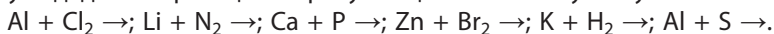


роўная 49 %; г) пры выплаўленні чыгуну выкарыстоўваюць паветра, узбагачанае кіслародам; д) электраадмоўнасць кіслароду меншая, чым фтору; е) кісларод у злучэннях праяўляе ступені акіслення ад  $-2$  да  $+2$ .

5. Складзіце ўраўненні рэакцый з удзелам неметалаў, улічваючы, што атамы неметалаў у зададзеных рэакцыях праяўляюць найніжэйшую ступень акіслення:

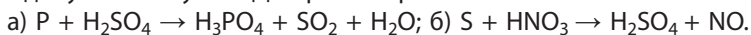


6. Вызначце масу вугляроду, неабходнага для аднаўлення жалеза з аксиду жалеза(III) масай 1 т. Вуглярод акісляецца да найвышэйшай ступені акіслення.

7. Азот мае вельмі нізкія тэмпературы плаўлення і кіпення  $-210^\circ\text{C}$  і  $-196^\circ\text{C}$ , а бор высокія —  $\approx 2075^\circ\text{C}$  і  $\approx 3800^\circ\text{C}$  адпаведна. Дайце тлумачэнне такому адрозненню.

8. Дакажыце, што фосфар выконвае функцыю адноўніку ў першай рэакцыі і акісляльніку — у другой: 1)  $\text{P} + \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$ ; 2)  $\text{P} + \text{Ca} \rightarrow \text{Ca}_3\text{P}_2$ .

9. Расстаўце каэфіцыенты метадам электроннага балансу і пакажыце, акісляльнікам або адноўнікам з'яўляюцца простыя рэчывы:



10. Узор газападобнага простага рэчыва неметалу аб'ёмам  $1 \text{ дм}^3$  (н. у.) мае масу  $3,17 \text{ г}$ . Вызначце хімічную формулу рэчыва.



## § 29. Вадарод

### Вадарод як хімічны элемент

$1$ <b>Н</b> вадарод $1s^1$ $1,00794$
---

Маючы самую малую масу атама, атам вадароду  ${}^1_1\text{H}$  мае і самую простую будову: ядро, што ўяўляе з сябе пратон, і адзін электрон, які размяшчаецца на  $1s$ -арбіталі. Электронная канфігурацыя  ${}^1_1\text{H } 1s^1$ , электронна-графічная схема:  ${}^1_1\text{H} \left[ \overset{1s}{\uparrow} \right]$ .

Электраадмоўнасць вадароду роўная 2,2. Гэта вышэй, чым у металаў, крэмнію, фосфару, але менш за электраадмоўнасць кіслароду і іншых халькагенаў, галагенаў. Таму для вадароду характэрныя ступені акіслення  $-1$ ,  $0$  і  $+1$ , напрыклад  $\text{LiH}^{-1}$  (гідрыд літыю),  $\text{SiH}_4^{-1}$  (сілан),  $\text{CH}_4^{+1}$  (метан),  $\text{H}_2\text{O}^{+1}$  (аксід вадароду, вада).

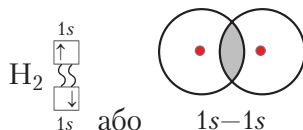
Як вы ўжо ведаеце, прыродны вадарод складаецца з двух стабільных ізатопаў —  ${}^1_1\text{H}$  (протый — 99,98 % ад агульнага ліку атамаў),  ${}^2_1\text{H}$  (дэйтэрыў D — 0,015 %) і радыеактыўнага  ${}^3_1\text{H}$  (трытый T — следавыя колькасці) (§ 7, мал. 12).

Вадарод з'яўляецца самым распаўсюджаным элементам у Сусвеце. На Зямлі на долю вадароду па масе, лічачы ваду і паветра, прыпадае каля 1 %, а пры пераліку ад агульнага ліку атамаў — каля 17 %. Вадарод пераважна знаходзіцца ў звязаным стане. Ён уваходзіць у састаў вады, нафты, прыроднага газу, жывых арганізмаў. У выглядзе простага рэчыва вадарод амаль не

сустракаецца. Следавыя колькасці яго выяўлены ў верхніх сляях атмасферы, вулканічных газах і прадуктах раскладання бактэрыямі арганічных рэчываў ва ўмовах недахопу паветра.

### Вадарод як простае рэчыва

Вадарод як простае рэчыва складаецца з двухатамных малекул  $H_2$ , у якіх атомы звязаны кавалентнай адзінарнай  $\sigma$ -сувяззю, што ўтвараецца пры перакрыванні  $1s$ -арбіталай:



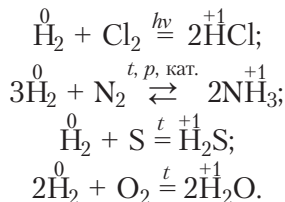
Электронная і графічная формулы малекулы маюць выгляд:  $H:H$  і  $H-H$ .

**Фізічныя ўласцівасці.** Вадарод пры нармальных умовах — гэта газ без колеру, паху і смаку, шчыльнасцю  $0,089 \text{ г/дм}^3$ . Мае вельмі нізкія тэмпературы кіпення ( $-252,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ) і плаўлення ( $-259,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Растваральнасць вадароду ў вадзе як палярным растваральніку малая, таму яго можна збіраць у посуд металам выцяснення вады. Вадарод добра раствараецца ў многіх металах ( $Ni$ ,  $Pt$ ,  $Pd$  і інш.).

**Хімічныя ўласцівасці.** Хімічная актыўнасць вадароду пры пакаёвай тэмпературы невялікая, бо высокая трываласць кавалентнай сувязі ў малекуле. У хімічных рэакцыях вадарод можа быць як адноўнікам (што больш характэрна), так і акісляльнікам.

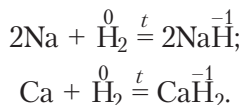
1. Рэакцыі з простымі рэчывамі:

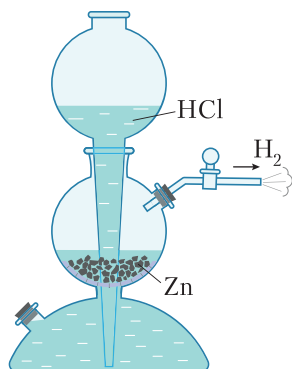
а) рэагуе як адноўнік з неметаламі, атомы якіх маюць у параўнанні з вадародам больш высокую электраадмоўнасць — галагенамі, азотам, серай, кіслародам:



Варта адзначыць, што вадарод не ўзаемадзейнічае з фосфарам і крэмніем;

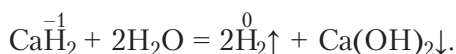
б) рэагуе як акісляльнік са шчолачнымі і шчолачназемельнымі металамі, утвараючы гідрыды:





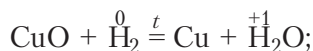
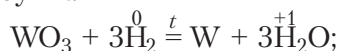
Мал. 63. Апарат Кіпа.  
Атрыманне вадароду  
ў лабараторыі

Гідрыды лёгка раскладаюцца вадой з вылучэннем вадароду:

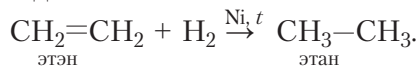


2. Рэакцыі са складанымі рэчывамі:

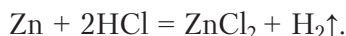
а) узаемадзейнічае з некаторымі аксідамі металаў В-груп як адноўнік:



б) рэагуе з арганічнымі рэчывамі, якія ўтрымліваюць кратныя сувязі (рэакцыя гідрыравання) — алкенамі, алкінамі, дыенамі, арэнамі, а таксама альдэгідамі. Напрыклад:



**Атрыманне.** Для атрымання вадароду ў лабараторыі ўжываюць металы сярэдняй актыўнасці (цынк, алюміній, жалеза) і кіслоты (хлоравадародную або серную):

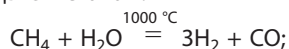


Пры гэтым часта выкарыстоўваюць апарат Кіпа — прыладу, якая дазваляе атрымліваць газападобныя рэчывы і рэгуляваць іх ток (мал. 63).

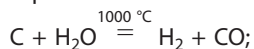


Найважнейшымі спосабамі атрымання вадароду ў прамысловасці з'яўляюцца:

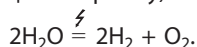
1) узаемадзеянне пароў вады з метанам:



2) узаемадзеянне пароў вады з распаленым коксам:



3) электrolіз вады (у прысутнасці электраліту):



**Прымяненне.** Адна з найважнейшых фізічных уласцівасцей вадароду — малая шчыльнасць, таму яго выкарыстоўваюць для напаўнення зондаў, якія даследуюць верхнія слаі атмасферы.

У хімічнай прамысловасці вадарод выкарыстоўваюць для атрымання аміяку  $\text{NH}_3$ , хлоравадароду  $\text{HCl}$ , метанолу ( $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$ ), многіх металаў з іх аксідаў, напрыклад тугаплаўкіх малібдэну і вальфраму. Ужо цяпер

працуюць заводы, на якіх для аднаўлення аксідаў жалеза да металу замест вугляроду (коксу) выкарыстоўваюць вадарод. Вадарод знаходзіць прымяненне ў вытворчасці маргарыну з раслінных алей.

Рэакцыя гарэння вадароду ў кіслародзе ( $2\text{H}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} + 484 \text{ кДж}$ ) выкарыстоўваецца ў ракетных рухавіках, што выводзяць у космас лятальныя апараты (мал. 64). Напрыклад, магутная касмічная ракета «Энергія» спажывала больш за 2000 тон паліва, большую частку якога складалі вадкія вадарод і кісларод. У цяперашні час пачата вытворчасць аўтамабіляў, палівам у якіх служыць вадарод (мал. 65).

Гэтую ж рэакцыю ўжываюць і для зварачных работ (мал. 66). Пры выкарыстанні спецыяльных гарэлак дасягаюць тэмпературы полымя каля  $4000 \text{ }^\circ\text{C}$ , што дазваляе праводзіць зварачныя работы з самымі тугаплаўкімі матэрыяламі.

Вучоныя розных краін вядуць пошукі шляхоў замены на вадарод нафты, газу і вугалю як паліва. Пры згаранні апошніх утвараюцца рэчывы, якія забруджваюць і разбураюць навакольнае асяроддзе ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$  і інш.), у той час як прадуктам згарання вадароду з'яўляецца экалагічна чыстае рэчыва — вада.

### **Лятучыя вадародныя злучэнні**

Лятучыя вадародныя злучэнні — рэчывы малекулярнай будовы, якія пры нармальным умовах уяўляюць сабой газы ( $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) або вадкасці ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$ ) (мал. 67).



Мал. 64. Старт касмічнай ракеты



Мал. 65. Аўтазапраўка вадародам

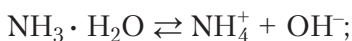


Мал. 66. Зварка ювелірных вырабаў кіслародна-вадародным полымем

Нумар перыяду	Нумар групы			
	IVA	VA	VIA	VIIA
2	CH <sub>4</sub> Метан	NH <sub>3</sub> Аміяк	H <sub>2</sub> O Вада	HF Фторавадарод
3	SiH <sub>4</sub> Сілан	PH <sub>3</sub> Фасфін	H <sub>2</sub> S Сервадарод	HCl Хлоравадарод
4		AsH <sub>3</sub> Арсін	H <sub>2</sub> Se Селенавадарод	HBr Бромавадарод
5			H <sub>2</sub> Te Тэлуравадарод	HI Ёдавадарод
Агульная формула	RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR

Мал. 67. Лятучыя вадародныя злучэнні неметалаў

Кіслотна-асноўныя ўласцівасці водных раствораў лятучых вадародных злучэнняў змяняюцца ў залежнасці ад становішча элемента ў перыядычнай сістэме. Вядома, што CH<sub>4</sub> не раствараецца ў вадзе, NH<sub>3</sub> утварае слабую аснову NH<sub>3</sub> · H<sub>2</sub>O, раствор HF — слабая, а раствор HCl — моцная кіслата:



Значыць, кіслотныя ўласцівасці вадародных злучэнняў неметалаў *у перыядзе і ў групе* ўзмацняюцца.

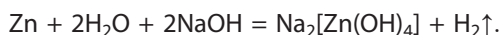
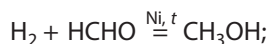
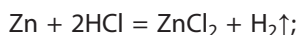
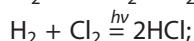
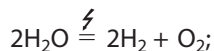
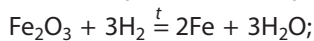
Для атама вадароду характэрны ступені акіслення -1, 0, +1. Простае рэчыва вадарод можа быць як акісляльнікам, так і адноўнікам.

Водныя растворы лятучых вадародных злучэнняў могуць праяўляць уласцівасці кіслот, асноў.

### Пытанні, заданні, задачы

1. Назавіце: а) ізатопы вадароду; б) магчымыя ступені акіслення атама вадароду; в) групы рэчываў, з якімі можа рэагаваць вадарод; г) рэагенты для атрымання вадароду ў лабараторыі.

2. З прапанаванага пераліку ўраўненняў рэакцый выпішыце тыя, якія характарызуюць: а) уласцівасці вадароду; б) спосабы атрымання вадароду:



3. Запоўніце табліцу «Прымяненне вадароду».

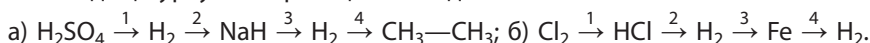
Уласцівасці вадароду	Сферы прымянення	Ураўненне рэакцыі
Рэакцыя з кіслародам		
Узаемадзеянне з азотам		
Узаемадзеянне з хлорам		
Узаемадзеянне з аксідамі тугаплаўкіх металаў		
Гідрыраванне бензолу		

4. Складзіце ўраўненні рэакцый утварэння вадароду (металы волава Sn і нікель Ni акісляюцца да ступені акіслення +2): а)  $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;  $\text{Sn} + \text{HCl} \rightarrow$ ;  $\text{HCl} + \text{Zn} \rightarrow$ ; б)  $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;  $\text{Ni} + \text{HCl} \rightarrow$ .

5. Вызначце максімальны аб'ём вадароду (н. у.), які можа быць атрыманы ў апарце Кіпа пры загрузцы цынку масай 0,39 кг.

6. Параўнайце: а) састаў ядраў протыю, дэйтэрыю, трытыю; б) кіслотна-асноўныя ўласцівасці водных раствораў серавадароду і хлоравадароду.

7. Складзіце ўраўненні рэакцый паводле схемы:



8. Вызначце колькасць цеплаты, якая вылучылася пры згаранні вадароду аб'ёмам  $1 \text{ м}^3$  (н. у.), калі тэрмахімічнае ўраўненне рэакцыі мае выгляд:  $2\text{H}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2\text{H}_2\text{O}_{(r)} + 484 \text{ кДж}$ .

9. Да гідрыду невядомага двухвалентнага металу масай 1,05 г дадалі ваду ў лішку. Пры гэтым вылучыўся вадарод аб'ёмам  $1,12 \text{ дм}^3$  (н. у.). Вызначце метал.

10. У сістэме ўсталявалася раўнавага:  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ . Вядома, што да гэтага моманту прарэагавала 35 % вадароду і ўтварылася 7 моль аміяку. Вызначце зыходную масу вадароду.

\*Падрыхтуйце паведамленне «Вадарод — паліва будучыні».



§ 29.1



§ 29.2

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

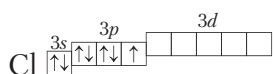
Да галагенаў адносяць пяць элементаў VIIA-групы перыядычнай сістэмы: фтор F, хлор Cl, бром Br, ёд I і астат At.

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:

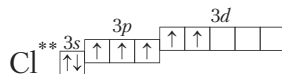


Пры гэтым на знешнім электронным слоі ў атама фтору чатыры арбіталі, а атамы астатніх галагенаў змяшчаюць яшчэ пяць незапоўненых  $d$ -арбіталей.

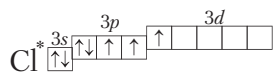
Фтор як самы электраадмоўны элемент у злучэннях праяўляе толькі адмоўную ступень акіслення  $-1$ . Характэрныя для іншых элементаў ступені акіслення ( $-1$ ,  $+1$ ,  $+3$ ,  $+5$ ,  $+7$ ) можна растлумачыць магчымасцю распарвання электронаў знешняга электроннага слоя. У выпадку атамаў хлору гэта выглядае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



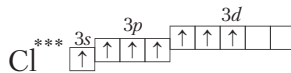
Ступені акіслення  $+1$ ,  $-1$ ,  $0$



Ступень акіслення  $+5$



Ступень акіслення  $+3$



Ступень акіслення  $+7$