

Лабораторны дослед 4. Выпрабаванне індыкатарам раствораў вадародных злучэнняў неметалаў

У трох пранумараваных прабірках знаходзяцца водныя растворы растваральных у вадзе лятучых вадародных злучэнняў азоту і хлору, а таксама дыстыляваная вада. З дапамогай індыкатара вызначце змесціва кожнай з прабірак, патлумачце адпаведнымі ўраўненнямі дысацыяцыі рэчываў.

§ 30. Галагены

Галагены як хімічныя элементы

9	F	фтор
7 2		
$1s^2 2s^2 2p^5$		18,9984
17	Cl	хлор
7 8 2		
$[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$		35,4527
35	Br	бром
7 18 8 2		
$[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^5$		79,904
53	I	ёд
7 18 18 8 2		
$[\text{Kr}] 4s^2 3d^{10} 4p^5$		126,90447

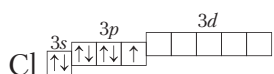
Да галагенаў адносяць пяць элементаў VIIA-групы перыядычнай сістэмы: фтор F, хлор Cl, бром Br, ёд I і астат At.

Атамы галагенаў утрымліваюць па 7 электронаў на знешнім электронным слоі, агульная электронная канфігурацыя якога $ns^2 np^5$, гэта значыць галагены з'яўляюцца p -элементамі (Дадатак 1). Электронна-графічныя схемы знешняга электроннага слоя атамаў фтору і хлору выглядаюць наступным чынам:

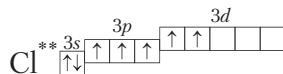


Пры гэтым на знешнім электронным слоі ў атама фтору чатыры арбіталі, а атамы астатніх галагенаў змяшчаюць яшчэ пяць незапоўненых d -арбіталей.

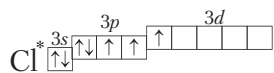
Фтор як самы электраадмоўны элемент у злучэннях праяўляе толькі адмоўную ступень акіслення -1 . Характэрныя для іншых элементаў ступені акіслення (-1 , $+1$, $+3$, $+5$, $+7$) можна растлумачыць магчымасцю распарвання электронаў знешняга электроннага слоя. У выпадку атамаў хлору гэта выглядае так:



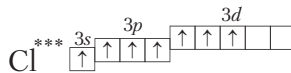
Ступені акіслення $+1$, -1 , 0



Ступень акіслення $+5$



Ступень акіслення $+3$



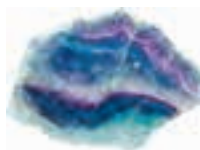
Ступень акіслення $+7$

Прыкладамі злучэнняў з рознымі ступенямі акіслення хлору могуць служыць вядомыя вам рэчывы: NaCl^{-1} (галіт), KClO_3^{+5} (берталетава соль), HClO_4^{+7} (хлорная кіслата).

У прыродзе галагены існуюць у выглядзе злучэнняў з іншымі элементамі (табл. 21, мал. 68). Фтор і хлор належаць да дваццаці самых распаўсюджаных элементаў у зямной кары.

Табліца 21. Хімічныя элементы галагены

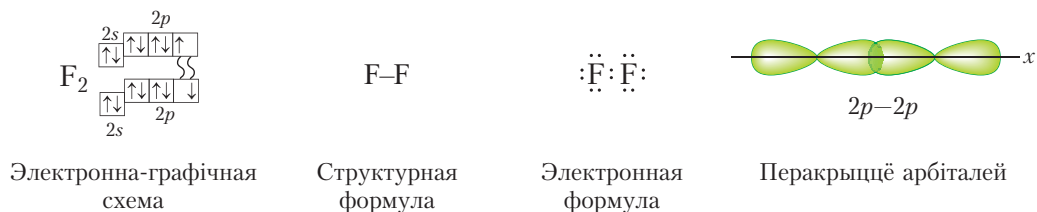
Элемент	Радыус атама, нм	χ	Ступені акіслення	Прыродныя злучэнні
Фтор ${}_{9}\text{F}$	0,071	4,0	-1, 0	CaF_2 (флюарыт, плавіковы шпат); $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ (крыяліт); $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$ (фторапатыт)
Хлор ${}_{17}\text{Cl}$	0,099	3,0	-1, 0, +1, +3, +5, +7	NaCl (каменная соль, галіт); KCl (сільвін); Сумесь NaCl і KCl (сільвініт); $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (карналіт)
Бром ${}_{35}\text{Br}$	0,114	2,8	-1, 0, +1, +3, +5, +7	NaBr , KBr , MgBr_2 — у адкладах хларыдаў; у марской вадзе ў выглядзе брамід-іонаў
Ёд ${}_{53}\text{I}$	0,133	2,5	-1, 0, +1, +3, +5, +7	KIO_3 (ёдат калію) — у адкладах чылійскай салетры, у падземных буравых водах, у марскіх водарасцях

Сільвініт
(сумесь NaCl і KCl)Карналіт
 $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Флюарыт
(плавіковы шпат)
 CaF_2 Крыяліт
 $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ Галіт
 NaCl

Мал. 68. Найважнейшыя прыродныя злучэнні галагенаў

Галагены як простыя рэчывы


Будова простых рэчываў. Простыя рэчывы галагены складаюцца з двух-атамных малекул, атамы ў якіх звязаны кавалентнай непалярнай σ -сувяззю (мал. 69).



Мал. 69. Малекула фтору

У радзе галагенаў $F_2 - Cl_2 - Br_2 - I_2$ з павелічэннем памераў малекул павялічваюцца сілы міжмалекулярнага ўзаемадзеяння, таму ў групе з павелічэннем атамнага нумара элемента павышаюцца тэмпературы плаўлення і кіпення простых рэчываў галагенаў. Так, пры пакаёвай тэмпературы фтор і хлор – газы, бром – вадкасць, ёд – цвёрдае рэчыва (табл. 22).

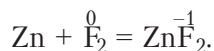
Табліца 22. Фізічныя ўласцівасці галагенаў

Рэчыва	Фтор F_2	Хлор Cl_2	Бром Br_2	Ёд I_2
Маштабныя мадэлі малекул				
$T_{пл.}, ^\circ C$	–220	–101	–7	+113,5
$T_{кп.}, ^\circ C$	–188	–34	+58	+184
Агрэгатны стан пры пакаёвай тэмпературы	Газ	Газ	Вадкасць	Цвёрдае рэчыва
Колер	Светла-жоўты	Жоўта- зялёны	Чырвона- буры	Цёмна-шэры
Пах	Рэзкі, раздражняльны	Рэзкі, задушлівы	Рэзкі, смуродны	Рэзкі

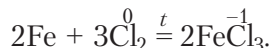
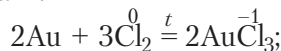
Растваральнасць у вадзе хлору, броду і ёду ўмераная. Іх водныя растворы, якія выкарыстоўваюцца ў лабараторнай практыцы, называюць хлорнай, бромавай і ёднай вадой. Растваральнасць галагенаў значна вышэйшая ў непалярных і малапалярных арганічных растваральніках — бензоле C_6H_6 , тэтрахлорметане CCl_4 , этаноле C_2H_5OH .

Хімічныя ўласцівасці

1. **Рэакцыі з металамі.** Найбольш актыўны з галагенаў фтор. Ужо пры пакаёвай тэмпературы ён рэагуе з большасцю металаў:



Хлор пры нагрыванні рэагуе з серабром, золатам, плацінай і іншымі металамі:



Для дасягнення заўважнай скорасці рэакцыі іншых галагенаў з металамі звычайна таксама патрабуецца папярэдняе нагрыванне металу.



Узаемадзеянне
алюмінію
з ёдам



Звернем увагу на тое, што простыя рэчывы хлор і бром з-за высокай акісляльнай здольнасці ўтвараюць з жалезам злучэнні $FeCl_3$, $FeBr_3$, у той час як дзеянне салянай кіслаты на жалеза прыводзіць да ўтварэння $FeCl_2$.

2. Рэакцыі з вадародам:

а) фтор узаемадзейнічае пры пакаёвай тэмпературы: $H_2 + F_2 = 2HF$;

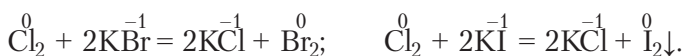
б) хлор рэагуе пры падпальванні або ўздзеянні ультрафіялетавага выпраменьвання: $H_2 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl$;

в) бром рэагуе пры нагрыванні: $H_2 + Br_2 \xrightleftharpoons{t} 2HBr$, рэакцыя абарачальная;

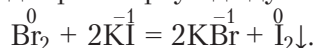
г) ёд уступае ў рэакцыю павольна нават пры нагрыванні, рэакцыя абарачальная: $H_2 + I_2 \xrightleftharpoons{t} 2HI$.

Такім чынам, рэакцыйная здольнасць у адносінах да вадароду зніжаецца ў радзе галагенаў $F_2 - Cl_2 - Br_2 - I_2$.

3. **Рэакцыі з растворамі солей галагенавадародных кіслот.** У водных растворах галагенавадародных кіслот, а таксама іх солей больш электраадмоўны галаген выцясняе менш электраадмоўны. Так, хлор выцясняе бром і ёд, напрыклад:



Бром выцясяняе толькі ёд з раствораў ёдыду:

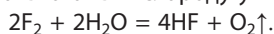


Здольнасць больш актыўных галагенаў выцясяняць менш актыўныя з іх злучэнняў выкарыстоўваецца на практыцы. Напрыклад, бром і ёд атрымліваюць пры дзеянні хлору на іх злучэнні.

Фтору рэакцыя выцясянення з раствораў менш актыўных галагенаў не ўласцівая, бо фтор уступае ў рэакцыю з вадой.



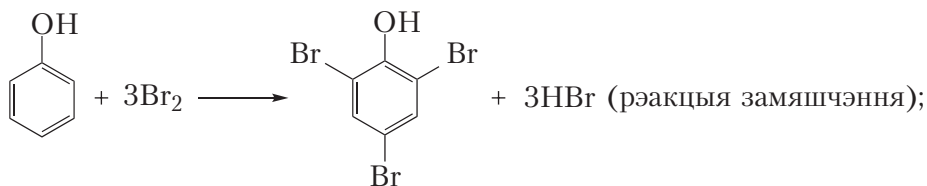
Фтор з вадой рэагуе, акісляючы атамы кіслароду ў малекулах вады:



Пры растварэнні хлору ў вадзе працякае абарачальная рэакцыя: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HOCl}$. Утвораны раствор называюць хлорнай вадой. Аналагічна адбываецца растварэнне ў вадзе броду і ёду, але раўнаважкія канцэнтрацыі прадуктаў памяншаюцца ў радзе $\text{Cl}_2 — \text{Br}_2 — \text{I}_2$.

4. Рэакцыі з арганічнымі рэчывамі. Галагенаванне арганічных злучэнняў адбываецца часцей за ўсё ў рэакцыях замяшчэння (насычаныя і араматычныя вуглевадароды) або далучэння (ненасычаныя і араматычныя вуглевадароды). Напрыклад:

- хлраванне метану: $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ (рэакцыя замяшчэння);
- брамаванне бензолу: $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{FeCl}_3} \text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{HBr}$ (рэакцыя замяшчэння);
- узаемадзеянне бромавай вады з фенолам:



- хлраванне этылену: $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$ (рэакцыя далучэння).

З курсаў біялогіі і арганічнай хіміі вам таксама вядома, што ёд узаемадзейнічае з растворам крухмалу, утвараючы злучэнне сіняга колеру, а бромавую ваду выкарыстоўваюць як рэагент на алкены, фенол, анілін.



Біялагічнае значэнне галагенаў і іх злучэнняў

Злучэнні галагенаў выконваюць значную ролю ў жыццядзейнасці арганізмаў чалавека і жывёл.

Фтор удзельнічае ў будове касцявога шкілета і зубной эмалі, у працэсах абмену рэчываў у мышцах, залозах, нервовай тканцы. Пры недастатковым утрыманні фтору ў прадуктах харчавання і пітной вадзе адбываецца пашкоджанне зубной эмалі. Лішак фтору таксама дрэнна ўздзейнічае: прыводзіць да разбурэння зубной эмалі і шкілета.

Хлор уваходзіць у састаў салянай кіслаты як кампанента страўнікавага соку і забяспечвае страваванне ежы, удзельнічае ў абмене рэчываў. Пастаянная канцэнтрацыя кіслаты ў страўніку падтрымліваецца за кошт кухоннай солі, якая паступае ў арганізм з прадуктамі харчавання.

Бром рэгулюе працэсы ўзбуджэння і тармажэння цэнтральнай нервовай сістэмы. Менавіта таму пры лячэнні нервовых хвароб (бяссонніцы, істэрыі, неўрастаніі ды інш.) выкарыстоўваюць бромзмяшчальныя прэпараты.

Ёд адыгрывае значную ролю ў працы шчытападобнай залозы. Найважнейшай функцыяй выпрацаваных у ёй гармонаў з'яўляецца рэгуляцыя працы мозгу і сэрца, мускульнага ўзбуджэння. Недахоп ёду прыводзіць да павелічэння шчытападобнай залозы, запаволення разумовага і фізічнага развіцця.

Вельмі важна з прадуктамі харчавання атрымліваць дастатковую колькасць кожнага мікраэлемента, бо іх недахоп можа стаць пагрозай здароўю.



Фтор, бром, ёд утрымліваюцца ў наступных прадуктах харчавання.

F	Лісце салаты, шпінат, яблыкі, грэйпфруты, збожжавыя, рыс, бульба, арэхі, цыбуля, чай; прадукты жывёльнага паходжання: марская рыба і морапрадукты, курыца, яйкі, малако, мяса і субпрадукты
Br	Бабовыя: фасоля, гарох, сачавіца; арэхі, збожжавыя, марскія водарасці
I	Морапрадукты: марская капуста, рыба; малочныя прадукты: малако, сыр, тварог; гародніна: бульба, морква, буракі, цыбуля, памідоры, шпінат, бабовыя; садавіна і ягады: яблыкі, слівы, вінаград, вішні, суніцы; крупы: проса, грэчка



Для атамаў фтору характэрны ступені акіслення 0, -1; для хлору, брому і ёду: -1, 0, +1, +3, +5, +7.

Галагены з'яўляюцца акісляльнікамі ў рэакцыях з металамі і неметаламі, атамы якіх маюць меншую электраадмоўнасць.

У VIIA-групе акісляльныя ўласцівасці простых рэчываў галагенаў слабеюць пры пераходзе ад фтору да ёду.

Пры галагенаванні арганічных злучэнняў працякаюць, як правіла, рэакцыі замяшчэння або далучэння.

Пытанні, заданні, задачы

1. Укажыце: а) сімвалы элементаў галагенаў; б) формулы простых рэчываў галагенаў; в) біялагічную ролю кожнага з галагенаў; г) па тры прадукты харчавання, якія ўтрымліваюць у значнай колькасці фтор, бром, ёд.

2. Для рада рэчываў $F_2 — Cl_2 — Br_2 — I_2$ пакажыце заканамернасць змены: а) тэмпературы плаўлення; б) тэмпературы кіпення; в) актыўнасці ў рэакцыі з вадародам; г) актыўнасці ў рэакцыі з металамі. Дайце тлумачэнні.

3. Разлічыце адносную шчыльнасць хлору па паветры.

4. Балон змяшчае 15 кг вадкага хлору. Разлічыце яго колькасць.

5. Складзіце формулы электронных канфігурацый атамаў фтору і хлору. Пакажыце падабенства і адрозненне ў электроннай будове гэтых атамаў.

6. Бром масай 4 г растварылі ў вадзе аб'ёмам 250 см^3 . Разлічыце масавую долю брома ў бромавай вадзе.

7. Складзіце ўраўненні рэакцый: а) хлору з жалезам, натрыем, ёдыдам натрыю, этанам; б) брома з жалезам, алюмініем, ёдыдам натрыю, бензолам; в) бромавай вады з ёдыдам алюмінію, этыленам, фенолам, анілінам.

8. У балоне змяшчаецца звадкаваны хлор масай 50 кг. Вызначце, які аб'ём зойме хлор пры н. у.

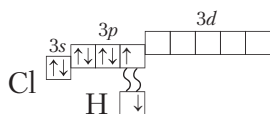
9. Вызначце хімічную формулу солі, у якой масавая доля калію складае 31,836 %, хлору — 28,980 %, кіслароду — 39,184 %. Вызначце ступені акіслення атамаў.

10. У пранумараваных прабірках знаходзяцца растворы фенолу, ёдыду натрыю, хларыду калію. Прапануйце план распазнання рэчываў з дапамогай аднаго рэактыву. Складзіце ўраўненні адпаведных рэакцый.

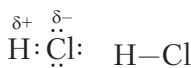


§ 31. Злучэнні галагенаў

Да найважнейшых злучэнняў галагенаў адносяць галагенавадароды саставу НЭ (Э — элемент галаген) і іх водныя растворы — галагенавадародныя кіслоты, а таксама ўтвораныя імі солі. Атамы ў малекулах галагенавадародаў звязаны кавалентнай палярнай адзінарнай σ -сувяззю. На малюнку 70 паказана ўтварэнне хімічнай сувязі ў малекуле HCl.



Электронна-графічная схема ўтварэння сувязі



Электронная і структурная формулы

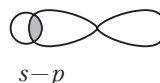


Схема перакрыцця арбіталаў вадароду (1s) і хлору (3p)



Маштабная мадэль малекулы

Мал. 70. Мадэлі ўтварэння хімічнай сувязі ў малекуле хлоравадароду