 (або 40 %)	$m(H_2O)$ = 60 г $w(H_2O)$ = 0,6 (або 60 %)

Паколькі маса раствору роўна суме мас растваральніку m(растваральніку) і растворанага рэчыва m(рэчыва), то формулу для разліку масавай долі можна запісаць больш дэталёва:

$$w(\text{рэчыва}) = \frac{m(\text{рэчыва})}{m(\text{растваральніку}) + m(\text{рэчыва})}.$$

Разгледзім некалькі прыкладаў разлікаў з выкарыстаннем масавай долі растворанага рэчыва.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 1. *У растворы масай 500 г знаходзіцца нітрат натрыю $NaNO_3$ масай 25 г. Вызначце масавую долю нітрату натрыю ў гэтым растворы.*

Дадзена:
m(раствору) = 500 г
$m(NaNO_3)$ = 25 г

Знайсці:
$w(NaNO_3)$ — ?

Рашэнне

Варыянт I

Вылічым масавую долю нітрату натрыю ў растворы:

$$w = \frac{m(\text{рэчыва})}{m(\text{раствору})},$$

$w(NaNO_3) = 25\ \text{г} : 500\ \text{г} = 0{,}05$, або 5 %.

Адказ: $w(NaNO_3) = 5\ \%$.

Варыянт II

Вызначым масу растворанага рэчыва ў растворы масай 100 г на падставе разважання, калі:

у растворы масай 500 г знаходзіцца $NaNO_3$ масай 25 г,
у растворы масай 100 г знаходзіцца $NaNO_3$ масай x г.

$$\frac{500}{100} = \frac{50}{x},\ 500 \cdot x = 25 \cdot 100,$$ адкуль $x = 5$ г.

Маса растворанага рэчыва (г), якое знаходзіцца ў растворы масай 100 г, адпавядае масавай долі гэтага рэчыва (у %).

Значыць, $w(NaNO_3) = 5\ \%$.

Адказ: $w(NaNO_3) = 5\ \%$.

Прыклад 2. *У вадзе масай 40 г растварылі цукар масай 10 г. Вызначце масавую долю цукру ў гэтым растворы.*

Дадзена:
$m(H_2O)$ = 40 г
m(цукру) = 10 г

w(цукру) — ?

Рашэнне

1. Вызначым масу атрыманага раствору:

m(раствору) = $m(H_2O)$ + m(цукру) = 40 г + 10 г = 50 г.

2. Вылічым масавую долю цукру ў растворы:

$$w(\text{цукру}) = \frac{m(\text{цукру})}{m(\text{раствору})} = \frac{10\ \text{г}}{50\ \text{г}} = 0{,}2,$$ або 20 %.

Адказ: w(цукру) = 20 %.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 3. *Якія масы хларыду калію KCl і вады неабходна ўзяць для прыгатавання раствору масай 300 г з масавай доляй растворанага рэчыва 10 %?*

Дадзена:

m(раствору) = 300 г
w(KCl) = 10 % = 0,1

m(KCl) — ?
m(H_2O) — ?

Рашэнне

Варыянт I

1. Вылічым масу солі KCl, неабходную для прыгатавання раствору.

$$w(\text{KCl}) = \frac{m(\text{KCl})}{m(\text{раствору})};$$

$$m(\text{KCl}) = w(\text{KCl}) \cdot m(\text{раствору});$$

$$m(\text{KCl}) = 0{,}1 \cdot 300 \text{ г} = 30 \text{ г}.$$

2. Вылічым масу вады, неабходную для прыгатавання раствору:

$$m(H_2O) = 300 \text{ г} - 30 \text{ г} = 270 \text{ г}.$$

Варыянт II

1. Масавая доля растворанага рэчыва роўна 10 %. Гэта азначае, што ў растворы масай 100 г знаходзіцца растворанае рэчыва масай 10 г, значыць:

у растворы масай 100 г знаходзіцца KCl масай 10 г,
у растворы масай 300 г знаходзіцца KCl масай x г.

$$\frac{100}{300} = \frac{10}{x}, \quad 100 \cdot x = 300 \cdot 10, \text{ адкуль } x = 30 \text{ г (KCl)}.$$

2. Вылічым масу вады, неабходную для прыгатавання раствору:

$$m(H_2O) = m(\text{раствору}) - m\ (\text{KCl}); \quad m(H_2O) = 300 \text{ г} - 30 \text{ г} = 270 \text{ г}.$$

Адказ: для прыгатавання раствору масай 300 г з масавай доляй хларыду калію KCl 10 % неабходна ўзяць соль масай 30 г і ваду масай 270 г.

Прыклад 4. *Якую масу вады неабходна дабавіць да раствору масай 200 г з масавай доляй гідраксіду калію 12 % для прыгатавання раствору з масавай доляй гідраксіду калію 5 %?*

Дадзена:

m_1(раствору) = 200 г
w_1 (KOH) = 12 % = 0,12
w_2 (KOH) = 5 % = 0,05

m(H_2O) —?

Рашэнне

1. Вылічым масу KOH, які змяшчаецца ў першым растворы:

$$m(\text{KOH}) = w(\text{KOH}) \cdot m(\text{раствору});$$

$$m(\text{KOH}) = 0{,}12 \cdot 200 \text{ г} = 24 \text{ г}.$$

Правообладатель Народная асвета

2. Паколькі гэтая ж маса KOH (24 г) будзе знаходзіцца і ў другім растворы, вылічым масу гэтага раствору:

$$m_2(\text{раствору}) = \frac{m(\text{рэчыва})}{w_2(\text{рэчыва})},$$

$$m_2(\text{раствору KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{w_2(\text{KOH})} = \frac{24\ г}{0{,}05} = 480\ г.$$

3. Знойдзем масу вады, якую неабходна дабавіць да першага раствору, для атрымання раствору масай 480 г:

$$m(H_2O) = m_2(\text{раствору}) - m_1(\text{раствору}) = 480\ г - 200\ г = 280\ г.$$

Адказ: **для разбаўлення раствору масай 200 г з масавай доляй растворанага рэчыва 12 % да ўтварэння раствору з масавай доляй 5 % неабходна дабавіць ваду масай 280 г.**

Масавая доля растворанага рэчыва — гэта велічыня, роўная адносінам масы растворанага рэчыва да масы раствору.

Масавая доля (%) адпавядае масе (г) растворанага рэчыва, якое знаходзіцца ў растворы масай 100 г.

? Пытанні і заданні

1. Для чаго патрэбны дакладныя колькасныя характарыстыкі саставу растворaў?
2. Што паказвае масавая доля растворанага рэчыва?
3. Вызначце масавую долю рэчыва ў растворы, які атрыманы пры растварэнні рэчыва масай 8 г у вадзе масай 12 г.
4. Разлічыце масу нітрату натрыю, які знаходзіцца ў растворы масай 50 г, калі масавая доля солі ў ім роўна 0,20 (20 %).
5. Для гатавання **расолу для марынавання агуркоў патрабуецца** раствор кухоннай солі з масавай доляй 7 %. Разлічыце аб'ём вады і масу кухоннай солі для гатавання расолу на два трохлітровыя слоікі агуркоў, калі на адну банку патрабуецца прыкладна 1,7 кг расолу.
6. Пры выпарванні раствору фасфату калію масай 150 г атрымалі цвёрды астатак масай 30 г. Чаму роўна масавая доля K_3PO_4 у растворы?
7. Разлічыце масу воцатнай кіслаты, якая знаходзіцца ў сталовым воцаце масай 500 г, калі масавая доля кіслаты ў ім роўна 9 %.
8. Раствор сульфату натрыю масай 200 г з масавай доляй солі, роўнай 0,225, разбавілі вадой масай 250 г. Чаму роўна масавая доля сульфату натрыю ў новым растворы?

Правообладатель Народная асвета

9. З раствору сульфату медзі(II) масай 340 г з масавай доляй солі, роўнай 12 %, выпарылі ваду масай 40 г. Чаму роўна масавая доля солі (%) у атрыманым растворы?

Рыхтуемся да алімпіяд. У медыцыне шырока прымяняецца фізіялагічны раствор, у якім масавая доля хларыду натрыю складае 0,9 %. Прапануйце спосаб падрыхтоўкі фізіялагічнага раствору з іншага раствору хларыду натрыю масай 400 г з масавай доляй солі, роўнай 10 %.

§ 51. Малярная канцэнтрацыя раствораных рэчываў

Масавая доля рэчыва **як характарыстыка колькаснага саставу раствору не заўсёды прыдатная ў адносінах да вадкіх растворaў. Звычайна** вадкасці вымяраюць **у адзінках аб'ёму: літрах або кубічных дэцыметрах.** Таму існуюць іншыя спосабы выражэння саставу растворaў, з адным з якіх вам трэба будзе пазнаёміцца ў гэтым параграфе.

Гэты спосаб выражэння саставу растворaў называецца *малярная канцэнтрацыя рэчыва ў растворы*. Спосаб дазваляе вызначыць састаў раствору па ўтрыманні хімічнай колькасці рэчыва ў адзінцы аб'ёму раствору.

! Малярная канцэнтрацыя растворанага рэчыва *c*(X) — велічыня, роўная адносінам яго хімічнай колькасці да аб'ёму раствору:

$$c(\text{X}) = \frac{n(\text{X})}{V(\text{раствору})}.$$

Малярная канцэнтрацыя выражаецца ў моль/дм^3.

Калі ў 1 дм^3 раствору **змяшчаецца 1 моль рэчыва, такі раствор называюць аднамалярным** і часам абазначаюць **1М**, калі 2 моль — значыць, раствор двухмалярны (2М). Абазначэнне «**0,212 М** раствор $\mathbf{HNO_3}$» паказвае, што ў 1 дм^3 (1 л) раствору змяшчаецца **0,212 моль** азотнай кіслаты.

Для разліку малярнай канцэнтрацыі рэчыва ў растворы неабходна ведаць: хімічную колькасць рэчыва (моль) і аб'ём раствору (дм^3). Калі ва ўмове задачы ўказваецца маса рэчыва, то неабходна ведаць яго формулу, разлічыць малярную масу і хімічную колькасць, а затым выкарыстаць формулу разліку малярнай канцэнтрацыі растворанага рэчыва, прыведзеную вышэй.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 1. *Вызначце малярную канцэнтрацыю сернай кіслаты ў растворы аб'ёмам 300 см³, калі ў ім утрымліваецца кіслата масай 14,7 г.*

Дадзена:	Рашэнне
V(раствору) = 300 см³ $m(H_2SO_4)$ = 14,7 г	1. Разлічым хімічную колькасць H_2SO_4 у растворы:
$c(H_2SO_4)$ — ?	$n(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) : M(H_2SO_4) =$ $= 14{,}7$ г : 98 г/моль = 0,15 моль.

2. Выразім аб'ём раствору ў дм³ (1 дм³ = 1000 см³):

$$300 \text{ см}^3 = 0{,}3 \text{ дм}^3.$$

3. Разлічым малярную канцэнтрацыю кіслаты ў растворы:

$$c(H_2SO_4) = 0{,}15 \text{ моль} : 0{,}3 \text{ дм}^3 = 0{,}5 \text{ моль/дм}^3.$$

Адказ: малярная канцэнтрацыя сернай кіслаты ў растворы роўна 0,5 моль/дм³.

Для прыгатавання растворaў з пэўнай малярнай канцэнтрацыяй рэчыва выкарыстоўваецца мерная пасуда: мензуркі, мерныя колбы, цыліндры. Дапусцім, што неабходна прыгатаваць раствор сульфату медзі(II) аб'ёмам 0,5 дм³ з малярнай канцэнтрацыяй рэчыва 0,03 моль/дм³. Парадак дзеянняў будзе наступным.

1. Правядзем разлік па формуле

$$c(X) = \frac{n(X)}{V(\text{раствору})},$$

з якой вынікае, што хімічная колькасць рэчыва $n(CuSO_4) =$ $= 0{,}03$ моль/дм³ · 0,5 дм³ = 0,015 моль.

2. Масу сульфату медзі, неабходную для прыгатавання раствору, вылічваем па формуле:

$$m(CuSO_4) = n(CuSO_4) \cdot M(CuSO_4) = 0{,}015 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 2{,}4 \text{ г}.$$

3. Узважым соль разлічанай масы.

4. Узважаную соль змесцім у мерную колбу і растворым спачатку ў невялікай колькасці вады.

5. Дальём у колбу вады да меткі (рыскі) 500 см³ (0,5 дм³) і, закрыўшы коркам, перамяшаем раствор.

Правообладатель Народная асвета

Прыклад 2. *Разлічыце масу гідраксіду калію ў 0,4 дм³ яго раствору, малярная канцэнтрацыя KOH у якім роўна 0,2 моль/дм³.*

Дадзена:	Рашэнне
V(раствору) = 0,4 дм³ c(KOH) = 0,2 моль/дм³	1. Вылічым хімічную колькасць KOH у растворы:
m(KOH) — ?	n(KOH) = V(раствору) · c(KOH) = = 0,4 дм³ · 0,2 моль/дм³ = 0,08 моль.

2. Вылічым масу KOH:

$$m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = 0{,}08 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 4{,}48 \text{ г}.$$

Адказ: m(KOH) = 4,48 г.

Газападобныя рэчывы адрозніваюцца па сваёй растваральнасці ў вадзе. Напрыклад, максімальныя аб'ёмы аміяку NH_3 і кіслароду O_2, якія можна растварыць у вадзе аб'ёмам 1 дм³ (20 °C), складаюць 702 дм³ і 0,031 дм³. Выходзячы з аб'ёму растворанага газу, можна знайсці яго хімічную **колькасць, а затым — малярную канцэнтрацыю растворанага** рэчыва:

$$n(\text{X}) = \frac{V(\text{X})}{V_m}; \quad c(\text{X}) = \frac{n(\text{X})}{V(\text{раствору})}.$$

Прыклад 3. *Хлоравадарод аб'ёмам (н. у.) 201,6 дм³ растварылі ў вадзе і атрымалі раствор аб'ёмам 2 дм². Разлічыце малярную канцэнтрацыю HCl у гэтым растворы.*

Дадзена:	Рашэнне
V(раствору) = 2 дм³ V(HCl) = 201,6 дм³	1. Вылічым хімічную колькасць растворанага HCl:
c(HCl) — ?	n(HCl) = V(HCl) : V_m = = 201,6 дм³ : 22,4 дм³/моль = 9 моль.

2. Разлічым малярную канцэнтрацыю хлоравадароду па формуле:

$$c(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) : V(\text{раствору}) = 9 \text{ моль} : 2 \text{ дм}^3 = 4{,}5 \text{ моль/дм}^3.$$

Адказ: c(HCl) = 4,5 моль/дм³.

Правообладатель Народная асвета

Пытанні і заданні

1. Што паказвае малярная канцэнтрацыя рэчыва ў растворы?
2. Чым адрозніваецца малярная канцэнтрацыя растворанага рэчыва ад яго масавай долі ў растворы?
3. Як зменіцца малярная канцэнтрацыя рэчыва ў растворы, калі да яго дабавіць порцыю вады?
4. У вашым распараджэнні ёсць хларыд кальцыю масай 44,4 г. Які аб'ём раствору з малярнай канцэнтрацыяй 0,2 моль/дм^3 можна прыгатаваць з гэтай солі?
5. Вызначце масу кухоннай солі, якая змяшчаецца ў яе растворы аб'ёмам 1,2 дм^3 з малярнай канцэнтрацыяй солі 0,01 моль/дм^3.
6. Як прыгатаваць раствор з малярнай канцэнтрацыяй гідраксіду натрыю 1,2 моль/дм^3, калі ў вашым распараджэнні ёсць мерная колба аб'ёмам 0,5 дм^3?
7. У аптэчным флаконе ёднай настойкі аб'ёмам 10 см^3 змяшчаецца ёд масай 0,50 г. Разлічыце малярную канцэнтрацыю ёду.

Рыхтуемся да алімпіяд. У працэсе прыгатавання раствору з малярнай канцэнтрацыяй рэчыва 0,3 моль/дм^3 быў выкананы наступны парадак дзеянняў: спачатку мерная колба была напоўнена вадой да меткі 1 дм^3, а затым у яе ўсыпалі рэчыва хімічнай колькасцю 0,3 моль. Ці правільна было выканана заданне? Большай або меншай будзе канцэнтрацыя атрыманага раствору? Назавіце дапушчаныя памылкі.

Практычная работа 4

Прыгатаванне раствору з зададзенай масавай доляй і малярнай канцэнтрацыяй растворанага рэчыва

Мэта работы: пазнаёміцца са спосабам прыгатавання раствору з зададзенай масавай доляй і малярнай канцэнтрацыяй растворанага рэчыва; замацаваць веды аб колькасным выражэнні саставу растворaў; паўтарыць асноўныя правілы паводзін і работы ў хімічнай лабараторыі.

Ход работы:

1. Прыгатаванне раствору з зададзенай масавай доляй рэчыва.

а) Разлічыце масы рэчыва і вады, неабходныя для прыгатавання раствору з зададзенай масавай доляй растворанага рэчыва.

б) Узважце разлічаную масу рэчыва і акуратна ўсыпце яго ў колбу.

Правообладатель Народная асвета

в) Адмерайце мерным **цыліндрам патрэбны аб'ём вады, арыентуючыся** па ніжнім меніску вадкасці. Паколькі шчыльнасць вады роўна 1 г/см^3, то аб'ём вады (см^3) будзе колькасна роўны яе масе.

г) У колбу з прыгатаванай навескай павольна ўліце адмераную колькасць вады, пастаянна перамешваючы да поўнага растварэння рэчыва.

2. Разбаўленне прыгатаванага раствору.

а) Адмерайце мерным цыліндрам ваду аб'ёмам 50 см^3 (гэта будзе 50 г) і прыліце да раней прыгатаванага раствору. Павялічылася ці паменшылася пры гэтым масавая доля растворанага рэчыва ў растворы?

б) Разлічыце масавую долю растворанага рэчыва ў растворы пасля яго разбаўлення.

3. Прыгатаванне раствору з зададзенай малярнай канцэнтрацыяй рэчыва.

а) Разлічыце масу рэчыва, неабходную для прыгатавання раствору.

б) *Уважліва назірайце за тым, як настаўнік гатуе раствор неабходнай малярнай канцэнтрацыі:*

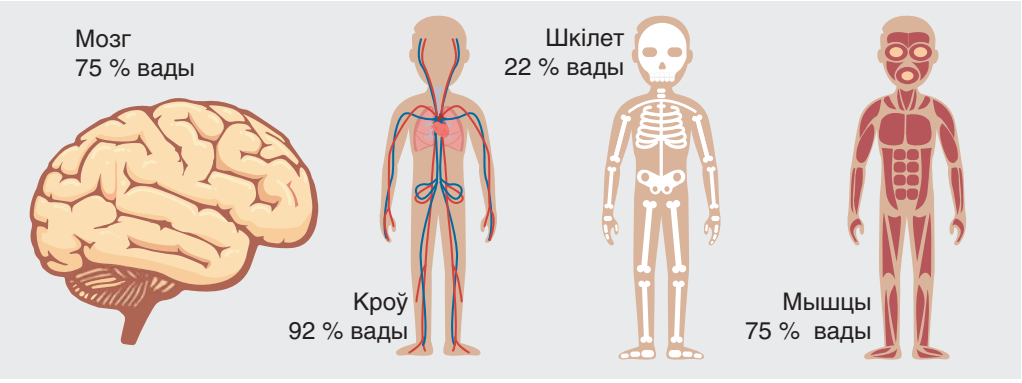
- узважвае неабходную масу рэчыва і пераносіць у мерную колбу;
- растварае рэчыва ў невялікай колькасці вады;
- даводзіць аб'ём раствору да зададзенага, падліваючы ваду.

§ 52. Вада і растворы ў жыцці і дзейнасці чалавека

Разам з паветрам і глебай вада з'яўляецца галоўнай састаўной часткай асяроддзя, у якім жыве чалавек. Вада — наша галоўнае багацце, яе немагчыма нічым замяніць. Бо, як вы ўжо ведаеце, чалавечы арганізм больш чым напалавіну складаецца з вады (мал. 115, с. 230).

Чалавек не можа жыць без вады. Калі без ежы чалавек можа пражыць больш за месяц, то без вады — усяго некалькі дзён. З удзелам вады адбываюцца практычна ўсе асноўныя біяхімічныя працэсы ў жывёльных і раслінных арганізмах. Клетачны сок, які запаўняе клеткі жывых арганізмаў, уяўляе сабой раствор розных пажыўных і біялагічна актыўных рэчываў у вадзе. У гэтым растворы і адбываюцца ўсе найважнейшыя хімічныя рэакцыі, якія забяспечваюць жыццядзейнасць арганізмаў.

Правообладатель Народная асвета

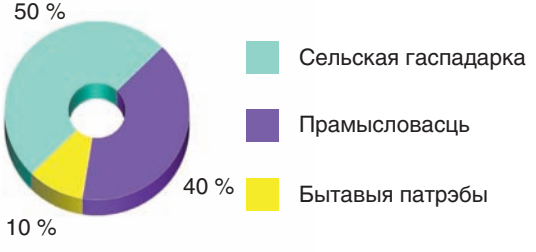


Мал. 115. Наяўнасць вады ў арганізме чалавека

Геалагічныя працэсы, глебаўтварэнне таксама немагчымы без вады. Велізарную колькасць вады і **растваў выкарыстоўваюць прамысловасць** і сельская гаспадарка. Па **ацэнках вучоных, у свеце штодзённа** расходуецца ў сярэднім больш за 5 м^3 вады на чалавека: сюды ўваходзяць расходы на асабістыя патрэбы, сельскую гаспадарку і прамысловасць (мал. 116).

На нашай планеце ёсць салёная (марская) і прэсная вада. Доля прэснай вады складае ўсяго 2,7 %, з якіх больш за 2 % засяроджана ў палярных льдах і ледніках. У сувязі з недахопам прэснай вады ў апошнія гады распрацаваны праекты транспарціроўкі айсбергаў (мал. 117) з раёнаў Паўночнага і Паўднёвага полюсаў непасрэдна да спажыўцоў вады. Аднак гэтыя праекты пакуль не рэалізаваны.

Усе прыродныя воды з'яўляюцца растворамі. Яны маюць велізарнае значэнне для прыроды і жыцця чалавека. З прыродных водных растваў **утварыліся горныя пароды і глебы. Расліны бяруць усе неабходныя** для іх рэчывы з глебы толькі ў выглядзе растваў. Засваенне ежы чалавекам і жывёламі таксама адбываецца ў растваральным выглядзе. Хімічныя рэакцыі як у лабараторыі, так і на вытворчасці працякаюць хутчэй, калі рэчывы, якія рэагуюць, знаходзяцца ў растваральным стане. Многія лекавыя прэпараты прымяняюцца ў выглядзе водных растваў.



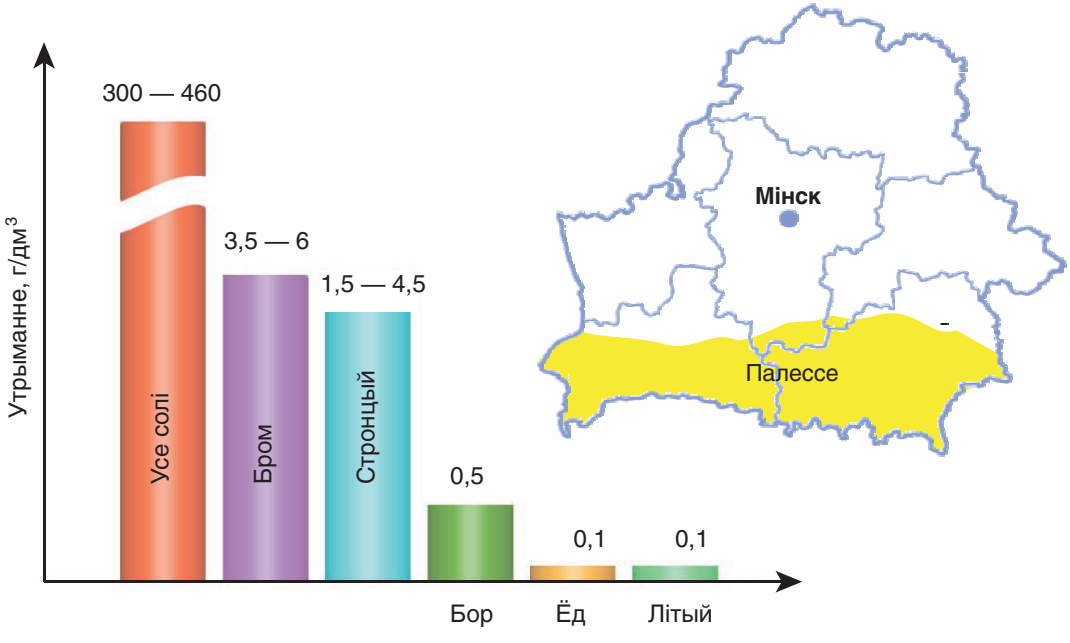
Мал. 116. Расход вады на розныя патрэбы

Правообладатель Народная асвета

Па велічыні масавай долі раствораных солей (г. зн. па мінералізацыі) прыродныя воды падзяляюцца на прэсныя (пітныя), мінеральныя і расолы. У прэснай вадзе мінералізацыя не павінна перавышаць 0,1 %. У мінеральных водах утрыманне раствораных солей дасягае 4 %. Мінералізацыя вод расолаў дасягае некалькіх дзясяткаў працэнтаў.

Мал. 117. Айсберг — крыніца прэснай вады

У нашай краіне маецца больш за 200 радовішчаў падземных вод і звыш 60 крыніц мінеральных вод. Расолы, якія залягаюць на вялікай глыбіні (2—4 км) на поўдні Беларусі (ва ўсходняй частцы Палесся), захоўваюць велізарныя запасы солей розных металаў, у тым ліку і вельмі рэдкіх. Гэта вельмі перспектыўная **крыніца прамысловага атрымання некаторых каштоўных рэчываў**, перш за ўсё брому і ёду (мал. 118).

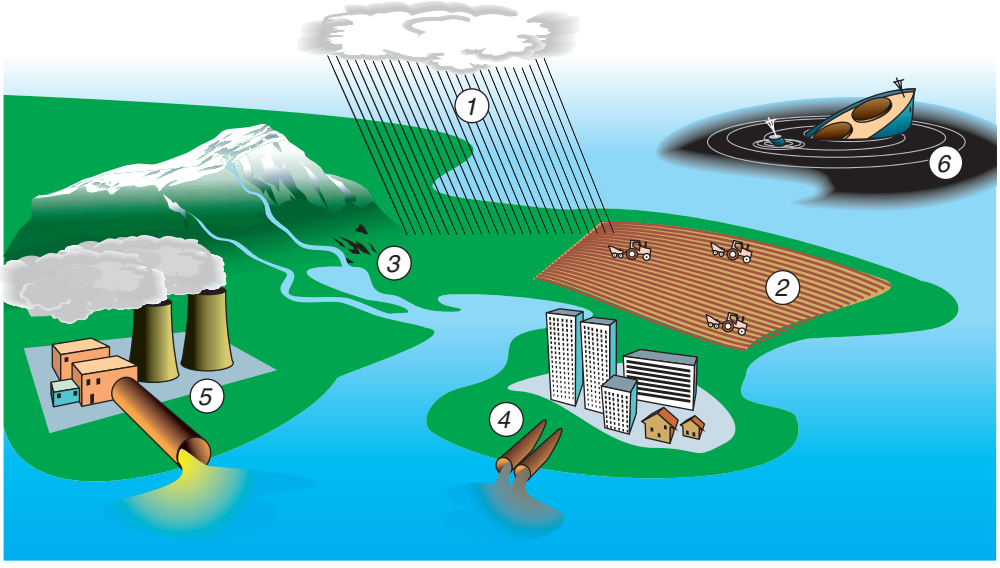


Мал. 118. Састаў расолаў усходняй часткі Палесся

Правообладатель Народная асвета

Праблема якасці вады

Ці трэба берагчы ваду? На першы погляд здаецца, што на Зямлі вады дастаткова. На самай справе крыху больш за 1 % ад агульнай колькасці вады чалавек выкарыстоўвае для сваіх патрэб, таму што асноўная частка вады на планеце салёная. Для таго каб яе выкарыстоўваць у быце і прамысловасці, неабходна пазбавіцца ад солей, якія ў ёй знаходзяцца. Гэту ваду нельга піць, яна не падыходзіць для многіх тэхнічных мэт.



Мал. 119. Асноўныя крыніцы забруджвання вады: *1* — кіслотныя дажджы, *2* — мінеральныя ўгнаенні і сродкі аховы раслін, *3* — адвалы горных парод і адходаў вытворчасцей, звалкі смецця, *4* — бытавыя сцёкі, *5* — прамысловыя адходы, *6* — катастрофы нафтаналіўных суднаў

Запасы прэснай вады ў прыродзе абмежаваныя. Яе ўжо не хапае ў многіх рэгіёнах свету. Прыгоднасць вады для піцця, выкарыстання ў быце і прамысловасці залежыць ад яе якасці: празрыстасці, афарбоўкі, смаку, паху, электраправоднасці, жорсткасці, наяўнасці прымесей. На жаль, вада ў прыродзе ўсё больш забруджваецца самымі рознымі адходамі жыццядзейнасці чалавека. На малюнку 119 паказаны асноўныя шляхі забруджвання вадаёмаў — крыніц прэснай вады. Цвёрдыя адходы робяць ваду непразрыстай для сонечнага святла, што прыводзіць да парушэння працэсу фотасінтэзу. Лішкавая колькасць у вадзе нітратаў і фасфатаў выклікае ўзмоцнены рост у вадаёмах водарасцей і балотных раслін

Правообладатель Народная асвета

(мал. 120). У рэшце рэшт гэта прыводзіць да парушэння экалагічнай раўнавагі ў вадаёмах.

Многія з адходаў, якія забруджваюць вадаёмы, утрымліваюць вельмі таксічныя рэчывы, здольныя назапашвацца ў арганізмах жывёл, а затым па ланцугу харчавання пападаць і да чалавека. У забруджаных вадаёмах гінуць расліны, жывёлы. Вада, выпараючыся з паверхні вадаёмаў, утварае ў атмасферы аблокі, якія насычаюцца адходамі прамысловых прадпрыемстваў і транспарту. З іх на зямлю выпадаюць ападкі ў выглядзе растворaў кіслот (кіслотныя дажджы), якія небяспечныя для ўсяго жывога. Вызначана, што перавышэнне дапушчальнага ўзроўню нітратаў, цяжкіх металаў, некаторых арганічных рэчываў у пітной вадзе можа прыводзіць да ўзнікнення шэрага захворванняў.

Таму вельмі важна берагчы ваду, расходаваць яе эканомна, не забруджваць.

Для таго каб эканоміць ваду, не дапускаць непатрэбных трат, вучоныя распрацоўваюць розныя спосабы скарачэння яе расходу ў сельскай гаспадарцы, прамысловасці, быце. Для гэтага на вытворчасці ствараюць замкнутыя цыклы выкарыстання вады, тэхналогіі эканомнага выкарыстання і паляпшаюць спосабы яе ачысткі (мал. 121).

Давайце будзем берагчы ваду, закрываць краны, эканомна яе расходаваць, не засмечваць вадаёмы, клапаціцца аб захаванні чысціні крыніц чыстай вады!

Кожны чалавек павінен памятаць аб неабходнасці эканоміі вады, каб нашым нашчадкам не давялося калі-небудзь застацца без гэтага самага важнага рэчыва на Зямлі.

Мал. 120. Водарасці ў вадаёме, забруджаным фосфарнымі ўгнаеннямі

Мал. 121. Збудаванні прамысловай ачысткі вады

Правообладатель Народная асвета

Акрамя вады, у якасці растваральнікаў выкарыстоўваюць так званыя арганічныя растваральнікі — бензін, спірт, ацэтон і іншыя вадкасці, з якімі вы ўжо сутыкаліся ў быце. **Напрыклад, тлушч не растворацца ў вадзе, але лёгка растворацца ў бензіне.** Таму тлустыя плямы з тканіны выдаляюць («выводзяць») бензінам. Крышталічны ёд у вадзе таксама практычна не растворацца, таму вядомы вам аптэчны раствор ёду **рыхтуюць растварэннем яго ў спірце. Для растварэння лакаў шырока** выкарыстоўваюцца ацэтон і іншыя растваральнікі.

Арганічныя растваральнікі прымяняюцца пры вытворчасці лакафарбавых матэрыялаў. Праўда, у апошні час яны ўсё часцей замяняюцца водаэмульсійнымі фарбамі. Гэта звязана з тым, што арганічныя растваральнікі ў працэсе высыхання фарбаў выпараюцца, забруджваючы пры гэтым навакольнае асяроддзе.

У медыцыне няводныя растваральнікі выкарыстоўваюцца пры прыгатаванні лекавых сродкаў, напрыклад розных спіртавых настоек.

Арганічныя растваральнікі шырока прымяняюцца для вылучэння алеяў з насення раслін. Напрыклад, атрыманы такім спосабам рапсавы алей у апошнія гады пачынаюць выкарыстоўваць не толькі ў харчовай прамысловасці, але і ў якасці альтэрнатыўнага паліва ў рухавіках унутранага згарання.

Вада і растворы адыгрываюць важную ролю ў прыродзе, жыцці і дзейнасці чалавека.

Запасы прэснай вады ў прыродзе абмежаваныя, таму ваду трэба берагчы, расходаваць эканомна і не дапускаць забруджвання вадаёмаў.

? Пытанні і заданні

1. Якую ролю адыгрывае вада ў прыродзе і ў жыцці чалавека?
2. Вядома, што працяглае ўжыванне дыстыляванай вады шкодна для арганізма. Як вы думаеце чаму?
3. Разлічыце страты вады ў кватэры за суткі, калі з няшчыльна закрытага крана выцякае вада аб'ёмам 1 дм^3 у мінуту.
4. Разлічыце, колькі вады вы павінны атрымліваць з ежай у дзень, калі для захавання воднага балансу чалавеку неабходна вада масай 40 г на 1 кг масы цела. Выканайце такія разлікі для ўсіх членаў вашай сям'і.
5. Прывядзіце прыклады водных і няводных растворaў, якія выкарыстоўваюцца ў паўсядзённым жыцці.

Правообладатель Народная асвета

ПРАДМЕТНЫ ПАКАЗАЛЬНИК

А

Аднаўленне 185
Адносная атамная маса 7, 136
— малекулярная маса 13
— формульная маса 14
Адноўнік 185
Акісленне 184
Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі 187, 188
Акісляльнік 185
Аксіды 46
— амфатэрныя 117
— кіслотныя 48, 51
— асноўныя 48, 53
Амфатэрнае злучэнне 116
Асновы 75
— нерастваральныя 76
— растваральныя 76
Атам 6,132
— будова 132
— ядзерная мадэль 132
Атамная арбіталь 141
Атамны нумар 127, 133
Аэразолі 200, 201

В

Вада 58, 204, 232
— будова малекулы 205, 206
Валентнасць 12
Высакародныя газы 9, 122

Г

Галагенавадароды 120
Галагены 120
Гідраксіды 101
Гідраты 101
Групы хімічных элементаў 127, 128

Д

Дым 200
Дыполь 172

З

Завісь 197
Зарад ядра атама 133, 134
Злучэнні іонныя 169, 170

І

Ізатопы 138
Індыкатары 64, 114
Іоны 169

К

Кіслоты 60, 61, 62
— бескіслародныя 62
— кіслародзмяшчальныя 61
— двухасноўныя 61
— аднаасноўныя 61
— трохасноўныя 61
Класіфікацыя хімічных элементаў 113
Крывыя растваральнасці 217
Крышталічная рашотка 175
Крышталегідраты 207
Крышталі 174
— атамныя 175
— іонныя 170, 176
— металічныя 176
— малекулярныя 172
Крышталічная структура 174

Л

Лакмус 114

М

Малекула 9
Малярная канцэнтрацыя рэчыва 225
Малярная маса 22, 23
Малярны аб'ём 24, 25
Масавая доля растворанага рэчыва 220, 221
Метыларанж 114
Міжмалекулярнае ўзаемадзеянне 172

Правообладатель Народная асвета

Н

Нейтроны 133
Нукліды 136
— стабільныя 138, 139
— радыеактыўныя 139

П

Пастаянная Авагадра 20
Пена 198, 199, 200
Перыяды 127, 128
Перыядычная сістэма хімічных элементаў 127
Перыядычны закон 126
Пратоны 133

Р

Радыеактыўнасць 132, 139
Радыенукліды 139
Растваральнасць 210
Растваральнік 204
Растворанае рэчыва 204
Растворы 204, 205
— канцэнтраваныя 217, 218
— насычаныя 215, 216
— ненасычаныя 215
— разбаўленыя 217, 218
Рэчывы 6, 10
— неарганічныя 11
— арганічныя 11
— простыя 10, 101
— складаныя 10
Сістэматызацыя хімічных элементаў 113
Солі 86, 87
— нерастваральныя 88
— растваральныя 88
Сплавы 196
Ступень акіслення 180
Сумесі рэчываў 196
— аднародныя 196
— неаднародныя 197, 201
Суспензіі 197, 201

Т

Табліца растваральнасці 210
Тыпы хімічных рэакцый 35

Ф

Фенолфталеін 78, 86, 114
Формулы графічныя 162
— структурныя 162
Формульная адзінка 12, 20

Х

Хімічнай сувязі прырода 158, 159
— тыпы 159
Хімічная колькасць рэчыва 17
Хімічная сувязь 158
— двайная 163
— іонная 159, 169
— кавалентная 159, 160, 161
— кратная 162
— металічная 159, 172
— адзінарная 162
— трайная 163
Хімічная формула 11
Хімічны элемент 6, 138

Ш

Шчолачы 76, 77

Э

Электраадмоўнасць 165
Электроннае воблака 141
Электронная абалонка 143
Электронная формула 161
Электронная шчыльнасць 160
Электронны слой 143
Электроны 132
— валентныя 146
— няспараныя 142
— спараныя 142
Эмульсія 197, 198, 201

Я

Ядро атама 132

Правообладатель Народная асвета

АДКАЗЫ

§ 1. **10.** $1{,}661 \cdot 10^{-24}$ г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** Сера.
§ 2. **10.** У 10 разоў. **11.** H_3PO_4, у 1,56 раза. **12.** P_4 — 124; HCl — 36,5; SO_3 — 80; H_2CO_3 — 62.
§ 3. **5.** а) Павялічыцца ў 5 разоў; б) паменшыцца ў 7 разоў.
§ 4. **5.** а) $1{,}51 \cdot 10^{24}$ малекул; б) $3{,}31 \cdot 10^{23}$ атамаў; в) $2{,}76 \cdot 10^{25}$ малекул; г) $9 \cdot 10^{22}$ форм. адз. **6.** Аднолькавы лік малекул; розная маса. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 2 моль.
§ 5. **2.** 192 г/моль. **6.** 224 дм^3. **7.** а) 48 г/моль; б) 28 г/моль; в) 98 г/моль; г) 102 г/моль.
§ 6. **1.** а) 822,22 моль; б) 4,52 моль; в) 0,0118 моль; г) $8{,}71 \cdot 10^5$ моль. **2.** а) 441 г; б) 73,6 г; в) 3,9 г; г) 88 кг. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 0,769 моль.
§ 7. **1.** а) 12,544 м^3; б) 53,76 дм^3; в) 1,79 дм^3; г) 286,72 дм^3. **2.** а) 4,46 моль; б) 0,089 моль. **3.** $2{,}02 \cdot 10^{24}$. **4.** 194 дм^3. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 51,04 кг.
§ 9. **1.** а) 4 моль; б) 12 моль; в) 18 моль; г) 12 моль. **3.** 60 дм^3. **4.** 50 м^3. **5.** 29 г. **6.** N_2 — 329,4 дм^3; H_2 — 988,2 дм^3. **7.** 140 дм^3. **8.** 35 г; 7,84 дм^3; 0,7 моль. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 437,47 кг; 306,23 м^3.
§ 10. **9.** Вуглярод C. **10.** 71,2 г. **11.** 8,96 дм^3.
§ 11. **6.** 19 г. **7.** 148 г. **8.** P_2O_5 — 14,2 г; KOH — 33,6 г. **9.** 2,24 дм^3; 10 г. **10.** 16,8 г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 46,2 %.
§ 12. **9.** 12,4 г; 11,2 дм^3. **10.** 803,6 г. **11.** 21,4 г. **12.** 25 г.
§ 13. **6.** 1,62 моль. **7.** 0,2 моль. **8.** 38,5 г. **9.** H_2SO_4 — 9,8 г; HNO_3 — 6,3 г. **10.** H_2CO_3. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 0,66 моль.
§ 14. **9.** 19,6 г. **10.** 6,72 дм^3. **11.** 48,4 г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 29,4 г.
§ 15. **9.** 4,48 дм^3. **10.** 23,4 г. **11.** 49 г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 12,6 г.
§ 16. **5.** $Mg(OH)_2$, 55,2 %. **6.** 78 г/моль. **9.** 336,4 г. **10.** 41,6 г. **11.** 0,6 моль. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 14,5 г.
§ 17. **10.** 19,6 г. **11.** 4,48 дм^3; 16 г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 16 г; 0,2 моль.
§ 18. **8.** 9,2 г; 4,48 дм^3. **9.** 13,5 г; 55,5 г. **10.** 65 г. **11.** 1,56 г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 27 г.
§ 19. **5.** 20,2 %; 15,8 %. **6.** Na. **8.** 184 г. **9.** 0,4 моль. **10.** 1169,64 г. **11.** 0,3 моль. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 20,2 %.
§ 20. **9.** 11,2 г. **10.** 3,36 дм^3. **11.** 0,4 моль; 8,96 дм^3. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 16,8 г.
§ 21. **9.** Na_2SO_4 — 5,68 г; $Ba(NO_3)_2$ — 10,44 г. **10.** H_2SO_4 — 58,8 г; Fe_2O_3 — 32 г. **11.** 40,8 г; 0,24 моль. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 0,6 моль.
§ 22. **10.** 0,01 моль; 0,8 г. **11.** 11,2 дм^3. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 10 г; 0,2 моль.
§ 23. **1.** 44 г. **2.** 24,8 г; 22,4 дм^3. **3.** 6,72 г. **4.** 96,2 г; 29,12 дм^3. **5.** 34,2 г. **6.** 31,5 г. **7.** KOH — 0,9 моль; P_2O_5 — 0,15 моль. **8.** 10,8 г. **9.** 6,72 дм^3; 33,6 г. **10.** 11,7 г. **11.** 12,32 дм^3. **Рыхтуемся да алімпіяд.** Cu; 29,4 г.
§ 24. **6.** На 22 г. **7.** 0,54 г.
§ 25. **5.** 0,4 моль; 22,4 г.
§ 26. **8.** 92 г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** Барый.
§ 27. **6.** а) 39,2 г; б) 98 г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 76 г.
§ 29. **Рыхтуемся да алімпіяд.** $8{,}43 \cdot 10^{23}$.
§ 31. **6.** 8,96 дм^3.
§ 35. **9.** Сера. **Рыхтуемся да алімпіяд.** Літый.
§ 46. **9.** 2,5 моль; 61,5 %. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 1008,5 г.
§ 47. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 200 моль.
§ 48. **10.** 388 г; 72 г. **11.** 23,3 г. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 260 г.
§ 49. **Рыхтуемся да алімпіяд.** 434,75 г.
§ 50. **3.** 40 %. **4.** 10 г. **5.** 3162 см^3; 238 г. **6.** 20 %. **7.** 45 г. **8.** 10 %. **9.** 13,6 %. **Рыхтуемся да алімпіяд.** Дабавіць ваду аб'ёмам 4044,4 см^3.
§ 51. **4.** 2 дм^3. **5.** 0,7 г. **6.** NaOH — 24 г. Дабавіць ваду да аб'ёму 500 см^3. **7.** 0,197 моль/дм^3.
§ 52. **3.** 1440 дм^3.

Правообладатель Народная асвета

ЗМЕСТ

Ад аўтараў 3

Паўтарэнне асноўных пытанняў курса хіміі 7 класа. Колькасныя паняцці ў хіміі

§ 1. Атамы. Хімічныя элементы. Адносная атамная маса 6
§ 2. Малекулы. Простыя і складаныя рэчывы. Хімічныя формулы. Адносная малекулярная маса 9
§ 3. Хімічная колькасць рэчыва 15
§ 4. Моль — адзінка хімічнай колькасці рэчыва. Пастаянная Авагадра 18
§ 5. Малярная маса. Малярны аб'ём газаў 22
§ 6. Вылічэнне хімічнай колькасці рэчыва па яго масе і масы рэчыва па яго хімічнай колькасці 26
§ 7. Вылічэнне хімічнай колькасці газу па яго аб'ёме і аб'ёму газу па яго хімічнай колькасці 29
Практычная работа 1. Хімічная колькасць рэчыва 32
§ 8. Хімічныя рэакцыі 34
§ 9. Колькасныя разлікі па ўраўненнях хімічных рэакцый 38

Глава 1. Важнейшыя класы неарганічных злучэнняў

§ 10. Аксіды. Састаў і класіфікацыя аксідаў 46
§ 11. Хімічныя ўласцівасці аксідаў 49
§ 12. Атрыманне і прымяненне аксідаў 55
§ 13. Кіслоты. Састаў і класіфікацыя кіслот 60
§ 14. Хімічныя ўласцівасці кіслот 64
§ 15. Атрыманне і прымяненне кіслот 70
§ 16. Асновы 75
§ 17. Хімічныя ўласцівасці асноў 78
§ 18. Атрыманне і прымяненне асноў 82
Лабараторны доследзіў 1. Атрыманне нерастваральнай асновы 84
Практычная работа 2. Вывучэнне рэакцый нейтралізацыі 85
§ 19. Солі. Састаў і класіфікацыя солей 86
§ 20. Хімічныя ўласцівасці солей 89
Лабараторны доследзіў 2. Узаемадзеянне растворaў солей з металамі 93
§ 21. Атрыманне і прымяненне солей 94
§ 22. Узаемасувязь паміж асноўнымі класамі неарганічных рэчываў 100
Практычная работа 3. Рашэнне эксперыментальных задач 105
§ 23. Рашэнне разліковых задач па тэме «Асноўныя класы неарганічных злучэнняў» . . . . . —

Глава 2. Перыядычны закон і перыядычная сістэма хімічных элементаў

§ 24. Сістэматызацыя хімічных элементаў 112
§ 25. Паняцце аб амфатэрнасці 115
Лабараторны доследзіў 3. Атрыманне гідраксіду цынку і вывучэнне яго амфатэрных уласцівасцей 117

Правообладатель Народная асвета

§ 26. Натуральныя сем'і элементаў 119
§ 27. Перыядычны закон Д. І. Мендзялеева 123
§ 28. Перыядычная сістэма хімічных элементаў 127

Глава 3. Будова атама і перыядычнасць змены ўласцівасцей атамаў хімічных элементаў і іх злучэнняў

§ 29. Будова атама. Атамны нумар хімічнага элемента 132
§ 30. Масавы лік атама. Нукліды 135
§ 31. Ізатопы. З'ява радыеактыўнасці 138
§ 32. Стан электронаў у атаме. Электроннае воблака. Атамная арбіталь 140
§ 33. Будова электронных абалонак атамаў 143
§ 34. Перыядычнасць змянення ўласцівасцей атамаў хімічных элементаў 147
§ 35. Характарыстыка хімічнага элемента па яго становішчы ў перыядычнай сістэме 153

Глава 4. Хімічная сувязь

§ 36. Прырода хімічнай сувязі 158
§ 37. Кавалентная сувязь 160
§ 38. Непалярная і палярная кавалентная сувязь. Электраадмоўнасць 164
Лабараторны дослед 4. Складанне мадэлей малекул 167
§ 39. Іонная сувязь 168
§ 40. Металічная сувязь. Міжмалекулярнае ўзаемадзеянне 171
§ 41. Крышталічны стан рэчыва 174

Глава 5. Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі

§ 42. Ступень акіслення 180
§ 43. Працэсы акіслення і аднаўлення 183
§ 44. Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі 187
§ 45. Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі вакол нас 190

Глава 6. Растворы

§ 46. Сумесі рэчываў 196
§ 47. Растварэнне рэчываў у вадзе 204
§ 48. Характарыстыкі растваральнасці рэчываў 209
§ 49. Якасныя характарыстыкі саставу растворaў 215
§ 50. Колькасныя характарыстыкі саставу растворaў. Масавая доля растворанага рэчыва 220
§ 51. Малярная канцэнтрацыя растворaных рэчываў 225
Практычная работа 4. Прыгатаванне раствору з зададзенай масавай доляй і малярнай канцэтрацыяй растворанага рэчыва 228
§ 52. Вада і растворы ў жыцці і дзейнасці чалавека 229

Прадметны паказальнік 235
Адказы 237

Правообладатель Народная асвета

(Назва і нумар установы адукацыі)

Навучальны год	Імя і прозвішча навучэнца	Стан вучэбнага дапаможніка пры атрыманні	Адзнака навучэнцу за карыстанне вучэбным дапаможнікам
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			

Вучэбнае выданне

Шымановіч Ігар Яўгенавіч
Красіцкі Васіль Анатольевіч
Сячко Вольга Іванаўна
Хвалюк Віктар Мікалаевіч

ХІМІЯ

Вучэбны дапаможнік для 8 класа
ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі
з беларускай мовай навучання

Заг. рэдакцыі *Г. А. Бабаева.* Рэдактар *А. У. Ліцвіновіч.* Мастацкі рэдактар *А. І. Рэзановіч.* Тэхнічнае рэдагаванне і камп'ютарная вёрстка *Л. І. Шаўко.* Карэктары *В. С. Казіцкая, А. П. Тхір, В. С. Бабеня, Г. В. Алешка.*

Падпісана ў друк 12.07.2018. Фармат $70\times90^{1}/_{16}$. Папера афсетная. Гарнітура школьная. Друк афсетны. Умоўн. друк. арк. 17,55+0,29 форз. Ул.-выд. арк. 14,14+0,36 форз. Тыраж 16 000 экз. Заказ .

Выдавецкае рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Народная асвета» Міністэрства інфармацыі Рэспублікі Беларусь. Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў 1/2 ад 08.07.2013. Пр. Пераможцаў, 11, 220004, Мінск, Рэспубліка Беларусь.

ААТ «Паліграфкамбінат імя Я. Коласа». Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 2/3 ад 04.10.2013. Вул. Каржанеўскага, 20, 220024, Мінск, Рэспубліка Беларусь.

Правообладатель Народная асвета

ТАБЛІЦА РАСТВАРАЛЬНАСЦІ СОЛЕЙ, КІСЛОТ І АСНОЎ У ВАДЗЕ

АНІЁНЫ	К А Т Ы Ё Н Ы																	
	K^+	Na^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	NH_4^+	Ag^+	Mg^{2+}	Pb^{2+}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Al^{3+}	Cr^{3+}	Fe^{3+}	H^+	
I^-	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Н	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р	–	Р	Моцныя кіслоты
Br^-	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	
Cl^-	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	
NO_3^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	
SO_4^{2-}	Р	Р	Н	М	Р	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	
SO_3^{2-}	Р	Р	Н	Н	Р	Н	М	Н	Н	Н	М	Н	–	–	–	–	Р	Слабыя кіслоты
F^-	Р	Р	М	Н	Р	Р	Н	Н	М	М	Р	Р	–	М	Р	М	Р	
NO_2^-	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	–	–	–	–	–	–	–	–	Р	
$HCOO^-$	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	
CH_3COO^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	
PO_4^{3-}	Р	Р	Н	Н	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Р	
CO_3^{2-}	Р	Р	Н	Н	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	–	Р	
S^{2-}	Р	Р	Р	М	Р	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	М	
SiO_3^{2-}	Р	Р	Н	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	–	–	Н	
OH^-	Р	Р	Р	М	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	Н	Н	H_2O	
	Моцныя асновы				*Слабыя асновы*													

Р – *растваральныя*

Н – *нерастваральныя*

М – *малярастваральныя*

– – *не існуюць або раскладаюцца вадой*

Рад актыўнасці металаў

Аднаўленчыя ўласцівасці ўзмацняюцца

K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H_2)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
K^+	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Ni^{2+}	Sn^{2+}	Pb^{2+}	(H_2)	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Ag^+	Pt^{2+}	Au^{3+}

Акісляльныя ўласцівасці ўзмацняюцца